

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

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



**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE  
SEGURIDAD HUATIQUMER”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

JUAREZ CHIPANA, OSCAR

**Villa El Salvador  
2017**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres por ser el pilar más importante de mi vida, por la confianza y su apoyo incondicional. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza. Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Ing. José Antonio Vilca Cáceres, que como asesor de este trabajo, supo darme los consejos necesarios para su elaboración, desarrollo y culminación. Al Ing. Javier Vilca Monsanto por darme todas las facilidades para la ejecución del monitoreo de calidad de aire mediante la consultora Enviro test. Al Ing. Alex Quijandria Nina por sus continuos consejos y finalmente a todas las personas que apoyaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Justificación del problema .....	4
1.3. Delimitación de la investigación.....	5
1.3.1. Espacial .....	5
1.3.2. Temporal .....	5
1.4. Formulación del problema.....	7
1.5. Objetivos .....	8
1.5.1. Objetivo General .....	8
1.5.2. Objetivos Específicos .....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1. Antecedentes .....	9
2.1.1. A Nivel Internacional .....	9
2.1.2. A Nivel Nacional .....	11
2.2. Bases Teóricas .....	13
2.2.1. Contaminación Atmosférica. ....	13
2.2.2. Fuentes de emisión.....	14
2.2.3. Principales contaminantes del aire .....	15
2.2.4. Consecuencias de la contaminación del aire .....	18
2.2.5. Medición calidad de aire.....	19
2.2.6. Monitoreo de la Calidad del Aire.....	23
2.3. Marco Conceptual.....	24
2.4. Marco legal.....	32
2.4.1. Marco de Política Ambiental .....	32
2.5. Descripción de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUMER” .....	34
2.5.1. Distribución de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad HUATIQUMER .....	40
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA HERRAMIENTA</b> .....	<b>42</b>
3.1. Identificación de aspectos ambientales y fuente de emisión .....	42
3.1.1. Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales .....	43

3.1.2. Fuente de emisiones dentro de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad.....	45
3.2. Monitoreo Meteorológico.....	48
3.2.1. Estándares de Comparación.....	48
3.2.2. Descripción de las Estaciones de Monitoreo.....	50
3.2.3. Plano de ubicación de la Estación de Monitoreo.....	50
3.2.4. Equipos Utilizados.....	51
3.2.5. Parámetros de ensayo.....	51
3.2.6. Resultados de los parámetros meteorológicos.....	52
3.2.7. Gráficos de los parámetros meteorológicos.....	54
3.2.8. Análisis de los resultados meteorológicos.....	56
3.3. Monitoreo Calidad de Aire.....	58
3.3.1. Estándares de Comparación.....	58
3.3.2. Descripción de las Estaciones de Monitoreo.....	58
3.3.3. Ubicación de la Estación de Monitoreo.....	59
3.3.4. Equipos Utilizados.....	60
3.3.5. Metodología de Análisis y Muestreo.....	60
3.3.6. Índice de calidad de aire.....	69
3.3.7. Resultados del Monitoreo de calidad de aire.....	72
3.3.8. Gráficos de los resultados de los parámetros de calidad de aire.....	76
3.3.9. Análisis de resultados de Calidad de Aire.....	79
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> UBICACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD “HUATIQUMER” .....	6
<i>FIGURA 2.</i> UBICACIÓN ESPACIAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD “HUATIQUMER” .....	7
<i>FIGURA 3.</i> FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y RELLENO SEGURIDAD “HUATIQUMER” .....	35
<i>FIGURA 4.</i> CONTROL, PESAJE Y REGISTRO DE UNIDADES DENTRO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y RELLENO DE SEGURIDAD .....	36
<i>FIGURA 5.</i> SEGREGACIÓN DE RESIDUOS DENTRO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y RELLENO DE SEGURIDAD .....	37
<i>FIGURA 6.</i> DESCARGA DE RESIDUOS INDUSTRIALES .....	38
<i>FIGURA 7.</i> TRATAMIENTO FÍSICOQUÍMICO PLANTA REFINACIÓN ACEITE USADO .....	39
<i>FIGURA 8.</i> CONFINAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES .....	40
<i>FIGURA 9.</i> DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y RELLENO DE SEGURIDAD “HUATIQUMER” .....	41
<i>FIGURA 10.</i> MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES .....	44
<i>FIGURA 11.</i> FUENTE DE EMISIÓN FIJA: PLANTA DE REFINACIÓN DE ACEITE USADO .....	45
<i>FIGURA 12.</i> IMAGEN SATELITAL DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO .....	50
<i>FIGURA 13.</i> ROSA DE VIENTOS ESTACION PT-02 .....	54
<i>FIGURA 14.</i> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE CLASES DE VIENTOS PT-02 .....	54
<i>FIGURA 15.</i> ROSA DE VIENTOS ESTACION RS-02 .....	55
<i>FIGURA 16.</i> DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE CLASES DE VIENTOS RS-02 .....	55
<i>FIGURA 17.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE .....	70
<i>FIGURA 18.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE PARA PM <sub>10</sub> .....	70
<i>FIGURA 19.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE PARA PM <sub>2.5</sub> .....	70
<i>FIGURA 20.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE PARA NO <sub>2</sub> .....	71
<i>FIGURA 21.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE PARA SO <sub>2</sub> .....	71
<i>FIGURA 22.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE PARA CO .....	71
<i>FIGURA 23.</i> VALORES DEL ÍNDICE CALIDAD DEL AIRE PARA H <sub>2</sub> S .....	72
<i>FIGURA 24.</i> RESULTADOS MATERIAL PARTICULADO (PM <sub>10</sub> ) .....	76
<i>FIGURA 25.</i> RESULTADOS MATERIAL PARTICULADO (PM <sub>2.5</sub> ) .....	76
<i>FIGURA 26.</i> RESULTADOS DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO .....	77
<i>FIGURA 27.</i> RESULTADOS DEL DIÓXIDO DE AZUFRE .....	77
<i>FIGURA 28.</i> RESULTADOS DEL MONÓXIDO DE CARBONO .....	78
<i>FIGURA 29.</i> RESULTADOS DEL SULFURO DE HIDRÓGENO .....	78

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MUESTREADORES DE CALIDAD DE AIRE.....	22
TABLA 2. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AIRE .....	33
TABLA 3. FUENTE DE EMISIÓN FIJA: LISTA DE GRUPOS ELECTRÓGENOS .....	46
TABLA 4. FUENTE DE EMISIÓN FIJA: OTROS EQUIPOS .....	46
TABLA 5. FUENTE DE EMISIÓN MÓVIL: UNIDADES QUE OPERAN DENTRO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y RELLENO DE SEGURIDAD.....	47
TABLA 6. FUENTE DE EMISIÓN MÓVIL: PROMEDIO EPS-RS QUE INGRESAN DIARIAMENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y RELLENO DE SEGURIDAD .....	48
TABLA 7. EQUIVALENCIA DE LA ESCALA DE BEAUFORT.....	49
TABLA 8. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO .....	50
TABLA 9. PRINCIPALES EQUIPOS UTILIZADOS.....	51
TABLA 10. PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EVALUADOS .....	51
TABLA 11. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS PT-02 .....	52
TABLA 12. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS RS -02.....	53
TABLA 13. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AIRE .....	58
TABLA 14. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO .....	59
TABLA 15. PRINCIPALES EQUIPOS UTILIZADOS .....	60
TABLA 16. CONDICIONES PARA EL MONITOREO DE NO <sub>2</sub> .....	62
TABLA 17. CONDICIONES PARA EL MONITOREO DE SO <sub>2</sub> .....	64
TABLA 18. CONDICIONES PARA EL MONITOREO DE H <sub>2</sub> S .....	65
TABLA 19. CONDICIONES PARA EL MONITOREO DE CO.....	67
TABLA 20. REQUERIMIENTOS PARA LOS ANÁLISIS DE MONITOREO.....	68
TABLA 21. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AIRE DE PT-01.....	72
TABLA 22. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AIRE DE PT-02.....	73
TABLA 23. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AIRE DE RS-01 .....	74
TABLA 24. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AIRE DE RS-02 .....	75

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “Determinación de la calidad de aire en la planta de tratamiento de residuos peligrosos y relleno de seguridad HUATIQUMER”, para optar el título de Ingeniero Ambiental, presentado por el alumno Oscar Juarez Chipana.

La Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad HUATIQUMER se encuentra ubicada en la Quebrada Cruz de Lázaro, Sector Lomas Huatiana, distrito de Chincha Alta, provincia de Chincha y departamento de Ica, está dedicada a la recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos sólidos industriales y peligrosos.

Las actividades que se realizan en la planta, no pueden ser consideradas de poca importancia en lo que se refiere a impactos o daños que genera al entorno, algunas actividades como por ejemplo el transporte y disposición final de residuos sólidos, el uso de maquinarias durante el compactado en la construcción de celdas, el movimiento de tierras, nivelación y compactado del residuos, el proceso de refinación de aceite entre otros, generan emisiones gaseosas que a determinadas concentraciones son perjudiciales para los seres humanos y el ambiente.

Para evaluar la calidad del aire y el impacto real en “HUATIQUMER”, es indispensable efectuar una investigación para determinar la presencia y el grado de concentración de gases contaminantes y material particulado el cual es el objetivo del presente trabajo.

La estructura que he seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del trabajo mediante el protocolo de monitoreo de calidad de aire.

**El autor**

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUIMER” con tres años de funcionamiento es la segunda infraestructura y/o instalación de seguridad en el país diseñada para contener residuos potencialmente peligrosos para salud humana y el ambiente.

La acogida para el tratamiento y disposición de residuos sólidos peligrosos e industriales provenientes de varias fuentes generadoras y diversas EPS-RS (Empresas Prestadoras de Servicios) ha aumentado considerablemente, calculándose la disposición de residuos de 650 Ton diarias, razón por la cual se ha incrementado el flujo interno de circulación de unidades que disponen sus residuos (camionetas, camiones, furgones, cisternas, volquetes), mayor demanda de uso de maquinarias pesadas para descarga y disposición de residuos (retroexcavadoras, cargadores frontales, excavadoras, volquetes, tractores orugas), mayor demanda de uso energético para mantenimiento, construcción y funcionamiento de planta refinación de aceite (grupos electrógenos, maquinas soldadoras).

Todas las actividades mencionadas generan emisiones gaseosas que a determinadas concentraciones son perjudiciales para los seres humanos y el ambiente.

## **1.2. Justificación del problema**

El incremento de las actividades operacionales que generan emisiones gaseosas, así como la falta de actualización de programas de monitoreos ambientales, principalmente monitoreo de la calidad de aire; hace necesario realizar una investigación para determinar la presencia y el grado de concentración de gases contaminantes y material particulado.

De esta manera se podrá establecer acciones correctivas orientadas a minimizar y controlar las fuentes de emisiones, en caso de existir incumplimientos con respecto a la normativa ambiental relacionada a la calidad de aire.

Se justifica esta investigación por todos lo mencionado anteriormente, ya que esta sería una herramienta que contribuiría en la gestión ambiental de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUMER”

### **1.3. Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Espacial**

La evaluación de la calidad de aire se llevará a cabo dentro de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “Huatiquimer” ubicada en el sector de lomas de Huatiana, margen derecha de la Quebrada Cruz de Lázaro (en sentido de la pendiente), distrito de Chincha Alta, provincia de Chincha, departamento de Ica.

El terreno esta concesionado ante el INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico) a nombre de TOWER AND TOWER S.A. con un área total de 6 218 745.027 m<sup>2</sup>

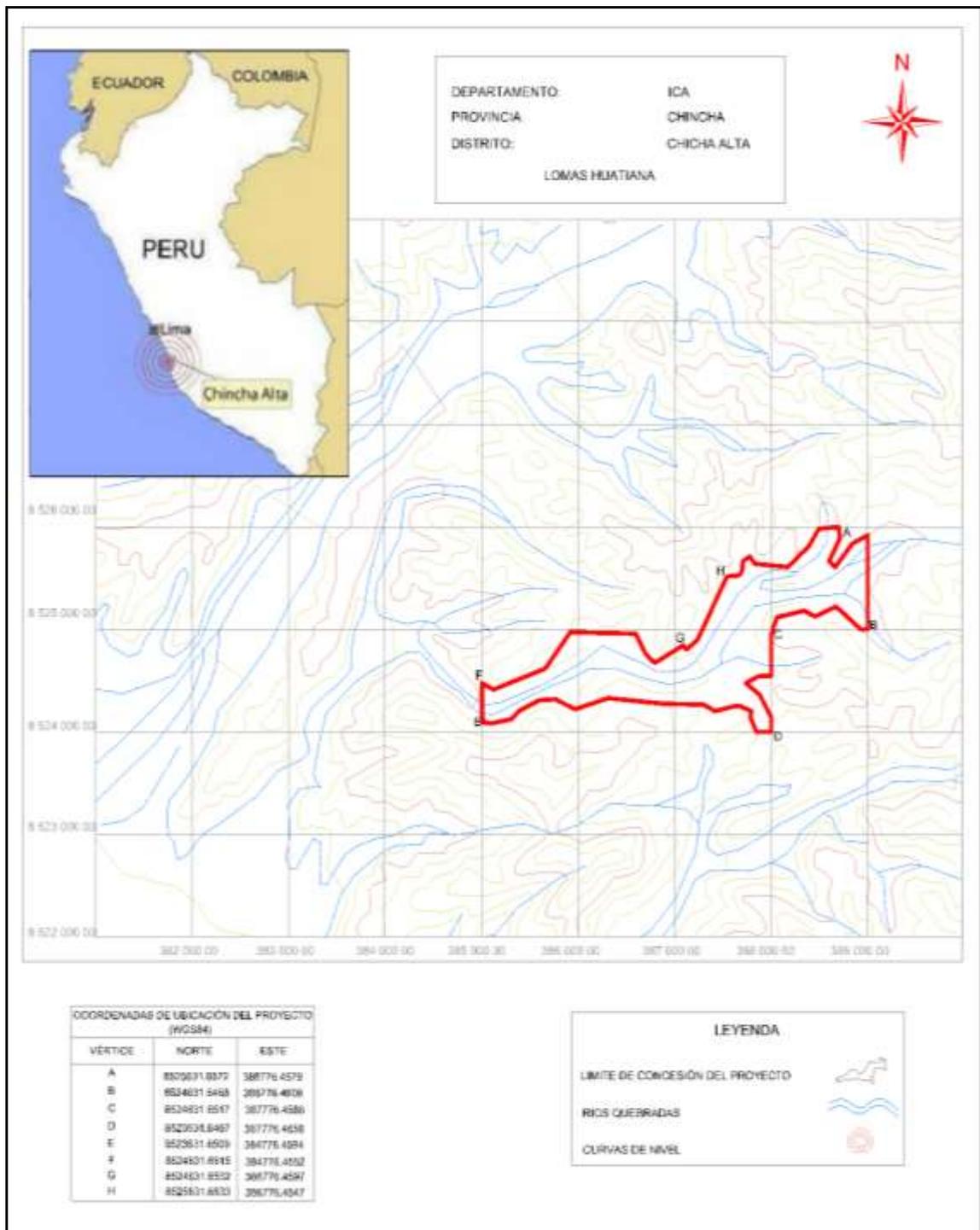
Los límites son los siguientes:

- ✓ Por el Norte: Con el Distrito de Chavín.
- ✓ Por el Sur: Con el Distrito de Alto Laran.
- ✓ Por el Este: Con el Distrito de San Juan de Yanac.
- ✓ Por el Oeste: Con el Distrito de Chincha Alta.

#### **1.3.2. Temporal**

De acuerdo a la línea de base ambiental establecido en el EIA de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUIMER” el período de monitoreo se realiza anualmente durante el mes de Diciembre.

Figura 1. Ubicación Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUMER”



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Ubicación Espacial Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUIMER”



Fuente: Google Maps.

#### 1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad del aire en la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad HUATIQUIMER?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Determinar la calidad de aire en la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad HUATIQUMER

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la calidad del aire en la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad HUATIQUMER por la contaminación de material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) durante el mes de diciembre del 2016
- Determinar la calidad del aire en la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad HUATIQUMER por la contaminación de dióxido de azufre ( $SO_2$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) Sulfuro de Hidrogeno ( $H_2S$ ) y monóxido de carbono ( $CO$ ) durante el mes de diciembre del 2016.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. A Nivel Internacional**

(Romero, 2004) en su estudio de “*Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad de edad, de La Habana*”, determinó que los contaminantes de partículas totales suspendidas, monóxido de carbono, óxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, tienen efectos sobre la salud de la población urbana.

(Charres & Gonzales, 2016) en su estudio de “*Evaluación de la Calidad del Aire en el Municipio de Suesca*”, (tesis de grado), Universidad Libre de Colombia, Bogotá, sostiene que la explotación minera metálica - no metálica genera diferentes emisiones a la atmósfera, el más común es el material particulado ya que se presenta en todas las etapas, desde su extracción, cargue de material, desplazamiento de vehículos con relación al estado de las vías de acceso a la mina que en su mayoría son vías sin pavimentar y en el almacenamiento en zonas de acopio.

(Gomez & Filigrana, 2008) En su estudio “*Descripción de la Calidad del Aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia*” sostiene que durante el proceso de estabilización de los residuos la descomposición orgánica genera gases que son emitidos a la atmósfera y afectan la calidad del aire respirable (inmisión).

Según (ASEGRE - Asociación de Empresas Gestoras de Residuos y Recursos Especiales, 2010), en su informe de “*Protocolo para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en actividades de gestión de residuos*”, indican que en la fase de recojo, transporte y tratamiento generan emisiones a la atmósfera, y entre ellas de GEI (gas de efecto invernadero). En la fase recojo y transporte los GEI emitidos proceden del combustible utilizado para el transporte. En la fase de tratamiento como por ejemplo el uso de incineradores los GEI emitidos produce dióxido de carbono y óxido nitroso. Parte de estas emisiones provienen de los residuos de biomasa, ya que los propios residuos tienen distintas composiciones en función de los hábitos de la población que los genera.

