

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENT  
AL (AIRE, AGUA, SUELO Y RUIDO) EN EM  
PRESAS DEL SECTOR MINERO REALIZA**

AUTOR

**Luis Fernando Villavicencio Escudero**

RECUENTO DE PALABRAS

**15796 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**84209 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**104 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 21, 2024 9:10 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 21, 2024 9:11 AM GMT-5****● 9% de similitud general**

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

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( X )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: Luis Fernando Villavicencio Escudero
D.N.I.: 72213652
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: 989347214
e-mail: luis_fernando002@hotmail.com / 2016100283@hotmail.com

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: Trabajo de Suficiencia Profesional
Título Profesional otorgado: Ingeniero Ambiental

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL (AIRE, AGUA SUELO Y RUIDO) EN EMPRESAS DEL SECTOR MINERO REALIZADOS POR LA EMPRESA SGS.
Fecha de Sustentación: 19 de diciembre del 2023
Calificación: APROBADO
Año de Publicación: 2024

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  X  No autorizo      

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

VILLAVICENCIO ESCUDERO, LUIS FERNANDO

APELLIDOS Y NOMBRES

72213652

DNI

Firma y huella:



Lima, 4 de OCTUBRE del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

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



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL (AIRE, AGUA,  
SUELO Y RUIDO) EN EMPRESAS DEL SECTOR MINERO  
REALIZADOS POR LA EMPRESA SGS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

VILLAVICENCIO ESCUDERO, LUIS FERNANDO

ORCID: 0009-0004-5590-2148

**ASESOR**

MATA ESPINOZA, SOFIA VICTORIA

ORCID: 