A su vez en el estudio “(*Protocolo de Reporte de Proyectos en Rellenos Sanitarios en México* , 2009)” afirma que los equipos asociados con el transporte de residuos y los motor y/o turbinas para la generación de electricidad son la principal fuente de emisión de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>

Por otro lado (Fundacion Labein, 2005) en su “*Guía Técnica para la medición, estimación y cálculos de las emisiones de aire*”, indican que los compuestos potencialmente emitidos en el tratamiento de aceites usados en los procesos de destilación, acidificación y clarificación principalmente son NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y compuestos aromáticos.

### **2.1.2. A Nivel Nacional**

(MINAM, 2014) en su *“Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014”*, señala que la presencia de contaminantes por encima de los niveles establecidos en los ECA no solo significa una disminución de la calidad ambiental del aire, sino una disminución de la calidad de vida de la población, con efectos adversos para su salud, así como el deterioro paisajístico de la ciudad

(Moreano, 2012) en su estudio *“Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas  $PM_{10}$  y  $CO$ ”* (Tesis de pregrado) indica que los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores: geofísicos, meteorológicos y socioeconómicos, éste último debido a la presión ejercida por el crecimiento de la economía y población. La población, el desarrollo industrial y la dependencia por los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado, los cuales han sobrecargado la capacidad natural del aire para diluirlos.

(Herrera Diaz, 2011) en su estudio *“Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión  $PM_{10}$  del medio atmosférico urbano en Segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú”* (Tesis de postgrado) sustenta que la población estudiada al albergar a una planta de producción de cemento, así como la cantera de donde se extrae la materia prima para esa industria, se encuentra expuesta a contaminación de material particulado. Para ello efectuó un programa de monitoreo del aire en dos etapas y teniendo en consideración las estaciones del año. La primera etapa (época de invierno), se realizó del 25 de abril al 02 de mayo del año 2009 y la segunda etapa (época de verano) se realizó del 12 al 19 de

setiembre del mismo año, para ambos casos se utilizó un equipo de muestreo automático y se determinó la cantidad de partículas en suspensión de tamaño igual o menor que 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Luego, se evaluaron los impactos ambientales potenciales aplicando métodos matriciales,

Un estudio como por ejemplo la realizada por la consultora (ECO – MAPPING S.A.C, 2017) en su informe de “*Monitoreo Ambiental en la Planta Santa Clara Ilender Perú S.A.*” evidenció que la concentración de material particulado ( $\text{PM}_{10}$ ) en las estaciones monitoreadas sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), este exceso de concentración de  $\text{PM}_{10}$  en las estaciones puede deberse a factores externos tales como al flujo continuo de vehículos de carga pesada así como a las actividades de empresas aledañas. También se evidenció que la concentración de material particulado ( $\text{PM}_{2.5}$ ) se encuentra por encima del Estándar de Calidad Ambiental ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) debido a los mismos factores mencionados anteriormente.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Contaminación Atmosférica.**

Se entiende por contaminación atmosférica a la alteración de la composición normal del aire o a la presencia en el aire de sustancias o formas de energía (radiaciones, vibraciones, ruido, ionizantes, etc.) que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas o a sus bienes de cualquier naturaleza, o para el ambiente. Cuando estas materias o formas de energía ponen o es probable que pongan en peligro la salud humana, su bienestar, sus recursos o a la naturaleza, directa o indirectamente, se les denominan contaminantes. Al proceso de vertido de contaminantes a la atmósfera se le denomina emisión mientras que a la concentración de contaminantes una vez emitidos, transportados y dispersados en la atmósfera se le denomina inmisión. (Herrera Diaz, 2011). Los contaminantes atmosféricos se clasifican, atendiendo a su origen, como primarios y secundarios.

Los contaminantes primarios son los emitidos como tales desde los focos estacionarios o móviles de los que proceden. Son contaminantes primarios, por consiguiente, el dióxido de azufre, la materia particulada, los compuestos orgánicos volátiles (COVs) o los óxidos de nitrógeno.

Los contaminantes secundarios son los generados en la propia atmósfera a partir de los contaminantes primarios, por reacciones químicas o, en muchas ocasiones, fotoquímicas. El ozono es, por tanto, uno de los principales contaminantes secundarios. (Sotomayor Torres & Marín Vallejos, 2010)

### 2.2.2. Fuentes de emisión.

Las fuentes de emisión de contaminantes que son consideradas en el inventario de emisiones son las siguientes:

a) De acuerdo al origen:

- Naturales: procesos o fenómenos que se presentan en la tropósfera.
- Antropogénico: resultado de actividades humanas.

b) Por su movilidad, las fuentes antropogénico se clasifican en:

- Fijas: toda instalación establecida en un solo lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicio que generen emisiones contaminantes a la atmósfera (cementeras, refinerías, industrias de proceso).
- Móviles: equipos y maquinaria no fija, con motores de combustión y similares, que con motivo de su operación generen emisiones contaminantes a la atmósfera (automóviles, aviones, barcos, trenes, motocicletas).

c) Por su distribución espacial:

- Puntuales: fuentes cuya totalidad de emisiones son reportadas al nivel de cada sector (farmacéutica, metalúrgica, química, refresquera).
- De área: incluyen actividades en un área determinada, cuyas contribuciones particulares no pueden identificarse (establecimientos comerciales, de servicio, hogares).

### **2.2.3. Principales contaminantes del aire**

Los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores: geofísicos, meteorológicos y socioeconómicos, éste último debido a la presión ejercida por el crecimiento de la economía y población. La población, el desarrollo industrial y la dependencia por los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado, los cuales han sobrecargado la capacidad natural del aire para diluirlos.

Los contaminantes más importantes derivados de los combustibles fósiles (diésel, gasolina, petróleo y gas), que son los más usados por automóviles y buses antiguos en nuestro país y América latina son: el material particulado (PM), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs). Todos éstos compuestos componen lo que usualmente conocemos como humo negro vehicular. (Moreano, 2012)

#### **2.2.3.1 Material Particulado (PM).**

Material Particulado es un término empleado para describir material sólido y líquido suspendido en el aire.

El parámetro más importante para determinar la dinámica de una partícula es su tamaño. Los tamaños de partícula más estudiados son los de diámetro equivalente menor a 10 micrómetros y se designa como PM<sub>10</sub> por sus siglas en inglés (Particular Matter), y los de diámetro equivalente menor a 2,5 micrómetros designados como PM<sub>2.5</sub>

Las partículas finas PM<sub>2.5</sub> son generalmente compuestos orgánicos y metales pesados producidos por los gases emanados por motores de combustión. (Cazco Castelli, 2011)

### **2.2.3.2 Óxido de Nitrógeno (NOx)**

Es un gas incoloro y poco soluble en agua que se produce por la quema de combustibles fósiles en el transporte y la industria. Proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles. Es uno de las principales causas del smog y la lluvia ácida. El primero se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. En altas concentraciones, el smog puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas, accesos de tos en los niños y trastornos en general del sistema respiratorio. La lluvia ácida afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.

### **2.2.3.3 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante. Alrededor de la mitad que llega a la atmósfera vuelve a depositarse en la superficie, y el resto se convierte en iones sulfato. En ambientes urbanos el dióxido de azufre es generado por distintas fuentes antropogénicas, siendo la principal fuente de emisión la que proviene de la quema de combustibles sólidos como el carbón vegetal o combustibles derivados del petróleo, los procesos de refinación del petróleo, la producción de ácido sulfúrico y la fundición de minerales, particularmente de zinc, cobre y plomo.

La principal fuente de emisión de dióxido de azufre, son las fuentes puntuales y las fuentes móviles, estas generan más del 70% y el 29% respectivamente. Dentro de las fuentes móviles, la categoría que más contribuyen son los autos particulares. (Montero Lopez, 2016).

Exposiciones de corta duración a altas concentraciones de dióxido de azufre causan irritación en los ojos y en las vías respiratorias. También puede provocar la inflamación

del sistema respiratorio y agravamiento de los síntomas del asma, la bronquitis crónica y enfermedades cardiovasculares. La exposición prolongada o repetida puede originar alteraciones en la función pulmonar.

#### **2.2.3.4 Monóxido de Carbono (CO)**

El monóxido de carbono se produce de la combustión parcial de los compuestos que contienen carbono, principalmente de los motores de combustión interna. En condiciones en donde la disponibilidad de oxígeno es insuficiente, el monóxido de carbono se forma preferentemente sobre el dióxido de carbono.

La actividad humana lo genera en grandes cantidades siendo el contaminante emitido en mayor proporción a la atmósfera por causas no naturales. Se origina como resultado de la combustión incompleta de la gasolina en los motores de los vehículos. El mayor emisor de monóxido de carbono es emitido por los autos particulares con 40%, seguido por los vehículos de menos de 3 toneladas con el 21%, taxis con el 11%, microbuses con el 9%, vehículos mayores a tres toneladas y pick up con el 6% cada uno.

El monóxido de carbono inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre provocando la disminución de oxígeno suministrado al cuerpo. Respirar bajas concentraciones de monóxido de carbono puede inducir dolor de cabeza, náuseas, cansancio y dificultad de pensar con claridad. Los afectados de enfermedades cardiovasculares son los más sensibles a la exposición al CO. La exposición a altas concentraciones puede provocar la muerte pero esta situación es difícil que se dé al aire libre.

### **2.2.3.5 Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S)**

El sulfuro de hidrógeno a temperatura ambiente es un gas incoloro, inflamable, con un olor parecido al de los huevos podridos. Su olor característico y sus propiedades irritantes hacen que sea fácilmente detectable su presencia incluso cuando se trata de concentraciones bajas. Altas concentraciones y exposiciones prolongadas a este gas anulan el sentido del olor y su presencia puede pasar desapercibida aumentando así el riesgo de someterse a exposiciones perjudiciales para la salud.

El sulfuro de hidrógeno aparece en la naturaleza en gases volcánicos, pantanos, aguas estancadas, respiraderos submarinos y también en el crudo del petróleo. En cuanto a las fuentes antropogénicas destaca la industria papelera que lo utiliza para extraer la celulosa de la madera. En la atmósfera el sulfuro de hidrógeno es oxidado a SO<sub>2</sub>, aumentando la concentración de este último.

El sulfuro de hidrógeno es un gas altamente tóxico. La exposición a concentraciones bajas de este gas provoca irritación en los ojos, en las vías respiratorias, dolor de cabeza. A altas concentraciones el sulfuro de hidrógeno puede provocar muerte por asfixia ya que este compuesto interfiere con la disponibilidad de oxígeno en la sangre. (Consellería Medio Ambiente e Ordenacion do Territorio, 2002)

### **2.2.4. Consecuencias de la contaminación del aire**

Entre algunas de las consecuencias que genera la contaminación del aire se citarán las más relevantes para éste estudio:

- **Afectación a la Salud**

La exposición a contaminantes del aire puede causar efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo) en la salud. Usualmente, los efectos agudos son

inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición al contaminante. A veces los efectos crónicos tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienden a ser irreversibles.

- **Lluvia Ácida**

Además de los efectos sobre la salud mencionados anteriormente, hay muchos otros efectos secundarios sobre la vegetación, suelo, agua, materiales hechos por el hombre, clima y visibilidad.

- **Smog**

En grandes ciudades como Lima, se puede observar una nube gris en el cielo que cubre generalmente toda la ciudad, a esta nube se le llama "smog" y se forma por la acumulación de agentes contaminantes en la atmósfera. Entre estos agentes contaminantes están: El Monóxido de Carbono, el Óxido de Azufre y el Carbón que en general se presentan inicialmente como polvo negro que se forma por la quema incompleta de la gasolina y otros productos derivados del petróleo

#### **2.2.5. Medición calidad de aire**

La medición de contaminantes atmosféricos se puede lograr a través de diversos métodos que se agrupan de acuerdo a sus principios de medición en:

- **Muestreo pasivo**

Este método de muestreo colecta un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un periodo adecuado de muestreo, que puede variar desde una

hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizado cuantitativamente.

Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos o discos.

- Ventajas: Simplicidad en la operación y bajo costo (no requiere energía eléctrica).
- Desventajas: No desarrollados para todos los contaminantes, sólo proporcionan valores promedios con resoluciones típicas semanales o mensuales; no tienen gran exactitud (sirven solo como valor referencial), en general requieren de análisis de laboratorio.

- **Muestreo activo**

Requiere de energía eléctrica para succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio. Los muestreadores activos se clasifican en burbujeadores (gases) e impactadores (partículas); dentro de estos últimos, el más utilizado actualmente es el muestreador de alto volumen “HighVol” (PST, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)

- Ventajas: Fácil de operar, muy confiables y costo relativamente bajo (requieren energía eléctrica).
- Desventajas: No se aprecian los valores mínimos y máximos durante el día, sólo promedios generalmente de 24 horas; requieren de análisis de laboratorio.

- **Muestreo automático**

Estos métodos son los mejores en términos de la alta resolución de sus mediciones, permitiendo llevar a cabo mediciones de forma continua para concentraciones horarias y menores. El espectro de contaminantes que se pueden determinar va desde los contaminantes criterios ( $PM_{10}$  -  $PM_{2.5}$ , CO,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ) hasta tóxicos en el aire como mercurio y algunos compuestos orgánicos volátiles.

Las muestras colectadas se analizan utilizando una variedad de métodos los cuales incluyen la espectroscopia y cromatografía de gases. Además, estos métodos tienen la ventaja de que una vez que se carga la muestra al sistema nos da las lecturas de las concentraciones de manera automática y en tiempo real.

Los equipos disponibles se clasifican en: analizadores automáticos y monitores de partículas. Los analizadores automáticos se usan para determinar la concentración de gases contaminantes en el aire, basándose en las propiedades físicas y/o químicas de los mismos. Los monitores de partículas se utilizan para determinar la concentración de partículas suspendidas principalmente  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

- Ventajas: Valores en tiempo real, alta resolución; concentraciones máximas y mínimas; permite por la detección de valores máximos en tiempo real establecer situaciones de alerta para implantar las respectivas medidas de contingencia.

- Desventajas: Costo elevado de adquisición y operación; requieren personal capacitado para su manejo; requieren mantenimiento y calibración constantes.

*Tabla 1. Ventajas y desventajas de muestreadores de calidad de aire*

Métodos	Ventajas	Desventajas
<b>Muestreadores Pasivos</b>	<p>Muy económicos</p> <p>Muy simples</p> <p>No depende de energía eléctrica</p>	<p>Solo suministran promedios mensuales y semanales</p> <p>Requieren de mano de obra intensa para el funcionamiento</p> <p>No existe método de referencia para monitoreo.</p>
<b>Muestreadores Activos</b>	<p>Económicos</p> <p>De fácil manejo</p> <p>Operación y rendimiento confiable</p>	<p>Suministran promedios diarios</p> <p>Requieren mano de obra intensa para recolección y análisis</p> <p>Requiere análisis de laboratorio.</p>
<b>Muestreadores Automáticos</b>	<p>Alto rendimiento</p> <p>Datos Horarios</p> <p>Información en línea</p>	<p>Sofisticados</p> <p>Costosos</p> <p>Demanda alta calificación</p> <p>Altos costos recurrentes.</p>

Fuente: Elaboración Propia

## **2.2.6. Monitoreo de la Calidad del Aire.**

El monitoreo es una actividad consistente en observar una situación para detectar los cambios que ocurren con el tiempo. De esta manera, el monitoreo de la calidad del aire se debe llevar a cabo de una manera continua para poder observar los cambios en las concentraciones de los contaminantes con el tiempo, y se define como el conjunto de metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua y sistemática las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire.

Para llevar a cabo el monitoreo de calidad del aire se utilizan diversos equipos, como analizadores, monitores y sensores que se agrupan en un espacio físico confinado denominado estación de monitoreo. (Instituto Nacional de Ecología, s.f.)

### **2.2.6.1 Estaciones de Monitoreo.**

Una estación de monitoreo consiste en una caseta que contiene, como se mencionó, diversos equipos, como analizadores automáticos, monitores, sensores meteorológicos, entre otros, destinados a monitorear las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y, por lo general, algunos parámetros meteorológicos; con la finalidad de evaluar la calidad del aire en un área determinada. Los criterios de ubicación de las estaciones son diferentes según los objetivos de monitoreo que hayan sido establecidos

Sin embargo, en cualquier caso es necesario que el lugar cuente con una fuente adecuada de energía, con seguridad y que esté debidamente protegido de los elementos climáticos.

### **2.3. Marco Conceptual**

#### **Aire**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al aire puro como “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre”.

(Aguilar, 2015)

#### **Ambiente**

Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia.

(MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

#### **Blanco**

Muestra que carece de contaminantes de interés y que se utiliza como referencia en análisis ambientales. (DIGESA, 2005)

#### **Calibración**

Valoración de la precisión de las mediciones que reporta un instrumento al compararlo con un estándar independiente (DIGESA, 2005)

#### **Calidad ambiental**

Condición de equilibrio natural que el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del

ambiente así como la salud de las personas. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Concentración**

Cantidad relativa de una sustancia específica mezclada con otra sustancia generalmente más grande. También se puede expresar como el peso del material en proporción menor que se encuentra dentro de un volumen de aire o gas; esto es, en miligramos del contaminante por cada metro cúbico de aire. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010).

### **Concentración Máxima Permisible.**

Concentración de una sustancia química que no debe excederse bajo ninguna circunstancia en la exposición. (DIGESA, 2005)

### **Contaminación ambiental**

Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012).

Es un desequilibrio que se produce como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza. Tradicionalmente el medio ambiente se ha dividido, para su estudio y su interpretación, en tres componentes que son: aire, agua y suelo; sin embargo, esta división

es meramente teórica, ya que la mayoría de los contaminantes interactúan con más de uno de los elementos del ambiente.

### **Contaminante del Aire**

Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Cuerpo Receptor**

Parte de la atmósfera, agua o suelo, que recibe los residuos y emisiones que llegan a ella. (Loustaunau, 2014)

### **Deterioro ambiental**

Alteración que sufren uno o varios elementos que conforman los ecosistemas, provocada por la presencia de un elemento ajeno a las características y la dinámica propias de los mismos. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

### **Dispersión**

Fenómeno que determina la magnitud de la concentración resultante y el área de impacto, en el cual los contaminantes se van a dispersar y diluir según las condiciones meteorológicas y geográficas del lugar donde fue liberado o generado. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

### **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

Es un gas denso, más pesado que el aire y muy soluble en agua, que constituye el principal contaminante derivado del azufre presente en los combustibles. Forma núcleos de condensación y por eso generan problemas de visibilidad en la atmósfera que corroen materiales y son producen la lluvia ácida. (Moreano, 2012)

### **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Contaminante generado cuando el nitrógeno contenido en los combustibles y en el aire es oxidado en un proceso de combustión. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

### **Equipo de medición**

Conjunto de dispositivos o instrumentos necesarios para medir la concentración de un contaminante presente en un flujo de gas. (DIGESA, 2005)

### **Estación de Monitoreo.**

Área en el que se ubican los equipos de monitoreo, definida en el EIA o PAMA y aprobada por la Autoridad Competente, establecida para la medición de la calidad del aire, de acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo de Calidad de Aire y Emisiones, para el Subsector (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Estándar de Calidad del Aire**

Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados

en la norma. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Exposición**

Interacción entre un agente tóxico y un sistema biológico. Cantidad de agente químico o físico particular que llega al receptor. (DIGESA, 2005)

### **Fuentes de contaminación**

Es el lugar de donde un contaminante es liberado al ambiente. Las fuentes de contaminación pueden ser fuentes puntuales o fijas, así como fuentes dispersas o de área y también fuentes móviles. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

#### **Fuente fija.**

En el lenguaje usado en torno a la contaminación del aire, se define como punto fijo de emisión de contaminantes en grandes cantidades, generalmente de origen industrial. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

#### **Fuente móvil.**

Cualquier máquina, aparato o dispositivo emisor de contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo que no tiene un lugar fijo. Se consideran fuentes móviles todos los vehículos como automóviles, barcos, aviones, etc. plástico. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010).

### **Impacto Ambiental**

Alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El “impacto” es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Indicador Ambiental**

Es un parámetro, o un valor derivado de parámetros que busca proveer información describiendo de manera sintética una medida aproximada o evidencia del estado del ambiente y su impacto cuyo significado es mayor que las propiedades directamente asociadas al valor de los parámetros. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

### **Materia en Suspensión**

Toda materia particulada que queda en la atmósfera, en una corriente de gas o de agua durante largos períodos debido a que el tamaño de las partículas es demasiado pequeño para tener una velocidad de caída apreciable (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

### **Material Particulado**

Conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, en los cuales varían en tamaño, es decir su granulometría (PM<sub>2,5</sub>-PM<sub>10</sub>) y composición dependiendo de sus fuentes de emisión, tales como el hollín del diésel, polvo por vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos (Charres & Gonzales, 2016)

## **Meteorología**

Ciencia que trata de la atmósfera y los meteoros. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

## **Monóxido de carbono (CO)**

Gas incoloro e inodoro, muy venenoso, que se produce por combustión de los motores y por tanto constituye un grave problema de contaminación de las ciudades, debido al exceso de vehículos. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

## **Monitoreo de Aire**

Sistema de observaciones ambientales sobre los cambios del ambiente natural y de la atmósfera debidos a la actividad del hombre. Sirve como fuente fundamental de información uni o multidisciplinaria sobre el estado actual del entorno. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, 2010)

## **Muestra.**

Parte seleccionada que se separa de un conjunto y que se considera representativa del mismo conjunto al que pertenece. (DIGESA, 2005)

## **Muestreo**

Recolección de una porción representativa para someterla a análisis y ensayos. (DIGESA, 2005)

## **Partícula**

Masa pequeña discreta de materia sólida o líquida. (DIGESA, 2005)

### **Polvo**

Partículas sólidas pequeñas con diámetro menor de 75  $\mu\text{m}$  que se sedimentan por su propio peso pero que pueden permanecer suspendidas por algún tiempo. (DIGESA, 2005)

### **Protocolo**

Conjunto ordenado de reglas o procedimientos que se siguen para llevar a cabo una función determinada. (DIGESA, 2005)

### **Salud Ambiental**

Disciplina que comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales. (MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental., 2012)

## **2.4. Marco legal**

A continuación se enunciará la normativa vigente ambiental que esté relacionada con el área de estudio.

### **2.4.1. Marco de Política Ambiental**

- ✓ Constitución Política del Perú.

En su Art. 2, inciso 22 indica que: “Toda persona tiene derecho a: la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”.

- ✓ Ley General del Ambiente, Ley N° 28611/ 13-10-2005

Esta Ley constituye la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

- ✓ Decreto Supremo N° 003–2008–MINAM. Aprueban Estándares Nacionales de Calidad ambiental para aire

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

- ✓ Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, Decreto Supremo N° 074-2001-PCM / 22-06-2001

Este Reglamento establece los valores correspondientes para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire y los valores de tránsito referentes a las concentraciones de PM -10, PM-2.5 , dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, sulfuro de hidrógeno.

*Tabla 2. Estándares Nacionales de Calidad de Aire*

<b>Parámetro</b>	<b>Periodo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Límite Permisible</b>
PM-10	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 (*)
PM-2.5	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 (**)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 (*)
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 (**)
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10000 (*)
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 (**)

(\*) D.S. N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire.

(\*\*) D.S. N° 003-2008-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire.

Fuente: Diario el Peruano.

## **2.5. Descripción de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad “HUATIQUMER”**

La planta de tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad Huatiquemer está dedicada a la recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos sólidos industriales y peligrosos, se encuentra ubicadas en la Quebrada Cruz de Lázaro, Sector Lomas Huatiana, distrito de Chincha Alta, provincia de Chincha y departamento de Ica.

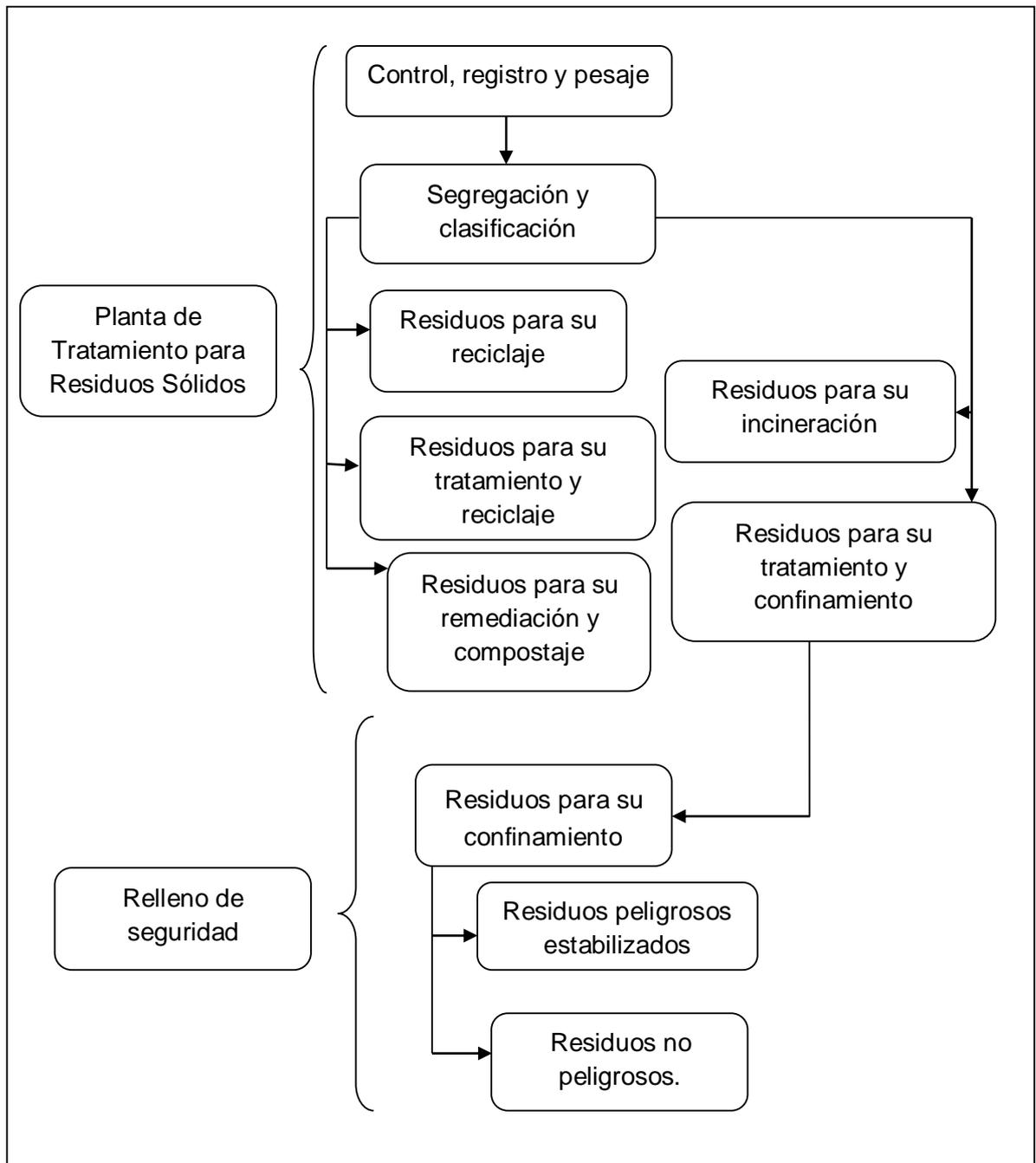
Opera desde octubre de 2013 con la Aprobación del Proyecto de Infraestructura por parte de la Dirección General de Salud Ambiental y la Autorización de Funcionamiento de la Municipalidad Provincial de Chincha.

Cuenta con celdas de seguridad como:

- Deshidratación de lodos
- Tratamientos químicos de residuos líquidos
- Encapsulado de residuos sólidos peligrosos.
- Confinamiento según las características de residuos (según sus características serán estabilizados antes de su confinamiento en dichas celdas.

El relleno de seguridad Huatiquemer cuenta con unos lineamientos de diseño, construcción y operación en su infraestructura, con un área de infraestructura de 620 Has, con una jornada de trabajo de 8 horas diarias y capacidad de confinamiento de 650 ton/día.

Figura 3. Flujograma del proceso de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Relleno Seguridad "HUATIQUMER"



Fuente: Elaboración propia.

Los Residuos Sólidos que ingresan a la Instalación de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad presentaran los siguientes pasos:

a) **Control, pesaje y registro**

Control de ingreso de unidades de transporte a la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos.

Las unidades de transporte deberán portar su manifiesto de manejo de residuos peligrosos, guía de remisión y guía de transportista y orden de ingreso para su descarga, los tripulantes deben portar sus implementos de seguridad personal, las unidades de transporte deben portar su KIT de emergencias.

El pesaje se realizara en una plataforma con capacidad para 60 TM donde se registrará y comparará con la guía de remisión y transporte u otro documento de custodia.

*Figura 4.* Control, pesaje y registro de unidades dentro de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad



Fuente: Propia

### **b) Segregación de residuos**

Los residuos sólidos son segregados y clasificados para ser destinados para: reciclaje por terceros (residuos inertes), Regeneración de aceites usados, aprovechamiento energético de residuos, tratamiento de efluentes industriales y domésticos, tratamiento de lodos de PTAR, remediación de suelos contaminados y estabilización de residuos peligrosos para su confinamiento.

*Figura 5.* Segregación de residuos dentro de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad



Fuente: Propia

### **c) Descarga de residuos**

Los residuos sólidos no reaprovechables, serán descargados con el uso de maquinarias pesadas, la recepción será controlada con el manifiesto de manejo de residuos sólidos peligrosos y los residuos no peligrosos con la guía de emisión del generador.

De acuerdo a las características del residuo, se realizará un posterior tratamiento.

*Figura 6. Descarga de residuos industriales*



#### **d) Tratamiento de residuos**

##### **Tratamiento físico.**

- Pozas de decantación: donde se vierten mezclas oleosas, líquidos contaminados con químicos, y otros residuos líquidos.
- Pozas de volatilización: donde se vierte tierra contaminada con hidrocarburo u otro elemento químico, borras de hidrocarburo u otro producto peligroso, sedimentos de limpieza de planta contaminados con hidrocarburo.
- Zona de encapsulado: según la clasificación de los residuos peligrosos, son embalados para ser recubierto con concreto.

## Tratamiento físico Químico.

Principalmente para aceites usados, los procesos a seguir son:

- Decantación.- separación de sólidos en suspensión y agua
- Destilación de hidrocarburos ligeros.- extrae los hidrocarburos hasta los 220 C° y elimina la emulsión existente.
- Desmetalización.- proceso que consiste en verter productos químicos para sedimentar los metales pesados.
- Destilación de fases.- proceso en la cual se utiliza compuestos básicos para separar el aceite base e hidrocarburos ligeros.

Del proceso final se retira el aceite base, hidrocarburos ligeros y sedimentos que son tratados en lechos de secado para su confinamiento en celdas de seguridad.

Figura 7. Tratamiento Físicoquímico Planta Refinación Aceite Usado



Fuente: Elaboración Propia

### e) Confinamiento de residuos

Los residuos que no se pueden tratar se destinan a las celdas de seguridad de residuos peligrosos y no peligrosos de acuerdo a sus características.

*Figura 8. Confinamiento de residuos solidos industriales*



Fuente: Propia.

#### **2.5.1. Distribución de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad HUATIQUMER**

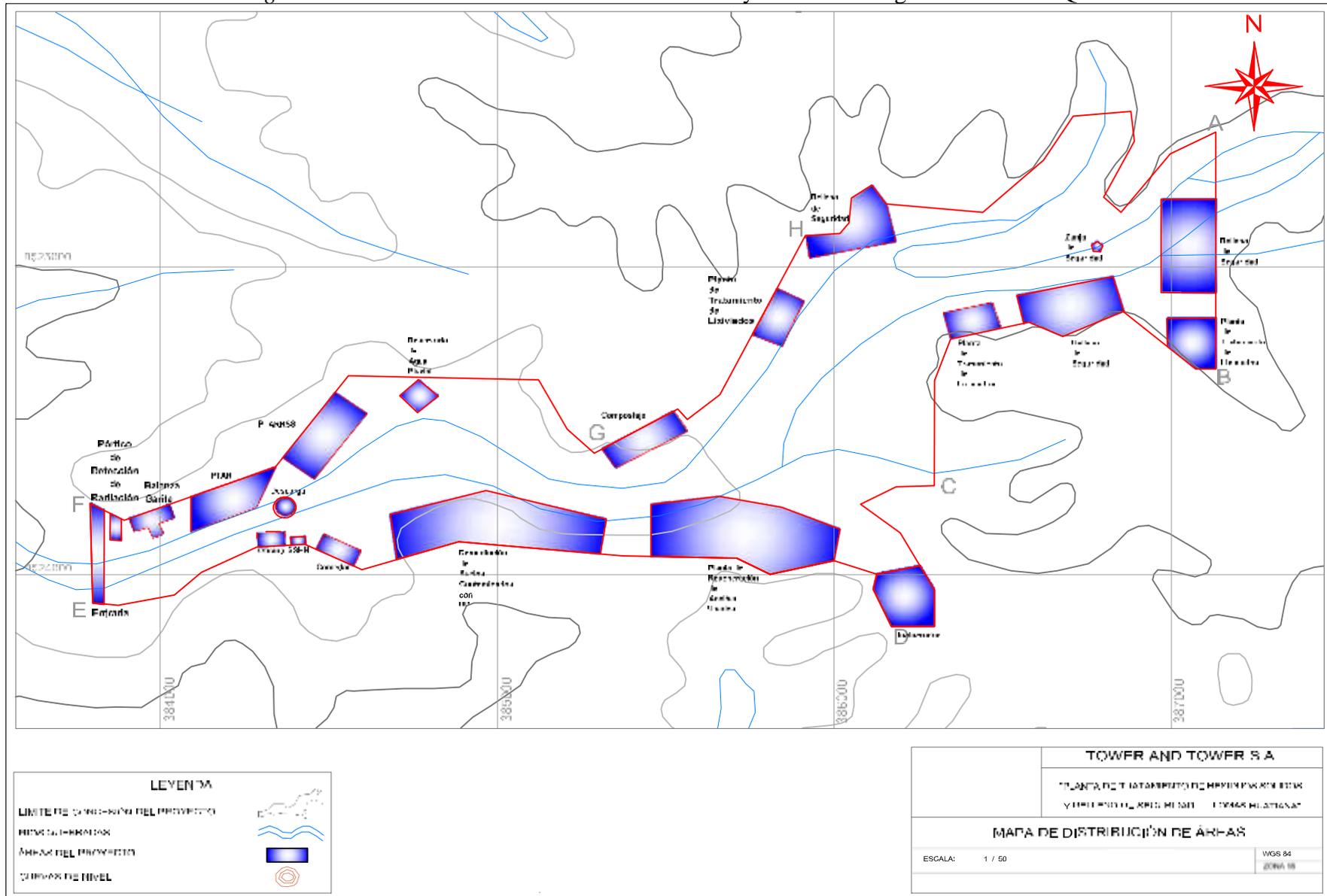
Planta de Tratamiento:

- Oficinas Administrativas (Garita de entrada, balanza de pesaje, oficina de recepción de manifiestos y guías, laboratorio de análisis de residuos, comedor, SSHH)
- Planta de regeneración de aceites usados
- Planta de tratamiento de lixiviados, planta de remediación de suelos contaminados con HC, planta de tratamiento de aguas residuales, zona de compostaje

Relleno de seguridad:

- Celda de seguridad residuos peligrosos y no peligrosos

Figura 9. Distribución de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad "HUATIQUER"



## **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA HERRAMIENTA**

### **3.1. Identificación de aspectos ambientales y fuente de emisión**

Para la determinación de la calidad de aire en la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad HUATIQUMER, se procederá a realizar los monitoreos meteorológicos y de calidad de aire, según el protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos (DIGESA, 2005).

Previo al monitoreo meteorológico y de calidad de aire se identificará las actividades operacionales y aspectos ambientales que podrían alterar la calidad de aire. Estas actividades y componentes serán dispuestos en una matriz que permitirá identificar los impactos ambientales.

También se identificará las fuentes de emisiones fijas y móviles de contaminación aérea en las actividades operacionales de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad HUATIQUMER.

### **3.1.1. Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales - medio aire**

Para el diseño de la matriz se emplearon técnicas de recolección de datos como la observación directa e indirecta de las actividades cotidianas de trabajo.

Figura 10. Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES											
INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD "HUATIQUMER"											
ACTIVIDAD PRIMARIA	ACTIVIDAD SECUNDARIA	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES		CARACTERISTICAS						MEDIO AFECTADO
			N°	DESCRIPCION	SITUACION	ACCION	IMPACTO	FRECUENCIA	EXTENSION	REVERSABILIDAD	AIRE
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISOLIDOS	MANIPULACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISOLIDOS	Operación de materiales o equipos pesados	1	Contaminación de aire por gases de combustión	N	D	-	C	L	N	X
		Movimiento de tierras	2	Contaminación de aire por polvo	N	D	-	C	L	S	X
		Potencial derrame de combustibles, aceites y grasas	3	Modificación de la calidad del suelo y el agua	A	D	-	I	L	N	X
TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISOLIDOS	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES (MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN)	Combustión en motores de vehículos	4	Contaminación del aire por gases de combustión	N	D	-	C	L	N	X
		Transito de Vehículos	5	Contaminación del aire por polvo	N	D	-	C	L	S	X
	CONTROL DE PESAJE Y CERTIFICACIÓN DEL SERVICIO	Uso de energía eléctrica	6	Contaminación de aire por gases de combustión	N	D	-	C	L	N	X
		Uso de energía eléctrica	7	Contaminación del aire por gases de combustión	N	D	-	C	L	N	X
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISOLIDOS	DESCARGA Y CARACTERIZACIÓN	Generación de polvo	8	Contaminación del aire	N	D	-	C	L	S	X
	TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	Generación de gases	9	Contaminación del aire	N	D	-	C	L	N	X
	CONFINAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	Generación de gases	10	Contaminación del aire	N	D	-	C	L	N	X
		Generación de polvo	11	Contaminación del aire	N	D	-	C	L	S	X

(N) NORMAL, (A) ANORMAL, (E) EMERGENCIA, (D) DIRECTO, (I) INDIRECTO, (+) POSITIVO, (-) NEGATIVO, (I) IRREGULAR, (c) CONTINUO, (p) PUNTUAL, (L) LOCAL, (R) REGIONAL, (s) SI, (n) NO

X	BAJA
X	MODERADA
X	ALTA

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Fuente de emisiones dentro de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad

- **Fuente de emisión fija**

Las fuentes de emisiones fijas identificadas dentro de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad

a) Planta de refinación de aceite usado.

Se producirán gases de combustión de la operación de los siguientes equipos: incinerador, caldera y hornos y gases de procesos en los reactores de craqueo y torre de destilación

Figura 11. Fuente de emisión fija: Planta de refinación de aceite usado



Fuente: propia.

b) Equipos generadores eléctricos

Para las operaciones de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad se usará grupos electrógenos operativos. En total dentro de la Planta de Tratamiento

de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad se identificaron 5 grupos electrógenos

*Tabla 3.* Fuente de emisión fija: Lista de Grupos electrógenos

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	Horas de uso
1	MOTOR GENERADOR DE LUZ	JIANGDONG	8 h.
2	MOTOR GENERADOR DE LUZ	HONDA	12 h.
3	MOTOR GENERADOR DE LUZ	STANFOR	8 h.
4	MOTOR GENERADOR DE LUZ	PERKING	8 h.
5	MOTOR GENERADOR DE LUZ	JHON DEERE	12 h.

Fuente: Elaboración propia.

c) Otros Equipos

*Tabla 4.* Fuente de emisión fija: Otros equipos

ITEM	DESCRIPCION	MARCA	Horas de uso
1	MOTOBOMBA (4)	WATER PUMP	8 h.
2	MAQUINA DE SOLDAR	DAIDEN	12 h.

Fuente: Elaboración propia.

- **Fuente de emisión móvil:**

Las fuentes de emisiones móviles identificadas dentro de la Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos y Relleno de Seguridad, principalmente son las unidades con motores de combustión que por su actividad operativa generan emisiones contaminantes a la atmósfera.

*Tabla 5. Fuente de emisión móvil: Unidades que operan dentro de la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad*

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>MARCA</b>	<b>Horas de uso</b>
<b>1</b>	CARGADOR FRONTAL	XGMA	8 h.
<b>2</b>	TRACTOR ORUGA	ZOOMLION	8 h.
<b>3</b>	EXCAVADORA	ZOOMLION	8 h.
<b>4</b>	RETRO EXCAVADORA	LIUGONG	8 h.
<b>5</b>	FURGON	VOLVO	8 h.
<b>6</b>	FURGON	DONGFENG	8 h.
<b>7</b>	FURGON	CAKY	8 h.
<b>8</b>	FURGON	HYUNDAI	8 h.
<b>9</b>	FURGON	MERCEDES	8 h.
<b>10</b>	FURGON	FOTON	8 h.
<b>11</b>	FURGON	HINO	8 h..
<b>12</b>	VOLQUETE	FORD	8 h.
<b>13</b>	VOLQUETE	PERKING	8 h.
<b>14</b>	MOTOCAR	YANSUMI	8 h.
<b>15</b>	CISTERNA	FREIGHTLINER	8 h.
<b>16</b>	CISTERNA	TRAIL MOBILE	8 h.
<b>17</b>	CISTERNA	FREIGHTLINER	8 h.
<b>18</b>	CISTERNA	BLUTER	8 h.
<b>19</b>	CISTERNA	INTERNATIONAL	8 h.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Fuente de emisión móvil: Promedio EPS-RS que ingresan diariamente a la Planta de Tratamiento y Relleno de Seguridad

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Promedio de unidades diaria que ingresan
Residuos Peligrosos de Origen de las actividades de Construcción	3
Residuos No Peligroso de origen de las actividades de la construcción	4
Residuos peligrosos de origen industrial	6
Residuos No Peligrosos de Origen Industrial	12
Residuos Peligrosos de origen de Establecimiento de Salud	3
Residuos No Peligrosos de origen de Establecimiento de Salud	1
Residuos peligrosos de origen agropecuario.	5
Residuos No Peligrosos de origen agropecuario.	9
Residuos peligrosos de origen de Instalaciones o Actividades Especiales.	3
Residuos No Peligrosos de origen de Instalaciones o Actividades Especiales.	7
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Monitoreo Meteorológico

Se empleó previamente el monitoreo meteorológico para determinar las características meteorológicas de la zona de monitoreo y evaluar su incidencia en los resultados obtenidos en las mediciones de calidad de aire

#### 3.2.1. Estándares de Comparación

Tabla 7. Equivalencia de la escala de Beaufort

Número de Beaufort	Velocidad (km/h)	Denominación	Criterio (Tierra)
0	< 1	Calma	El humo asciende verticalmente
1	2 - 5	Ventolina	El humo indica la dirección del viento
2	6 - 11	Flojito (Brisa muy débil)	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 - 19	Flojo (brisa débil)	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 - 28	Bonancible (Brisa moderada)	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 - 38	Fresquito (Brisa Fresca)	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
6	39 - 49	Fresco (Brisa fuerte)	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.
7	50 - 61	Frescachón (Viento fuerte)	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 - 74	Temporal (Viento duro)	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 - 88	Temporal fuerte (Muy duro)	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 - 102	Temporal duro (Temporal)	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 - 117	Temporal muy duro (Borrasca)	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	> 118	Temporal Huracanado (Huracán)	Destrucción total

Fuente: (Dirección General de Electrificación Rural (DGER) - MEM del Ministerio de Energía y Minas (MEM)., 2008)

### 3.2.2. Descripción de las Estaciones de Monitoreo

Se han establecido dos (02) estaciones de monitoreo para el monitoreo meteorológico, en las cuales se han registrado los parámetros meteorológicos del lugar en el momento de las mediciones correspondientes. En la siguiente tabla se detalla la ubicación y descripción de los puntos de control.

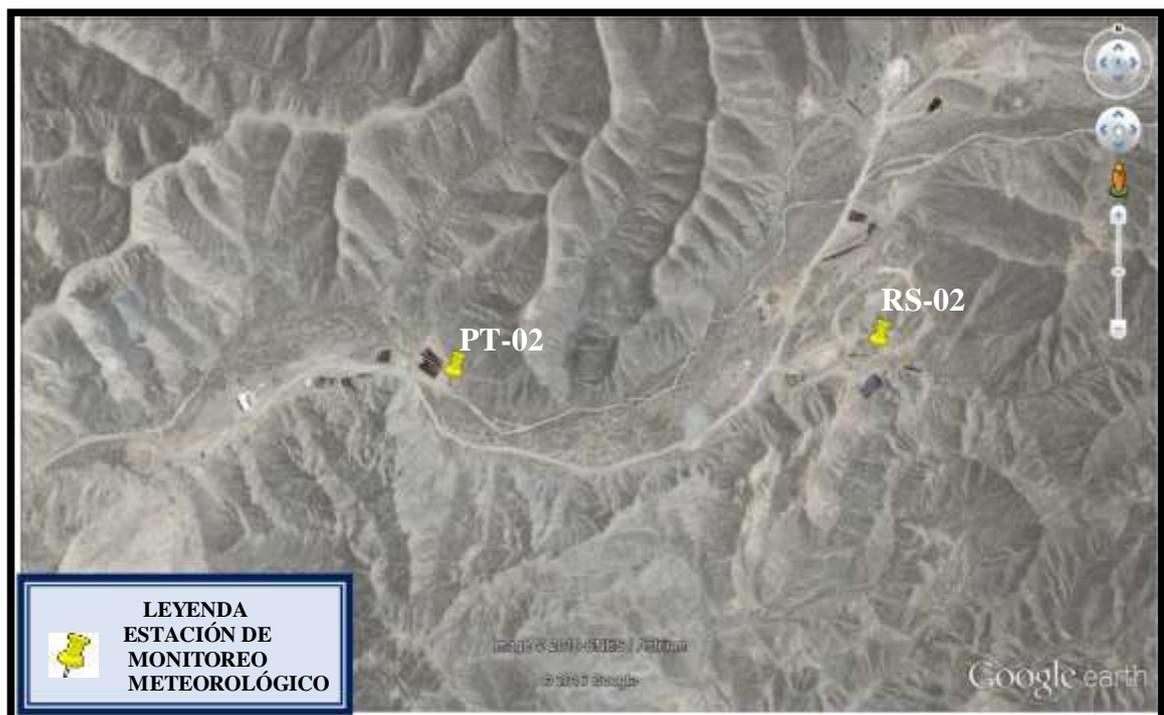
Tabla 8. Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo

Estación de monitoreo	Coordenadas UTM				Descripción
	Zona	E	N	Altitud (msnm)	
PT-02	18 L	386246	8524244	477	Al frente de las pozas pasando la planta de tratamiento de aceites usados
RS-02	18 L	387210	8524316	518	A la salida del relleno de seguridad

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. Plano de ubicación de la Estación de Monitoreo

Figura 12. Imagen Satelital de la estación de monitoreo.



### 3.2.4. Equipos Utilizados

Tabla 9. Principales Equipos Utilizados

Nombre del equipo	Parámetro	Marca	N° de Serie	Modelo
Estación Meteorológica	Parámetros Meteorológicos	DAVIS INSTRUMENTS	E110808A053	VANTAGE VUE

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.5. Parámetros de ensayo

Tabla 10. Parámetros Meteorológicos Evaluados

Parámetros Meteorológicos
Temperatura Ambiental
Humedad Relativa
Velocidad del Viento
Dirección del Viento
Presión Atmosférica

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.6. Resultados de los parámetros meteorológicos.

Tabla 11. Resultados de los parámetros meteorológicos PT-02

Estación de Monitoreo				PT-02			
N°	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo (24 horas)	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mbar)
1	15/12/2016	9:00	26	51	4.9	W	1029.4
2	15/12/2016	10:00	28	54	5.8	W	1028.4
3	15/12/2016	11:00	26	56	6.7	W	1027.7
4	15/12/2016	12:00	27	58	5.4	W	1027.3
5	15/12/2016	13:00	27	63	5.4	W	1027.0
6	15/12/2016	14:00	26	65	5.9	W	1027.0
7	15/12/2016	15:00	24	72	4	W	1027.4
8	15/12/2016	16:00	23	77	3.1	W	1028.3
9	15/12/2016	17:00	22	79	2.7	W	1029.3
10	15/12/2016	18:00	20	81	1.8	W	1029.9
11	15/12/2016	19:00	19	80	1.3	W	1030.3
12	15/12/2016	20:00	19	77	1.3	E	1030.3
13	15/12/2016	21:00	19	78	1.3	E	1028.7
14	15/12/2016	22:00	18	77	0.9	E	1029.5
15	15/12/2016	23:00	18	77	1.3	E	1029.0
16	16/12/2016	0:00	17	76	1.8	E	1028.8
17	16/12/2016	1:00	17	76	1.3	E	1028.9
18	16/12/2016	2:00	17	77	1.8	E	1028.7
19	16/12/2016	3:00	17	79	1.3	E	1030.7
20	16/12/2016	4:00	17	86	1.8	E	1031.2
21	16/12/2016	5:00	16	85	3.1	W	1031.4
22	16/12/2016	6:00	17	77	4.9	W	1031.3
23	16/12/2016	7:00	21	69	5.4	W	1030.9
24	16/12/2016	8:00	24	64.5	5.6	W	1030.7
<b>Promedio</b>			<b>21</b>	<b>72.3</b>	<b>3.3</b>	<b>W</b>	<b>1029.3</b>
<b>Máximo</b>			<b>28</b>	<b>86</b>	<b>6.7</b>		<b>1031.4</b>
<b>Mínimo</b>			<b>16</b>	<b>51</b>	<b>0.9</b>		<b>1027</b>

Fuente: Elaboración propia.

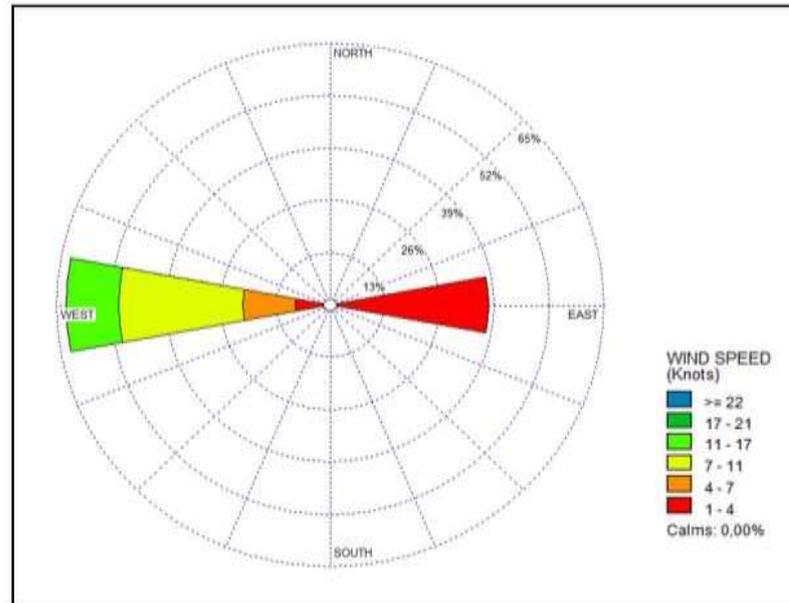
Tabla 12. Resultados de los parámetros meteorológicos RS -02

Estación de Monitoreo				RS-02			
N°	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo (24 horas)	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mbar)
1	16/12/2016	9:00	25	69	1.8	W	1025.6
2	16/12/2016	10:00	26	57	3.6	W	1024.5
3	16/12/2016	11:00	26	54	3.6	W	1024
4	16/12/2016	12:00	26	54	3.6	W	1023.6
5	16/12/2016	13:00	26	58	3.6	W	1023.1
6	16/12/2016	14:00	23	66	3.1	W	1023
7	16/12/2016	15:00	23	68	2.2	W	1023.2
8	16/12/2016	16:00	22	72	1.8	W	1023.9
9	16/12/2016	17:00	21	77	1.3	W	1024.7
10	16/12/2016	18:00	20	81	1.3	W	1025.5
11	16/12/2016	19:00	19	83	0.9	W	1025.7
12	16/12/2016	20:00	19	85	0.4	W	1025.8
13	16/12/2016	21:00	18	80	CALMA	-	1025.2
14	16/12/2016	22:00	18	81	CALMA	-	1024.7
15	16/12/2016	23:00	1	82	CALMA	-	1024.4
16	17/12/2016	0:00	18	82	CALMA	-	1023.9
17	17/12/2016	1:00	18	83	CALMA	-	1023.8
18	17/12/2016	2:00	1	81	0.4	SE	1023.9
19	17/12/2016	3:00	17	84	0.4	SE	1024.5
20	17/12/2016	4:00	18	82	0.4	SE	1025.2
21	17/12/2016	5:00	21	74	0.4	S	1024.9
22	17/12/2016	6:00	23	71	1.8	W	1023.2
23	17/12/2016	7:00	24	64	2.1	W	1025.1
24	17/12/2016	8:00	25	63	2.4	W	1025.4
<b>Promedio</b>			<b>21.3</b>	<b>73</b>	<b>1.8</b>	<b>W</b>	<b>1024.5</b>
<b>Máximo</b>			<b>26</b>	<b>86</b>	<b>3.6</b>		<b>1025.8</b>
<b>Mínimo</b>			<b>16</b>	<b>51</b>	<b>0.4</b>		<b>1023</b>

Fuente: Elaboración propia.

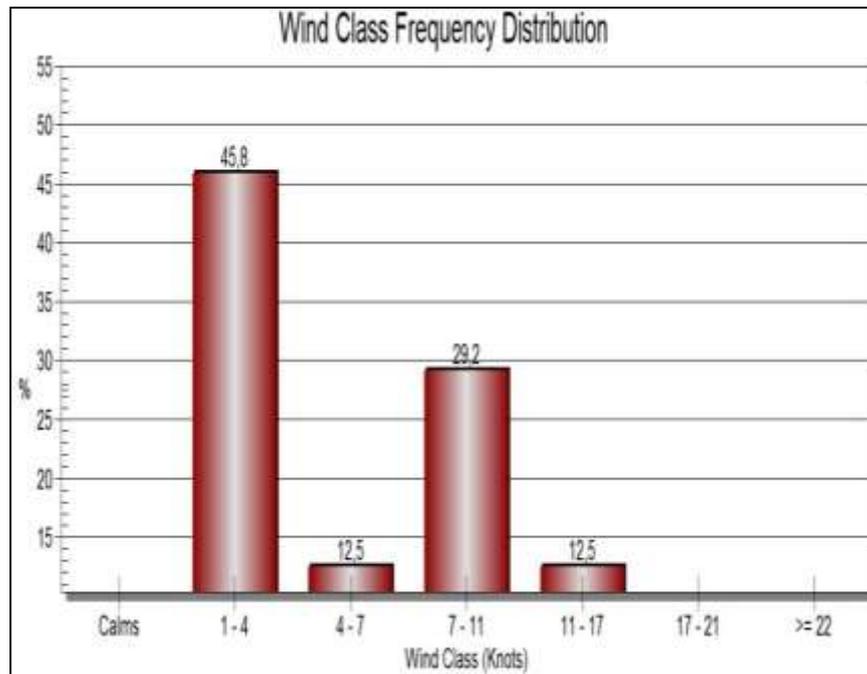
### 3.2.7. Gráficos de los parámetros meteorológicos

Figura 13. Rosa de Vientos Estacion PT-02



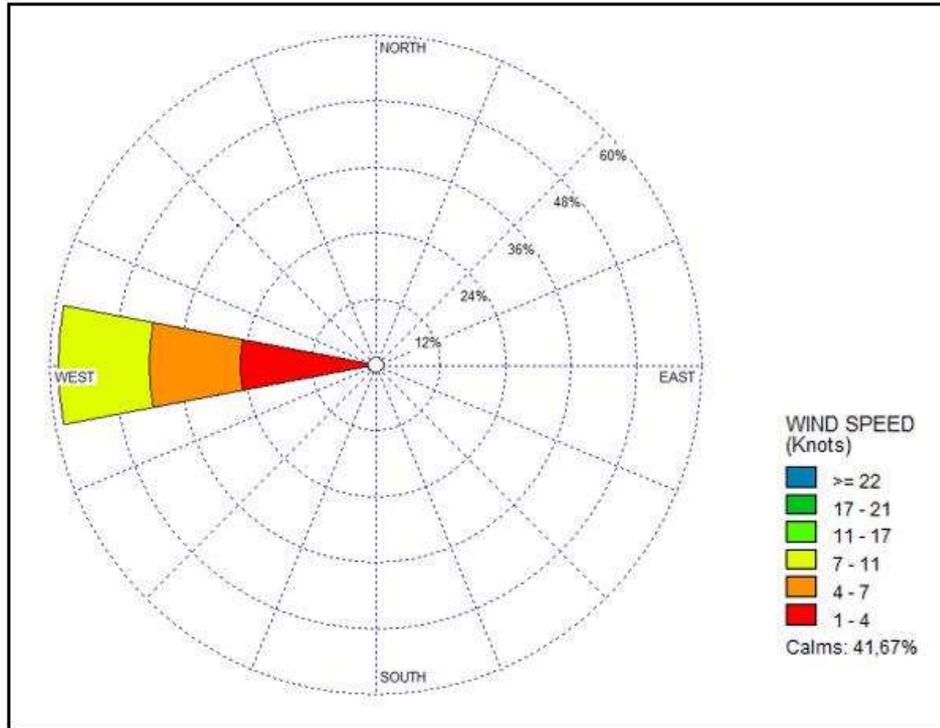
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Distribución de Frecuencia de Clases de Vientos PT-02



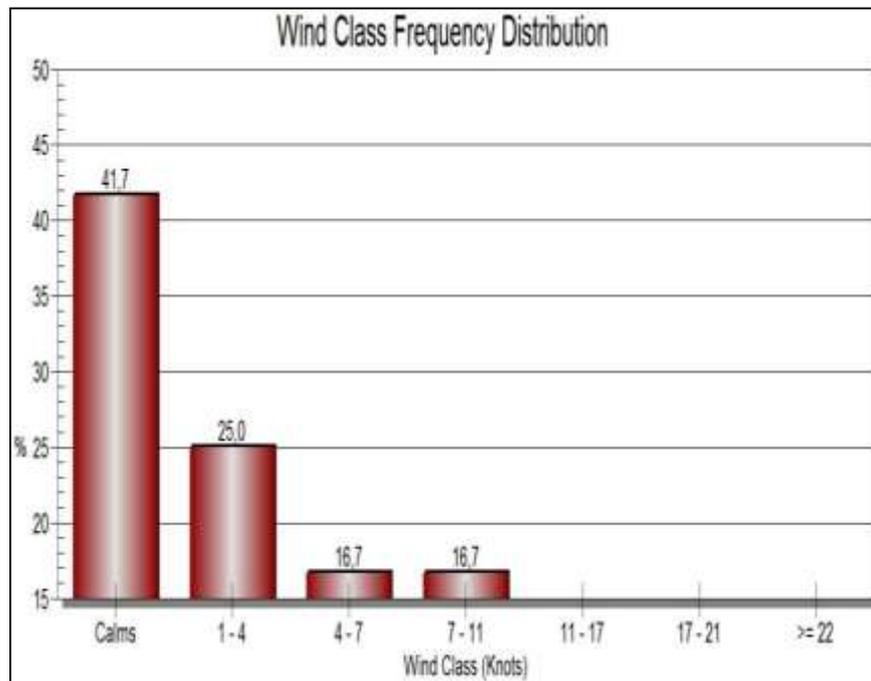
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Rosa de Vientos Estacion RS-02



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Distribución de Frecuencia de Clases de Vientos RS-02



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.8. Análisis de los resultados meteorológicos

#### Estación meteorológica en el punto PT-02

- ✓ La temperatura ambiental promedio fue de 21.0 °C, la humedad relativa promedio de 72.3% y la presión atmosférica de 1029.3 mbar.
  
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos y según la escala de Beaufort, la velocidad promedio de los vientos se encuentra en el rango de ventolina (3.3 m/s), cuya denominación es Ventolina y el humo incide la dirección del viento.
  
- ✓ La Rosa de Viento indica la predominancia de la dirección del viento, donde los círculos concéntricos representan el incremento de la frecuencia. Según el Grafico N° 13, el viento viene predominantemente del Oeste.
  
- ✓ De acuerdo a la Grafica N° 14, la velocidad del viento estuvo un el 45.8% del tiempo se mantuvo en un rango de 1 m/s a 4 m/s de velocidad, el 12.5% del tiempo entre 4 m/s y 7 m/s, el 29.2% del tiempo se mantuvo en un rango de 7 m/s a 11 m/s y el 12.5% del tiempo se mantuvo en un rango de 11 m/s a 17 m/s.

### Estación meteorológica en el punto RS-02

- ✓ La temperatura ambiental promedio fue de 21.3 °C, la humedad relativa promedio de 73% y la presión atmosférica de 1024.5 mbar.
  
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos y según la escala de Beaufort, la velocidad promedio de los vientos se encuentra en el rango de ventolina (1.8 m/s), es un valor no muy significativo.
  
- ✓ La Rosa de Viento indica la predominancia de la dirección del viento, donde los círculos concéntricos representan el incremento de la frecuencia. Según el Grafico N° 15, el viento proviene predominantemente del Oeste.
  
- ✓ De acuerdo a la Grafica N° 16, la velocidad del viento estuvo un 41.7% del tiempo en Calma, el 25% del tiempo se mantuvo en un rango de 1 m/s a 4 m/s de velocidad, el 16.7% del tiempo entre 4 m/s y 7 m/s, y el 16.7% del tiempo entre 7 m/s y 11 m/s.

### 3.3. Monitoreo Calidad de Aire

#### 3.3.1. Estándares de Comparación.

Tabla 13. Estándares Nacionales de Calidad de Aire

Parámetro	Periodo	Unidad	Valor Límite Permisible
PM-10	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150
PM-2.5	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	25
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10000
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150

Fuente: Diario el Peruano.

#### 3.3.2. Descripción de las Estaciones de Monitoreo

Se han establecido cuatro (04) estaciones de monitoreo para calidad de aire, en las cuales se han registrado los parámetros meteorológicos del lugar en el momento de las mediciones correspondientes. En la siguiente tabla se detalla la ubicación y descripción de los puntos de control.

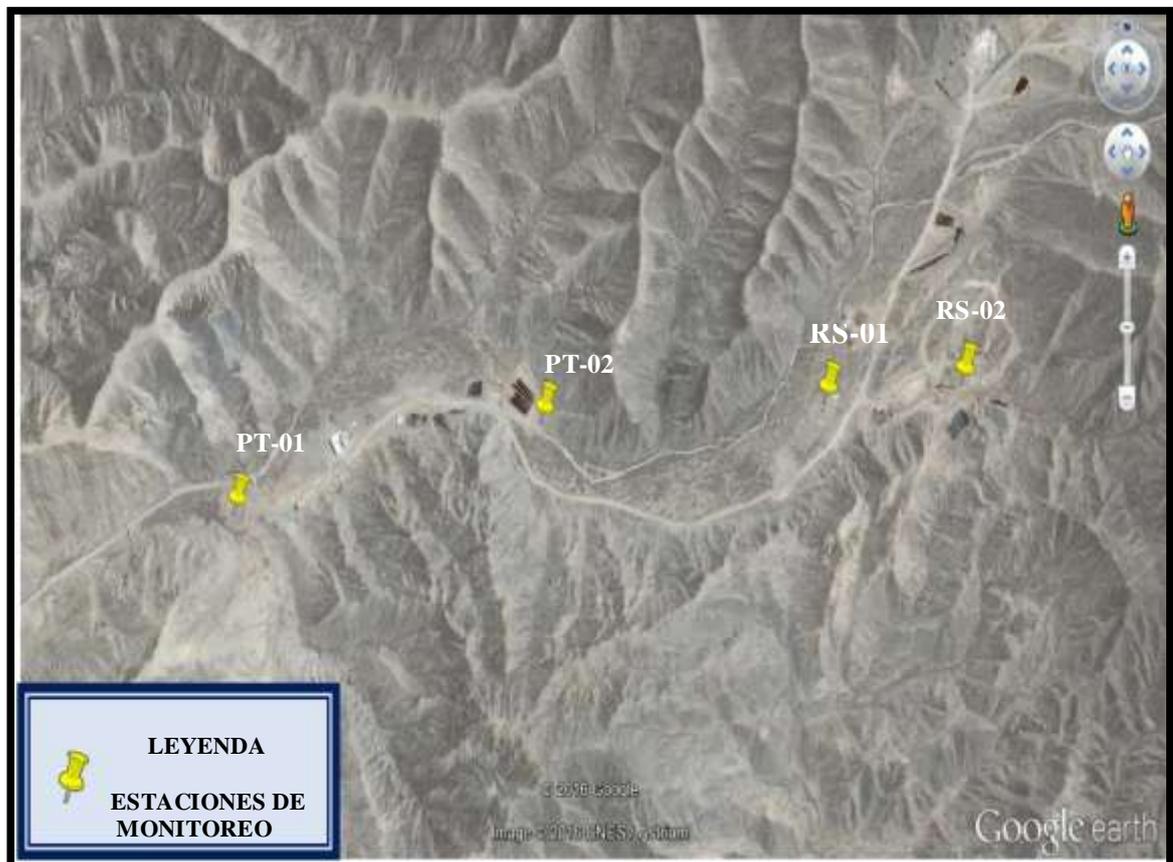
Tabla 14. Ubicación y descripción de la estación de muestreo

Estación de monitoreo	Coordenadas UTM				Descripción
	Zona	E	N	Altitud (msnm)	
PT-01 (Barlovento)	18 L	385518	8524072	444	Ingreso a Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos.
PT-02 (Sotavento)	18 L	386246	8524244	477	Frente a las pozas, pasando la Planta de Tratamiento de aceites usados.
RS-01 (Barlovento)	18 L	386901	8524282	502	Ingreso al Relleno de Seguridad.
RS-02 (Sotavento)	18 L	387210	8524316	518	Salida del Relleno de Seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3. Ubicación de la Estación de Monitoreo.

Figura 16. Imagen Satelital de la estación de Monitoreo Aire



### 3.3.4. Equipos Utilizados

Tabla 15. Principales Equipos Utilizados

Nombre del equipo	Parámetro	Marca	N° de Serie	Modelo
Muestreador de Partículas de alto volumen	PM-10 Alto Volumen	THERMO SCIENTIFIC	P9290X	SA/G 1200
Flujómetro de gases	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> S	COLE PARMER	No indica	No indica
Muestreador de partículas	PM-2.5 Bajo Volumen	TECORA	1120/419 (HK-AM-003)	Bravo M Plus

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.5. Metodología de Análisis y Muestreo

La metodología de muestreo se realizó teniendo en cuenta el “Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos” elaborado por la DIGESA donde establece la metodología para el muestreo.

#### a) Material Particulado (PM<sub>10</sub> Alto Volumen) y (PM<sub>2.5</sub> Bajo Volumen)

Para el muestreo de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se utilizó un muestreador de alto volumen volumétrico (HighVol) y bajo volumen (LowVol) respectivamente, cuyo funcionamiento consiste en aspirar aire del ambiente a flujo constante ( $Qa$ ) de 1,13 m<sup>3</sup>/min, dentro de un orificio de forma especial donde el material particulado en suspensión es separado inercialmente en fracciones de uno o más tamaños dentro del rango de tamaños de PM. Las partículas son colectadas en un filtro de fibra de cuarzo de 8” x 10” durante un periodo de muestreo de 24 horas.

- **Calculo de concentración**

- Se debe calcular el flujo promedio corregida a Condiciones Normales:

$$Q_{ref} = Q_a \times (T_s/P_s) \times (P_a / T_a)$$

Dónde: T: Temperatura, en K, Presión Atmosférica, en Atm.

Ps = Presión Estándar, 1 Atm (760 mmHg)

Pa = Presión Atmosférica durante el muestreo

Ts = Temperatura Estándar, 25 °C (298 K)

Ta = Temperatura durante el muestreo

Qa = Concentración flujo aire

Qref = Concentración flujo corregido

- Se calcula el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{ref} = Q_{ref} \times t$$

Dónde: Vref = Aire Total muestreado en unidades de Vol. Referencia, (m<sup>3</sup>)

t = Tiempo de muestreo (min)

- Calculo de la concentración de PM<sub>10</sub>

$$PM_{10} = (W_f - W_i) \times 10^6 / V_{ref}$$

Dónde: PM<sub>10</sub> = Concentración de PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Wf, Wi = Peso final e inicial del filtro colector de partículas de PM<sub>10</sub> (gr)

b) **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Para el muestreo de este gas se ha empleado un tren de muestreo (método dinámico), el cual funciona succionando el aire a un flujo constante de 0,4 L/min por un periodo muestreo de 01 hora, el contaminante de NO<sub>2</sub> es atrapado por medio de una solución captadora de arsenito de sodio e Hidróxido de Sodio y se determina por espectrometría ultravioleta-visible.

Tabla 16. Condiciones para el monitoreo de NO<sub>2</sub>

Parámetro	Condición de la solución captadora	Volumen de solución captadora para el Monitoreo (ml)	Flujo de Monitoreo	Tiempo de Muestreo
NO <sub>2</sub>	2 meses conservado en refrigerador	20 ml	0.4 l/min	1 hora

• **Calculo de concentración**

- Se debe calcular el flujo promedio corregida a Condiciones Normales:

$$Q_{ref} = Q_a \times (T_s/P_s) \times (P_a / T_a)$$

Dónde: T: Temperatura, en K, Presión Atmosférica, en Atm.

Ps = Presión Estándar, 1 Atm (760 mmHg)

Pa = Presión Atmosférica durante el muestreo

Ts = Temperatura Estándar, 25 °C (298 K)

Ta = Temperatura durante el muestreo

Qa = Concentración flujo aire

Qref = Concentración flujo corregido

- Se calcula el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{ref} = Q_{ref} \times t$$

Dónde:  $V_{ref}$  = Aire Total muestreado en unidades de Vol. Referencia, ( $m^3$ )

$t$  = Tiempo de muestreo (min)

- Calculo de la concentración de  $NO_2$

$$\mu g/muestra\ NO_2 = (A - A_0)(Bx) \times 10^3 \times V_b / V_a$$

$\mu g/m^3\ NO_2 = \mu gNO_2 / V_{ref}$
---

Donde:

$A$ =Absorbancia corregida de la solución de la muestra

$A_0$ =Absorbancia corregida del reactivo blanco

$Bx$ = Factor de calibración

$V_a$ =Volumen de la sol. Absorbente analizada (ml)

$V_b$ = Volumen de la sol. Absorbedor (ml)

### c) **Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )**

Para el muestreo de este gas se ha empleado un tren de muestreo (método dinámico), el cual funciona succionando el aire a un flujo constante de 0,2 L/min por un periodo muestreo de 24 horas, el contaminante de  $SO_2$  es atrapado por medio de una solución captadora de tetracloromercurato sódico de 0,1M y se determina por espectrometría ultravioleta-visible.

Tabla 17. Condiciones para el monitoreo de SO<sub>2</sub>

Parámetro	Condición de la solución captadora	Volumen de solución captadora para el Monitoreo (ml)	Flujo de Monitoreo	Tiempo de Muestreo
SO <sub>2</sub>	pH: 3 – 5, estable 6 meses	50 ml	0.2 l/min	24 horas

- **Calculo de concentración**

- Se debe calcular el flujo promedio corregida a Condiciones Normales:

$$Q_{ref} = Q_a \times (T_s/P_s) \times (P_a / T_a)$$

Dónde: T: Temperatura, en K, Presión Atmosférica, en Atm.

Ps = Presión Estándar, 1 Atm (760 mmHg)

Pa = Presión Atmosférica durante el muestreo

Ts = Temperatura Estándar, 25 °C (298 K)

Ta = Temperatura durante el muestreo

Qa = Concentración flujo aire

Qref = Concentración flujo corregido

- Se calcula el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{ref} = Q_{ref} \times t$$

Dónde: Vref = Aire Total muestreado en unidades de Vol. Referencia, (m<sup>3</sup>)

t = Tiempo de muestreo (min)

- Calculo de la concentración de SO<sub>2</sub>

$$\mu\text{g}/\text{muestra SO}_2 = (A-A_0)(Bx) \times 10^3 \times V_b / V_a$$

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ SO}_2 = \mu\text{gSO}_2 / V_{ref}$$

Donde:

- A=Absorbancia corregida de la solución de la muestra
- Ao=Absorbancia corregida del reactivo blanco
- Bx= Factor de calibración
- Va=Volumen de la sol. Absorbente analizada (ml)
- Vb= Volumen de la sol. Absorbedor (ml)

d) **Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S)**

Para el muestreo de este gas se ha empleado un tren de muestreo (método dinámico) y ha sido determinado a flujo constante de 0,2 L/min, y con un periodo muestreo de 24 horas. Los resultados son expresados en ug/m<sup>3</sup>.

Tabla 18. Condiciones para el monitoreo de H<sub>2</sub>S

Parámetro	Condición de la solución captadora	Volumen de solución captadora para el Monitoreo (ml)	Flujo de Monitoreo	Tiempo de Muestreo
H <sub>2</sub> S	Máximo tiempo de refrigeración 5 días	50 ml	0.2 l/min	24 horas

• **Calculo de concentración**

- Se debe calcular el flujo promedio corregida a Condiciones Normales:

$$Q_{ref} = Q_a \times (T_s/P_s) \times (P_a / T_a)$$

Dónde: T: Temperatura, en K, Presión Atmosférica, en Atm.

Ps = Presión Estándar, 1 Atm (760 mmHg)

Pa = Presión Atmosférica durante el muestreo

Ts = Temperatura Estándar, 25 °C (298 K)

Ta = Temperatura durante el muestreo

Qa = Concentración flujo aire

- Se calcula el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{ref} = Q_{ref} \times t$$

Dónde: Vref = Aire Total muestreado en unidades de Vol. Referencia, (m<sup>3</sup>)

t = Tiempo de muestreo (min)

- Calculo de la concentración de H<sub>2</sub>S

$$\mu\text{g/muestra SO}_2 = (A-A_0)(Bx) \times 10^3 \times V_b / V_a$$

$$\mu\text{g/m}^3 \text{ H}_2\text{S} = \mu\text{g H}_2\text{S} / V_{ref}$$

Donde:

- A=Absorbancia corregida de la solución de la muestra
- A<sub>0</sub>=Absorbancia corregida del reactivo blanco
- Bx= Factor de calibración
- V<sub>a</sub>=Volumen de la sol. Absorbente analizada (ml)
- V<sub>b</sub>= Volumen de la sol. Absorbedor (ml)

e) **Monóxido de Carbono (CO)**

Para el muestreo de este gas se ha empleado un tren de muestreo (método dinámico), el cual funciona succionando el aire a un flujo constante de 0,5 L/min por un periodo muestreo de 08 horas, el contaminante de CO es atrapado por medio de una solución captadora y se determina por espectrometría ultravioleta-visible.

Tabla 19. Condiciones para el monitoreo de CO

Parámetro	Condición de la solución captadora	Volumen de solución captadora para el Monitoreo (ml)	Flujo de Monitoreo	Tiempo de Muestreo
CO	Refrigerar y mantener en oscuridad	20 ml	0.5 l/min	8 horas

• **Calculo de concentración**

- Se debe calcular el flujo promedio corregida a Condiciones Normales:

$$Q_{ref} = Q_a \times (T_s/P_s) \times (P_a / T_a)$$

Dónde: T: Temperatura, en K, Presión Atmosférica, en Atm.

Ps = Presión Estándar, 1 Atm (760 mmHg)

Pa = Presión Atmosférica durante el muestreo

Ts = Temperatura Estándar, 25 °C (298 K)

Ta = Temperatura durante el muestreo

Qa = Concentración flujo aire

- Se calcula el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{ref} = Q_{ref} \times t$$

Dónde:  $V_{ref}$  = Aire Total muestreado en unidades de Vol. Referencia, (m<sup>3</sup>)

t = Tiempo de muestreo (min)

- Cálculo de la concentración de CO

$$\mu\text{g}/\text{muestra CO} = (A - A_0)(Bx) \times 10^3 \times V_b / V_a$$

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ CO} = \mu\text{g CO} / V_{ref}$$

Donde:

- A=Absorbancia corregida de la solución de la muestra
- A<sub>0</sub>=Absorbancia corregida del reactivo blanco
- Bx= Factor de calibración
- V<sub>a</sub>=Volumen de la sol. Absorbente analizada (ml)
- V<sub>b</sub>= Volumen de la sol. Absorbedor (ml)

Tabla 20. Requerimientos para los análisis de monitoreo

Parámetro	Tiempo de Muestreo	Tamaño mínimo de la muestra	Tipo de Envase	Tiempo de Almacenamiento
(PM <sub>10</sub> Alto Volumen)	24 horas	1 Filtro de Cuarzo de 8" x 10"	Sobre Manilla	3 meses
(PM <sub>2.5</sub> Bajo Volumen)	24 horas	1 Filtro de PTFE	Porta filtro	3 meses
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	10 ml	Vidrio ámbar	2 meses
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	50 ml	Vidrio ámbar	30 días
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	40 ml	Vidrio ámbar	7 días
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	50 ml	Vidrio ámbar	7 días

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3.6. Índice de calidad de aire**

El Índice de Calidad del Aire (INCA) es un indicador que brinda información del estado de la calidad del aire de una determinada zona. Presenta la información relacionada a la calidad del aire en números y colores facilitando que las personas tomen conocimiento de los niveles de exposición a determinados contaminantes.

El Índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. Para un mejor entendimiento, el INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire:

- La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena.
- La banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire.
- La banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala.
- Finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud.

Figura 17. Valores del Índice Calidad del aire

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

Fuente: Resolución Ministerial N° 181 -2016-MINAM

### Cálculo del índice de calidad del aire por contaminante

Figura 18. Valores del Índice Calidad del aire para PM<sub>10</sub>

Material particulado (PM <sub>10</sub> ) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0 - 75	$I(\text{PM}_{10}) = \left[ \frac{\text{PM}_{10}}{150} \right] * 100$
51-100	76 - 150	
101-167	151 - 250	
>167	> 250	

Figura 19. Valores del Índice Calidad del aire para PM<sub>2.5</sub>

Material particulado (PM <sub>2.5</sub> ) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0 - 12.5	$I(\text{PM}_{10}) = \left[ \frac{\text{PM}_{10}}{25} \right] * 100$
51-100	12.6 - 25	
101-500	25.1 - 125	
>500	> 125	

Figura 20. Valores del Índice Calidad del aire para NO<sub>2</sub>

Material particulado (NO <sub>2</sub> ) promedio 1 hora		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0 - 100	I(PM10)= [ ]PM10 *100/200
51-100	101 - 200	
101-150	201 - 300	
>150	> 300	

Figura 21. Valores del Índice Calidad del aire para SO<sub>2</sub>

Material particulado (SO <sub>2</sub> ) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0 - 10	I(PM10)= [ ]PM10 *100/20
51-100	11 - 20	
101-625	21 - 500	
>625	> 500	

Figura 22. Valores del Índice Calidad del aire para CO

Material particulado (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0 - 5049	I(PM10)= [ ]PM10 *100/10000
51-100	5050 - 10049	
101-150	10500 - 15049	
>150	> 15049	

Figura 23. Valores del Índice Calidad del aire para H<sub>2</sub>S

Material particulado (H <sub>2</sub> S) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0 - 75	I(PM10)= [ ]PM10 *100/150
51-100	76 - 150	
101-1000	151 - 1500	
>1000	> 1500	

### 3.3.7. Resultados del Monitoreo de calidad de aire

Tabla 21. Resultados de los Parámetros de Calidad de Aire de PT-01

ESTACIÓN DE MONITOREO				PT-01 (BARLOVENTO)		
Parámetro	Fecha de Muestreo Inicial	Hora de Muestreo Inicial	Fecha de Muestreo Final	Hora de Muestreo Final	Resultado µg/m <sup>3</sup>	Límite Permissible µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub> Alto Volumen	15/12/2016	8:30	16/12/2016	8:30	41.16	150
PM <sub>2.5</sub> Bajo Volumen	15/12/2016	8:30	16/12/2016	8:30	22.97	25
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	15/12/2016	8:30	15/12/2016	9:30	24.3	200
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	15/12/2016	8:30	16/12/2016	8:30	< 13.5	20
Monóxido de Carbono (CO)	15/12/2016	8:30	15/12/2016	16:30	< 650	10000
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	15/12/2016	8:30	16/12/2016	8:30	< 4.5	150

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Resultados de los Parámetros de Calidad de Aire de PT-02

ESTACIÓN DE MONITOREO				PT-02 (SOTAVENTO)		
Parámetro	Fecha de Muestreo Inicial	Hora de Muestreo Inicial	Fecha de Muestreo Final	Hora de Muestreo Final	Resultado $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite Permisible $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM<sub>10</sub> Alto Volumen</b>	15/12/2016	9:00	16/12/2016	9:00	45.8	150
<b>PM<sub>2.5</sub> Bajo Volumen</b>	15/12/2016	9:00	16/12/2016	9:00	20.42	25
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	15/12/2016	9:00	15/12/2016	10:00	44.53	200
<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	15/12/2016	9:00	16/12/2016	9:00	< 13.5	20
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	15/12/2016	9:00	15/12/2016	15:00	< 650	10000
<b>Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</b>	15/12/2016	9:00	16/12/2016	9:00	< 4.5	150

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Resultados de los Parámetros de Calidad de Aire de RS-01

ESTACIÓN DE MONITOREO				RS-01 (BARLOVENTO)		
Parámetro	Fecha de Muestreo Inicial	Hora de Muestreo Inicial	Fecha de Muestreo Final	Hora de Muestreo Final	Resultado $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite Permisible $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM<sub>10</sub> Alto Volumen</b>	16/12/2016	8:30	17/12/2016	8:30	39.33	150
<b>PM<sub>2.5</sub> Bajo Volumen</b>	16/12/2016	8:30	17/12/2016	8:30	20.79	25
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	16/12/2016	8:30	17/12/2016	9:30	8.13	200
<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	16/12/2016	8:30	17/12/2016	8:30	< 13.5	20
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	16/12/2016	8:30	17/12/2016	16:30	< 650	10000
<b>Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</b>	16/12/2016	8:30	17/12/2016	8:30	< 4.5	150

Fuente: Elaboración propia.

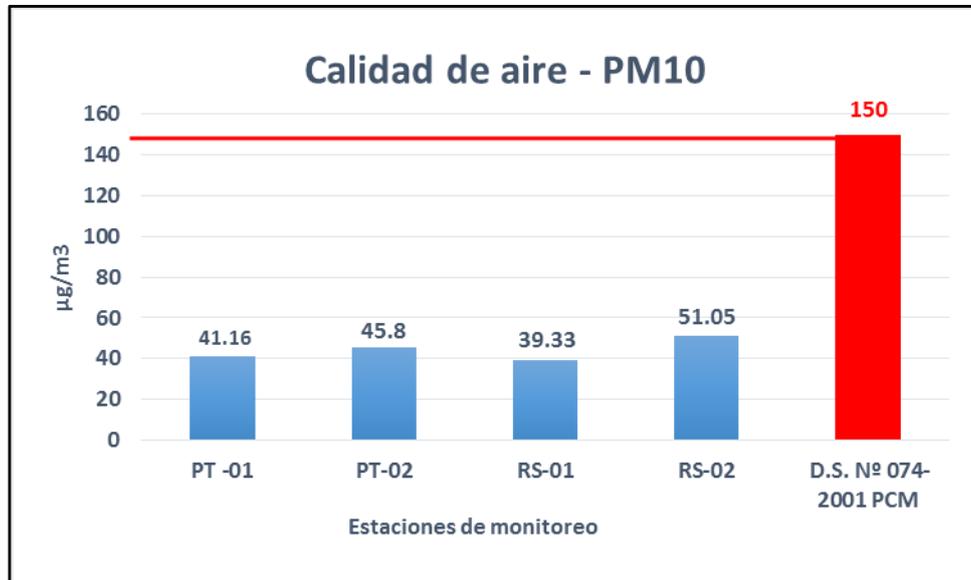
Tabla 24. Resultados de los Parámetros de Calidad de Aire de RS-02

ESTACIÓN DE MONITOREO				RS-02 (SOTAVENTO)		
Parámetro	Fecha de Muestreo Inicial	Hora de Muestreo Inicial	Fecha de Muestreo Final	Hora de Muestreo Final	Resultado $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite Permisible $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM<sub>10</sub> Alto Volumen</b>	16/12/2016	9:00	17/12/2016	9:00	51.05	150
<b>PM<sub>2.5</sub> Bajo Volumen</b>	16/12/2016	9:00	17/12/2016	9:00	21.88	25
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	16/12/2016	9:00	17/12/2016	10:00	71.17	200
<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	16/12/2016	9:00	17/12/2016	9:00	< 13.5	20
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	16/12/2016	9:00	17/12/2016	15:00	< 650	10000
<b>Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</b>	16/12/2016	9:00	17/12/2016	9:00	< 4.5	150

Fuente: Elaboración propia.

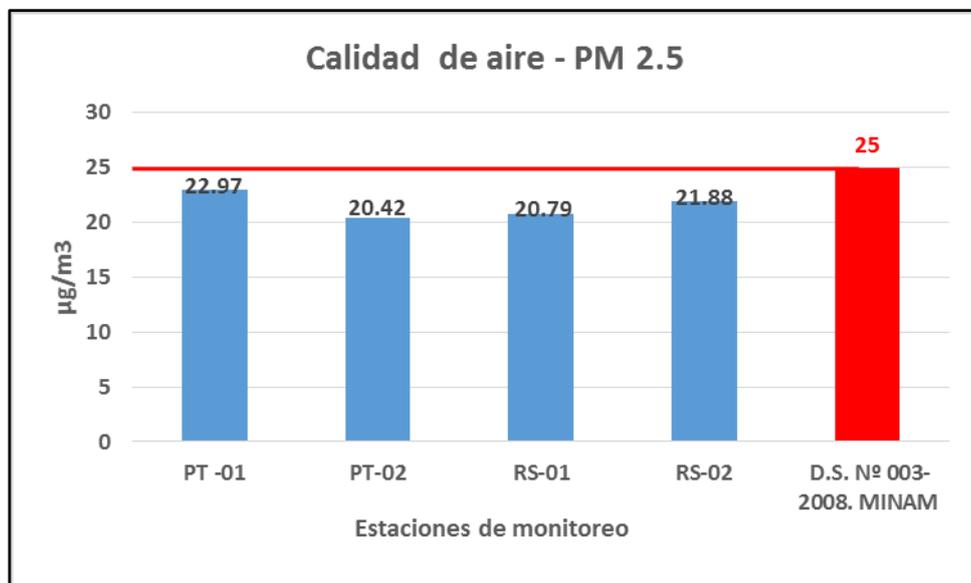
### 3.3.8. Gráficos de los resultados de los parámetros de calidad de aire

Figura 24. Resultados material particulado (PM<sub>10</sub>)



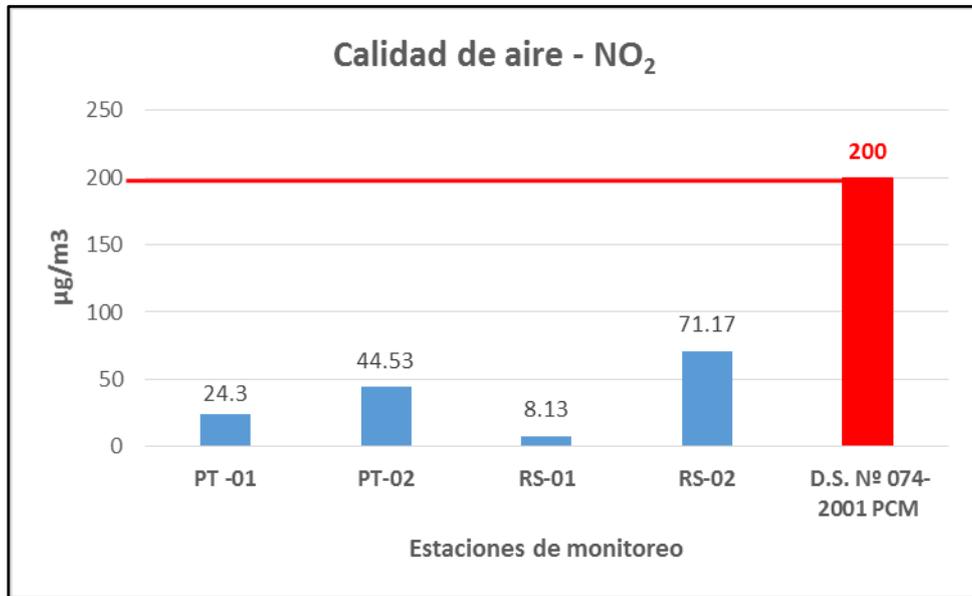
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Resultados material particulado (PM<sub>2.5</sub>)



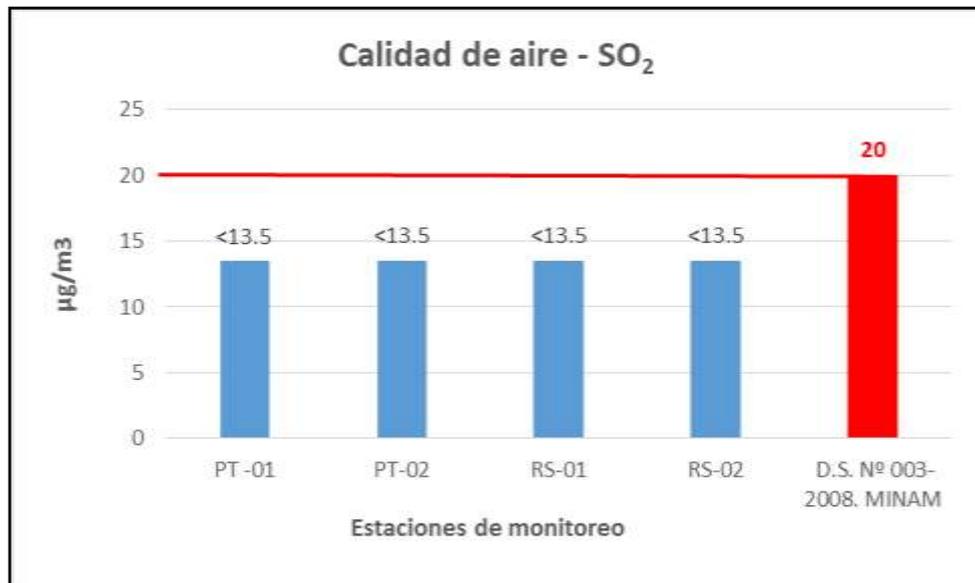
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Resultados del Dióxido de Nitrógeno



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Resultados del Dióxido de Azufre



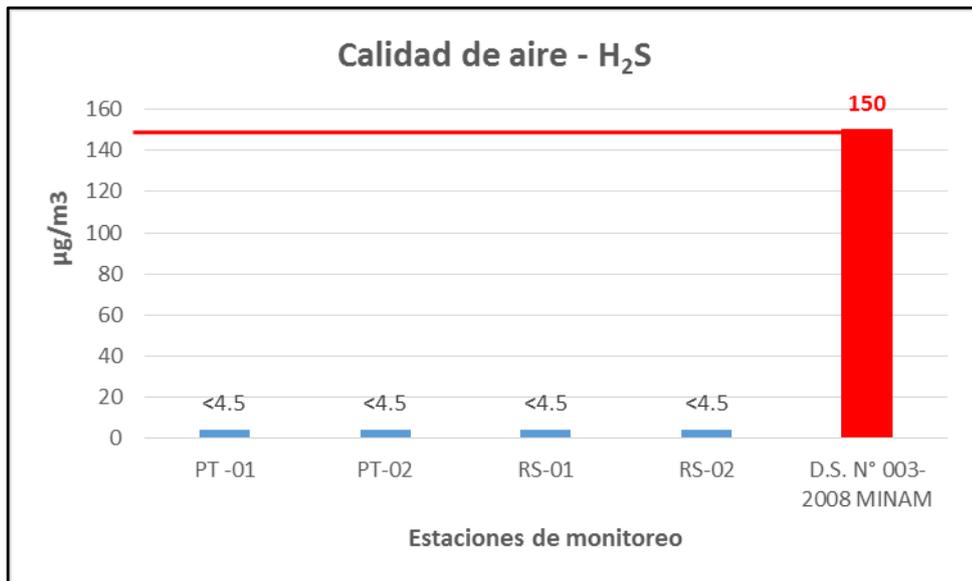
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Resultados del Monóxido de Carbono



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Resultados del Sulfuro de Hidrógeno



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.9. Análisis de resultados de Calidad de Aire

- ✓ En el gráfico para el  $PM_{10}$  observamos que las concentraciones para 24 horas, presentadas en las estaciones PT – 01 ( $41.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PT – 02 ( $45.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RS – 01 ( $39.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RS – 02 ( $51.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) están por debajo del estándar de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM
  
- ✓ En el gráfico para el  $PM_{2.5}$  observamos que las concentraciones para 24 horas, presentadas en las estaciones PT – 01 ( $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PT – 02 ( $20.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RS – 01 ( $20.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RS – 02 ( $21.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) están por debajo del estándar de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el D.S. 003-2008-MINAM. Las concentraciones en los cuatro puntos de monitoreo estuvieron cerca del límite establecido por el ECA, esto se explica por el constante flujo vehicular que produce levantamiento de polvo, también el uso constante de maquinaria pesada para el traslado, coberturado y confinamiento de residuos.
  
- ✓ En el gráfico para el  $NO_2$  observamos que las concentraciones para una hora, presentadas en las estaciones PT – 01 ( $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), PT – 02 ( $44.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RS – 01 ( $8.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), RS – 02 ( $71.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), están por debajo del estándar de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el D.S. N° 074-2001 PCM.
  
- ✓ Respecto a la medición del  $SO_2$  observamos que las concentraciones para 24 horas presentadas en las cuatro estaciones se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación ( $<13.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y por lo tanto, por debajo del Estándar de Calidad Ambiental señalado en el D.S. 003-2008- MINAM ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

- ✓ Para el CO observamos que las concentraciones para 8 horas presentadas en las cuatro estaciones se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación ( $<650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y por lo tanto, muy por debajo del Estándar de Calidad Ambiental señalado en el D.S. 074-2001-PCM ( $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
  
- ✓ En el gráfico para el  $\text{H}_2\text{S}$  observamos que las concentraciones para 24 horas, presentadas en las cuatro estaciones se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación ( $< 4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y por lo tanto, muy por debajo del Estándar de Calidad Ambiental señalado en el D.S. 003-2008- MINAM ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## CONCLUSIONES

- Los concentraciones halladas para el parámetro  $PM_{10}$  en los cuatro puntos de monitoreo están en el rango de  $39.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $51.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no sobrepasando lo establecido en el ECA D.S. N° 074-2001-PCM. El índice de calidad de aire para este parámetro tiene una calificación de buena no representando riesgo para la salud
- Los concentraciones halladas para el parámetro  $PM_{2.5}$  en los cuatro puntos de monitoreo están en el rango de  $20.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no sobrepasando lo establecido en el ECA D.S. 003-2008-MINAM. El índice de calidad de aire para este parámetro tiene una calificación de moderada representando riesgo de salud para personas sensibles
- Los concentraciones halladas para el parámetro  $NO_2$  en los cuatro puntos de monitoreo están en el rango de  $8.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $71.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no sobrepasando lo establecido en el ECA D.S. N° 074-2001-PCM. El índice de calidad de aire para este parámetro tiene una calificación de buena no representando riesgo para la salud
- Los concentraciones halladas para el parámetro  $SO_2$  en los cuatro puntos de monitoreo se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación ( $<13.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no sobrepasando lo establecido en el ECA D.S. 003-2008-MINAM. El índice de calidad de aire para este parámetro tiene una calificación de buena no representando riesgo para la salud

- Los concentraciones halladas para el parámetro CO en los cuatro puntos de monitoreo se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación ( $<650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no sobrepasando lo establecido en el ECA D.S. N° 074-2001-PCM. El índice de calidad de aire para este parámetro tiene una calificación de buena no representando riesgo para la salud
  
- Los concentraciones halladas para el parámetro H<sub>2</sub>S en los cuatro puntos de monitoreo se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación ( $<4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no sobrepasando lo establecido en el ECA D.S. 003-2008-MINAM. El índice de calidad de aire para este parámetro tiene una calificación de buena no representando riesgo para la salud

## RECOMENDACIONES

- Realizar los próximos monitoreos de Calidad de aire, evaluando los mismos parámetros analizados en las mismas estaciones de monitoreo.
- Realizar comparaciones de los resultados obtenidos en el presente informe con los resultados de los posteriores Monitoreos de calidad de aire, con el fin de observar alguna variación de las concentraciones que sobrepasen los ECA's establecidos por la normativa nacional.
- Elaborar una base de datos en cuanto a los valores de concentración de los gases y material particulado analizados, de esta manera los datos obtenidos podrán ser utilizados en modelos de dispersión de contaminantes, que son usados para tener una representación más completa y precisa de la realidad.
- Realizar el mantenimiento preventivo y las inspecciones técnicas de las unidades vehiculares utilizados para el transporte de residuos sólidos y traslado de material para confinamiento
- Vigilar y garantizar el uso de EPPs adecuados por parte del personal incluyendo máscaras respiratorias para polvo PM<sub>2.5</sub>.
- Realizar la humidificación de la carretera afirmada de tránsito vehicular para evitar el levantamiento de polvo

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. L. (2015). *Variación temporal de las concentraciones del PM10 y su interacción con los factores meteorológicos en el distrito de ATE en el periodo 2010-2014*. Lima, Colombia.
- ASEGRE - Asociación de Empresas Gestoras de Residuos y Recursos Especiales. (2010). *Protocolo para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en actividades de gestión de residuos*. Madrid: Fundación Biodiversidad.
- Cazco Castelli, L. F. (2011). *Mitigación de la contaminación del aire por material particulado y gases de combustión de automotores en el Centro Comercial de Riobamba*. Riobamba, Ecuador: Tesis de Postgrado.
- Charres, F. I., & Gonzales, M. (2016). *Evaluación de la calidad del aire en el municipio de Suesca*. Bogotá, Colombia: Tesis de pregrado.
- Consellería Medio Ambiente e Ordenación do Territorio. (2002). *Meteogalicia*. Obtenido de <http://www.meteogalicia.gal/Caire/coCaire.action>
- DIGESA. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos*. Lima.
- Dirección General de Electrificación Rural (DGER) - MEM del Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2008). *Atlas Eólico del Perú*.
- ECO – MAPPING S.A.C. (2017). *Informe Monitoreo Ambiental en la Planta Santa Clara Ilender Perú S.A.* Lima.
- Fundación Labein. (2005). *Guía técnica para la medición, estimación y cálculos de las emisiones de aire*. Euskadi: IHOBE.
- Gomez, R. M., & Filigrana, P. A. (2008). Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. *Colombia Médica*, 246.
- Herrera Díaz, S. C. (2011). *Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión PM10 del medio atmosférico urbano en segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú*. Moyobamba: Tesis de Postgrado. Obtenido de [www.calalberche.org/t15/page2.asp?id=82765&rf=24&rt=2](http://www.calalberche.org/t15/page2.asp?id=82765&rf=24&rt=2)
- Instituto Nacional de Ecología. (s.f.). *Manual 1 Principios de Medición de la Calidad del Aire*. Obtenido de <http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
- Loustaunau, M. (2014). *Aspectos e Impactos Ambientales*. <http://www.fing.edu.uy/iq/cursos/proyectoindustrial/A&IA.pdf>.

- MINAM. (2012). *Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental*. Lima, Perú.
- MINAM. (2014). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*. Lima.
- Montero Lopez, C. (25 de Agosto de 2016). *Pronóstico de la calidad del aire en el área metropolitana de la ciudad de México a través del análisis de las series de tiempo de los componentes del IMECA*. Mexico D.F: Tesis de Postgrado. Obtenido de <http://aplanus.blogspot.pe/2009/07/el-impacto-ambiental-de-las-bolsas-de.html>
- Moreano, B. D. (2012). *Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM<sub>10</sub> y CO*. Lima: Tesis pregrado.
- Protocolo de Reporte de Proyectos en Rellenos Sanitarios en México . (2009). Mexico.
- Romero, P. M. (2004). *Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad de edad, de La Habana*. Mexico: Salud pública Méx vol.46 No.3.
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. (2010). *Compendio de estadísticas ambientales SNIARN*. Obtenido de <http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/>
- Sotomayor Torres, A. E., & Marín Vallejos, G. M. (2010). *Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido [de] azufre en el aire de Lima Metropolitana*. Lima: Tesis de Pregrado. Obtenido de [www.tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/sequia/p-cap13.html](http://www.tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/sequia/p-cap13.html)

ANEXOS

FICHA DE CALIDAD DE AIRE					
<b>Lugar:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD "HUATIQUMER"				
<b>Proyecto:</b>	Monitoreo de Calidad de Aire , diciembre 2016.				
UBICACIÓN					
<b>Distrito</b> Chincha Alta  <b>Provincia</b> Chincha  <b>Departamento</b> Ica	<b>Codigo punto de muestreo</b>	PT-01	<b>Clase de punto</b>	<input type="checkbox"/> Emisor <input type="checkbox"/> Receptor <input checked="" type="checkbox"/> Control	
			<b>Tipo de muestra</b>	<input type="checkbox"/> Liquido <input type="checkbox"/> Solido <input checked="" type="checkbox"/> Gaseoso	
	<b>Descripcion del punto</b>	Ingreso a la planta de tratamiento de Residuos Solidos			
	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte</b>	8524072	<b>Altitud (msnm):</b>	
	<b>Este</b>	385518			
	<b>UTM WGS 84</b>	<b>Zona</b>	18 L		
					

FICHA DE CALIDAD DE AIRE						
<b>Lugar:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD "HUATIQUMER"					
<b>Proyecto:</b>	Monitoreo de Calidad de Aire , diciembre 2016.					
UBICACIÓN						
<b>Distrito</b> Chincha Alta  <b>Provincia</b> Chincha  <b>Departamento</b> Ica	<b>Codigo punto de muestreo</b>	<b>PT-02</b>	<b>Clase de punto</b>	<input type="checkbox"/> Emisor <input type="checkbox"/> Receptor <input checked="" type="checkbox"/> Control		
			<b>Tipo de muestra</b>	<input type="checkbox"/> Liquido <input type="checkbox"/> Solido <input checked="" type="checkbox"/> Gaseoso		
	<b>Descripcion del punto</b>	Al frente de las pozas pasando la planta de tratamiento de aceites usados				
	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte</b>	8524244	<b>Altitud (msnm):</b>		477
	<b>Este</b>	386246				
<b>UTM WGS 84</b>	<b>Zona</b>	18 L				
						

FICHA DE CALIDAD DE AIRE					
<b>Lugar:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD "HUATIQUMER"				
<b>Proyecto:</b>	Monitoreo de Calidad de Aire , diciembre 2016.				
UBICACIÓN					
<b>Distrito</b> Chincha Alta  <b>Provincia</b> Chincha  <b>Departamento</b> Ica	<b>Codigo punto de muestreo</b>	RS-01	<b>Clase de punto</b>	<input type="checkbox"/> Emisor <input type="checkbox"/> Receptor <input checked="" type="checkbox"/> Control	
			<b>Tipo de muestra</b>	<input type="checkbox"/> Liquido <input type="checkbox"/> Solido <input checked="" type="checkbox"/> Gaseoso	
	<b>Descripcion del punto</b>	Ingreso al relleno de seguridad			
	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte</b>	8524282	<b>Altitud (msnm):</b>	
	<b>Este</b>	386901			
	<b>UTM WGS 84</b>	<b>Zona</b>	18 L		



FICHA DE CALIDAD DE AIRE					
<b>Lugar:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y RELLENO DE SEGURIDAD "HUATIQUMER"				
<b>Proyecto:</b>	Monitoreo de Calidad de Aire , diciembre 2016.				
UBICACIÓN					
<b>Distrito</b> Chincha Alta	<b>Codigo punto de muestreo</b>	RS-02	<b>Clase de punto</b>	<input type="checkbox"/> Emisor <input type="checkbox"/> Receptor <input checked="" type="checkbox"/> Control	
<b>Provincia</b> Chincha			<b>Tipo de muestra</b>	<input type="checkbox"/> Liquido <input type="checkbox"/> Solido <input checked="" type="checkbox"/> Gaseoso	
<b>Departamento</b> Ica	<b>Descripcion del punto</b>	Salida del relleno de seguridad			
	<b>Coordenadas</b>	<b>Norte</b>	8524316	<b>Altitud (msnm):</b>	518
		<b>Este</b>	387210		
	<b>UTM WGS 84</b>	<b>Zona</b>	18 L		



### CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES

ESTACION	PT - 1	PT - 2	RS - 1	RS - 2
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>				
Tipo de Filtro	Fibra de Cuarzo	Fibra de Cuarzo	Fibra de Cuarzo	Fibra de Cuarzo
<b>Diferencia de Peso (g)</b>	<b>0.0679</b>	<b>0.0756</b>	<b>0.0645</b>	<b>0.0838</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				
Fecha de Muestreo	15-12-16	15-12-16	16-12-16	16-12-16
Minutos Muestreados (T,min)	1440	1440	1440	1440
Presión Barométrica (bar.)	1.0293	1.0293	1.0245	1.0245
Temperatura Promedio del Día (°C)	21.0	21.0	21.3	21.3
Régimen de Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /min)	1.113	1.113	1.113	1.113
<b>CALCULOS DE FLUJO Y VOLUMEN</b>				
Temperatura (Temp.K)	294.0	294.0	294.3	294.3
Volúmen de Aire Muestreado (m <sup>3</sup> )	1602.72	1602.72	1602.72	1602.72
Volúmen Estándar (m <sup>3</sup> )	1650.258	1650.258	1640.888	1640.888
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>41.16</b>	<b>45.8</b>	<b>39.33</b>	<b>51.05</b>

ESTACION	PT - 1	PT - 2	RS - 1	RS - 2
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>				
Tipo de Filtro	Fibra de Cuarzo	Fibra de Cuarzo	Fibra de Cuarzo	Fibra de Cuarzo
<b>Diferencia de Peso (g)</b>	<b>0.0379</b>	<b>0.0337</b>	<b>0.0341</b>	<b>0.0359</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				
Fecha de Muestreo	15-12-16	15-12-16	16-12-16	16-12-16
Minutos Muestreados (T,min)	1440	1440	1440	1440
Presión Barométrica (bar.)	1.0293	1.0293	1.0245	1.0245
Temperatura Promedio del Día (°C)	21.0	21.0	21.3	21.3
Régimen de Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /min)	1.113	1.113	1.113	1.113
<b>CALCULOS DE FLUJO Y VOLUMEN</b>				
Temperatura (Temp.K)	294.0	294.0	294.3	294.3
Volúmen de Aire Muestreado (m <sup>3</sup> )	1602.72	1602.72	1602.72	1602.72
Volúmen Estándar (m <sup>3</sup> )	1650.258	1650.258	1640.888	1640.888
<b>CONCENTRACION</b>				
<b>PM2.5 (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>22.97</b>	<b>20.42</b>	<b>20.79</b>	<b>21.88</b>

ESTACION	PT - 1	PT - 2	RS - 1	RS - 2
<b>RESULTADO LAB. CO (<math>\mu\text{g}/\text{muestra}</math>)</b>	131.00	149.00	152.00	142.00
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				
Fecha de Muestreo	15-12-16	15-12-16	16-12-16	16-12-16
Minutos Muestreados (T,min)	480	480	480	480
Presión Barométrica (bar.)	1.0293	1.0293	1.0245	1.0245
Temperatura Promedio del Día ( $^{\circ}\text{C}$ )	21.0	21.0	21.3	21.3
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
<b>CALCULOS DE FLUJO Y VOLUMEN</b>				
Temperatura (Temp.K)	294.0	294.0	294.3	294.3
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	0.240	0.240	0.240	0.240
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	0.2471	0.2471	0.2457	0.2457
<b>CONCENTRACION</b>				
<b>CO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>&lt;650</b>	<b>&lt;650</b>	<b>&lt;650</b>	<b>&lt;650</b>

ESTACION	PT - 1	PT - 2	RS - 1	RS - 2
<b>RESULTADO LAB. NO<sub>2</sub></b> <b>(µg/muestra)</b>	0.6	1.1	0.2	1.8
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				
Fecha de Muestreo	15-12-16	15-12-16	16-12-16	16-12-16
Minutos Muestreados (T,min)	60	60	60	60
Presión Barométrica (bar.)	1.0293	1.0293	1.0245	1.0245
Temperatura Promedio del día (°C)	21.0	21.0	21.3	21.3
Régimen de Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /min)	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
<b>CALCULOS DE FLUJO Y VOLUMEN</b>				
Temperatura (Temp.K)	294.0	294.0	294.3	294.3
Volúmen de Aire Muestreado (m <sup>3</sup> )	0.024	00.24	0.024	0.024
Volúmen Estándar (m <sup>3</sup> )	0.0247	0.0247	0.0246	0.0246
<b>CONCENTRACION</b>				
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>24.29</b>	<b>44.53</b>	<b>8.13</b>	<b>73.17</b>

ESTACION	PT - 1	PT - 2	RS - 1	RS - 2
<b>RESULTADO LAB. SO<sub>2</sub></b> <b>(µg/muestra)</b>	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				
Fecha de Muestreo	15-12-16	15-12-16	16-12-16	16-12-16
Minutos Muestreados (T,min)	1440	1440	1440	1440
Presión Barométrica (bar.)	1.0293	1.0293	1.0245	1.0245
Temperatura Promedio del Día (°C)	21.0	21.0	21.3	21.3
Régimen de Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /min)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
<b>CALCULOS DE FLUJO Y VOLUMEN</b>				
Temperatura (Temp.K)	294.0	294.0	294.3	294.3
Volúmen de Aire Muestreado (m <sup>3</sup> )	0.288	0.288	0.288	0.288
Volúmen Estándar (m <sup>3</sup> )	0.297	0.297	0.295	0.295
<b>CONCENTRACION</b>				
<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>&lt;13.5</b>	<b>&lt;13.5</b>	<b>&lt;13.5</b>	<b>&lt;13.5</b>

ESTACION	PT - 1	PT - 2	RS - 1	RS - 2
<b>RESULTADO LAB. H<sub>2</sub>S (µg/muestra)</b>	<1.30	<1.30	<1.30	<1.30
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>				
Fecha de Muestreo	15-12-16	15-12-16	16-12-16	16-12-16
Minutos Muestreados (T,min)	1440	1440	1440	1440
Presión Barométrica (bar.)	1.0293	1.0293	1.0245	1.0245
Temperatura Promedio del Día (°C)	21.0	21.0	21.3	21.3
Régimen de Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /min)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
<b>CALCULOS DE FLUJO Y VOLUMEN</b>				
Temperatura (Temp.K)	294.0	294.0	294.3	294.3
Volúmen de Aire Muestreado (m <sup>3</sup> )	0.288	0.288	0.288	0.288
Volúmen Estándar (m <sup>3</sup> )	0.297	0.297	0.295	0.295
<b>CONCENTRACION</b>				
<b>H<sub>2</sub>S (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>&lt;4.5</b>	<b>&lt;4.5</b>	<b>&lt;4.5</b>	<b>&lt;4.5</b>



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° 02-1902

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1318782

Página 1 de 6

A solicitud de:	TOWER AND TOWER S.A.		
Dirección:	AV. MARTIR OLAYA N2. GLT. 10 URB. SANTA GENEVEVA		
Solicitud de Ensayo:	ENW / LB-330489-015	Cantidad Muestras:	24
Muestreo realizado por:	GREEN ENVIRONMENT S.A.C.	Fecha de Recepción a SGS:	17-12-2016 12:20
Procedencia:	CHINCHA - ICA		

Análisis	Método
Dióxido de Nitrógeno	SGS-ENVIDIV-ME-13 : 2013 Rev. 01 - Determinación del Dióxido de Nitrógeno en calidad de aire (Método del arsenito de sodio).
Monóxido de Carbono	SGS-ENVIDIV-ME-15 : 2012; Rev.01 - Determinación de Monóxido Carbono en calidad de aire (Validado).
Sulfuro de Hidrógeno	SGS-ENVIDIV-ME-17 : 2012; Rev. 01 - Determinación de Sulfuro de Hidrógeno en calidad de aire (Validado).
HCT Expresado como Hexano	SGS-ENVIDIV-ME-18 2011 R00 Determinación de Hidrocarburos Totales (HT) Expresados como Hexano
Dióxido de Azufre	SGS-ENVIDIV-ME-20 : 2012; Rev. 02 - Determinación de Dióxido de Azufre, EPA 40 CFR PART 50 APPENDIX A-2 : 2010 Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosanilina Method) (Validado).
Determinación de Peso: Filtros PM2.5 Alto Volumen	SGS-ENVIDIV-ME-21 : 2012; Rev. 02 - Pesaje de filtro, Basado en EPA CFR 40 Appendix J to Part 50 : 1990 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere (Validado).
Determinación de Peso: Filtros PM10 Alto Volumen	SGS-ENVIDIV-ME-21 : 2012; Rev. 02 - Pesaje de filtro, Basado en EPA CFR 40 Appendix J to Part 50 : 1990 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere (Validado).

**Gloria A. Huaman Maco**  
CQP 691  
Analista Senior

Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.  
Los resultados mencionados en este documento provienen de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.  
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del protocolo o del lote cometido a análisis, no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
SGS Laboratorios Callao está acreditado por INDECOPI conforme a los requisitos de NTP-ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, en cual se puede encontrar en [www.indeco.gob.pe](http://www.indeco.gob.pe)  
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.com/latam>, así, condiciones han sido especialmente enuncian las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de honorarios y jurisdicción definidos en las Condiciones Generales de Servicio.  
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía sobre el momento de su emisión y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no emite a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.  
Cualquier modificación no autorizada, fraudulenta o no, del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.  
Resolución de disputas: en la Ciudad de Lima, Perú, se aplican las Condiciones Generales de Servicio de SGS, con los cambios que se han registrado, y con arreglo a lo establecido en las Condiciones Generales de Servicio, se aplicará el arbitraje por este contrato, se registró y será interpretado de acuerdo con la ley peruana de Perú, excluyendo cualquier interpretación legal con respecto a los conflictos de leyes y su resolución finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, para uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

SGS del Perú S.A.C. | Av. César Faucett 3348 - Callao | t (51-1) 517 1000 f (51-1) 575 4005 [www.sgs.com](http://www.sgs.com)

Última revisión: Abril 2010

Miembro del Grupo SGS (Grupo Global de Servicios)

COO 310

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL

MA1318782

Página 2 de 6

Matriz	FILTRO PH20 A.V.	FILTRO PH2.5 A.V.	SOL. CAPTADORA TCH	ARE	ARE
Producto descrito como	CALIDAD DE ARE	CALIDAD DE ARE	CALIDAD DE ARE - SECADO	ARE	ARE
Identificación de Muestra			DE AZÚCAR		
Fecha de Muestreo	PH-01	PH-01	PH-01	PH-01	PH-01
	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30
	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30
L.D.					
Determinación de Peso: Filtro PH20 Are	1	875	-	-	-
Volúmen (mg/100g)	-	-	-	-	-
Determinación de Peso: Filtro PH25 Are	1	-	375	-	-
Volúmen (mg/100g)	-	-	-	-	-
Dóxico de Azufre (g/muestra)	4	-	-	44	-
Dóxico de Nitrógeno (g/muestra)	0.1	-	-	-	-
Humedad de Carbono (g/muestra)	80	-	-	-	131 *
Sulfuro de hidrógeno (g/muestra)	1.3	-	-	<1.3 *	-
L.D.					
Matriz	ARE	FILTRO PH20 A.V.	FILTRO PH2.5 A.V.	SOL. CAPTADORA TCH	ARE
Producto descrito como	ARE	CALIDAD DE ARE	CALIDAD DE ARE	CALIDAD DE ARE - SECADO	ARE
Identificación de Muestra				DE AZÚCAR	
Fecha de Muestreo	PH-01	PH-01	PH-01	PH-01	PH-01
	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30	15-12-2016 08:30
	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30
L.D.					
Determinación de Peso: Filtro PH20 Are	1	-	750	-	-
Volúmen (mg/100g)	-	-	-	-	-
Determinación de Peso: Filtro PH25 Are	1	-	-	127	-
Volúmen (mg/100g)	-	-	-	-	-
Dóxico de Azufre (g/muestra)	4	-	-	-	44
Dóxico de Nitrógeno (g/muestra)	0.1	0.6 *	-	-	-
Humedad de Carbono (g/muestra)	80	-	-	-	-
Sulfuro de hidrógeno (g/muestra)	1.3	-	-	-	<1.3 *

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(\*) El número indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento provienen de muestras proporcionadas por el cliente y por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del protocolo de éste cometido a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra muestra que no haya sido analizada.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una verificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en [www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página [http://www.sgs.com/central\\_america](http://www.sgs.com/central_america), un idioma. Sin embargo, especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía sólo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento, así como a las partes de una transacción de bienes, todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción. Cualquier modificación no autorizada. Falsos o falsificación del contenido de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo señalado en la Cláusula II de los Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se resolverán según lo establecido en el artículo 17 de la Ley Substitutivo de Ley, resolviendo cualquier discrepancia según con respecto a los conflictos de ley y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**  
**MA1318782**

Muestra Producto descrito como Identificación de Muestra Fecha de Muestreo	SGS CERTIFICADA TCR	AOE	AOE	AOE
	CALEDO (P. AOE) - 100000 DE AGRIPE	AOE	AOE	AOE
	69-02	69-02	69-02	69-02
	15-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30	16-12-2016 08:30
	17-12-2016 08:30	17-12-2016 08:30	16-12-2016 16:30	16-12-2016 09:30
	L.D.			
Determinación de Peso Fibras PMS Alto	1	--	--	--
Volumen (mg/fibra)	1	--	--	--
Determinación de Peso Fibras PMS Bajo	1	--	--	--
Volumen (mg/fibra)	1	--	--	--
Déficit de Nitrógeno (g/muestra)	4	04	--	--
Déficit de Hidrógeno (g/muestra)	0.1	--	--	1.8 *
Residuo de Carbono (g/muestra)	00	--	0.2 *	--
Sufuro de Hidrógeno (g/muestra)	1.3	--	<1.3 *	--

**NOTAS:**

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.  
(\* ) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento puede ser reproducido total o parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento provienen de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable de origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo solo es válido para la muestra del producto o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorio Ceballos es acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en [www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.com/boas>, así como en el momento de la transacción o en cualquier otro momento de su preferencia.

La información a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleje los hallazgos de la Competencia al momento de la información y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no es ni a los partes de una transacción de ajuste sobre sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resoldarán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Financiero e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con las reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1318782

Control de Calidad

MR: Error del proceso.  
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.  
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra edicionada.  
Dup %RPD: Porcentaje de derivación relativa entre los duplicados del proceso.

**Dióxido de Nitrógeno** Método: SGS-ENV/4E-13: 2013 Rev. 01 - Determinación del Dióxido de Nitrógeno en calidad de aire (Método de absorción de sodio).

Parámetro	Unidad	LD	MR	LCS %Recovery
Dióxido de Nitrógeno	ug/muestra	0.1	<0.1	95%

**Monóxido de Carbono** Método: SGS-ENV/4E-13: 2013 Rev. 01 - Determinación de Monóxido Carbono en calidad de aire (Válidado)

Parámetro	Unidad	LD	MR	Dup %RPD	LCS %Recovery
Monóxido de Carbono	ug/muestra	80	<80	0%	90%

**HCT Expresso como Hexano** Método: SGS-ENV/4E-18:2011 R00 Determinación de Hidrocarburos Totales (HT) Expresso como Hexano

Parámetro	Unidad	LD	MR	LCS %Recovery
Hidrocarburos Totales (HT) Expresso como Hexano	ug/muestra	0.1	<0.1	92%

**Determinación de Peso: Filtros PM10 Alto Volumen** Método: SGS-ENV/4E-21: 2013; Rev. 02 - Pesaje de filtro. Basado en EPA CFR 40 Appendix J to Part 50 - 1980 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere (Válidado).

Parámetro	Unidad	LD	Dup %RPD	LCS %Recovery
Determinación de Peso: Filtros PM10 Alto Volumen	mg/filtro	1	0%	100%

**Determinación de Peso: Filtros PM2.5 Alto Volumen** Método: SGS-ENV/4E-21: 2013; Rev. 02 - Pesaje de filtro. Basado en EPA CFR 40 Appendix J to Part 50 - 1980 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere (Válidado).

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.  
(\* ) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento provienen de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra de producción de las sometida a análisis, no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorio Celso está acreditado por INDECOPI conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en [www.indeco.gov.pe](http://www.indeco.gov.pe).

Este instrumento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página [www.sgs.com/term\\_and\\_conditions.htm](http://www.sgs.com/term_and_conditions.htm). Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, según las indicaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja las hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las indicaciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía no incrementa responsabilidad sobre el Cliente y este documento no forma parte de una transacción de especie alguna y sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen, y que tengan relación con las Relaciones Contractuales registradas por este contrato, se resolverán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de ley y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro Arbitral Nacional de Resolución de Litigios, por ser el más apropiado para la resolución de estos conflictos. El Arbitraje tendrá lugar en Lima, Perú y será en el idioma español.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI – SNA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE-002

Página 6 de 6

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1318782

Parámetro	Unidad	LB	DR % (UMPO)	LCS % (Requerido)
Determinación de Peso: Filtros PPG3 Alto Volumen	mg/litro	1	0%	100%

Dióxido de Azufre

Método : SGS-ENV/IV-ME-05 : 2012; Rev. 02 - Determinación de Dióxido de Azufre, EPA 40 CFR PART 20 APPENDIX A-2 : 2010, Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Parsocyanine Method) (Válida)

Parámetro	Unidad	LB	MS	DR % (UMPO)	LCS % (Requerido)
Dióxido de Azufre	ug/muestras	4	<4	0%	91 - 100%

Sulfuro de Hidrógeno

Método : SGS-ENV/IV-ME-27 : 2012; Rev. 01 - Determinación de Sulfuro de Hidrógeno en calidad de aire (Válida)

Parámetro	Unidad	LB	MS	DR % (UMPO)	LCS % (Requerido)
Sulfuro de hidrógeno	ug/muestras	1.3	<1.3	0%	100%

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

(\* ) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del mismo. La compañía es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra o el protocolo del que se sometió a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorio Callao está acreditado por el INDECOPI-SNA con el número de registro N° LE-002 para el método que aparece en este informe de ensayo, en el ámbito de acreditación, el cual se puede consultar en [www.indecopei.gob.pe](http://www.indecopei.gob.pe)

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden consultarse en la página [http://www.sgs.com/forma\\_servicio.html](http://www.sgs.com/forma_servicio.html). Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnización y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se esfuerza a cualquier persona que tenga un problema con el resultado, que el contacto del mismo, sobre las fallas de la Compañía en la ejecución de los servicios y el control de los límites de las instalaciones del Cliente, al haberse agotado. La Compañía se compromete a proporcionar al Cliente y a sus partes interesadas, un servicio de atención al cliente y a las partes interesadas en virtud de los compromisos de la organización.

Consultar el certificado de acreditación, basado en la norma ISO 17025, en el sitio web [www.sgs.com](http://www.sgs.com) y los resultados pueden ser consultados en el sitio web [www.sgs.com](http://www.sgs.com).

Reservados los derechos en la Clasificación de los Clientes en General de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que surjan directamente, de los servicios Contratados regulados por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Disputas de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con dicho reglamento. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

SGS del Perú S.A.C. | Av. Eimar Fauratt 3348 - Callao 1 | (51-1) 517 1900 | (51-1) 575 4085 | [www.pe.sgs.com](http://www.pe.sgs.com)

Última revisión Abril 2010

Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Inversión)

COD. 310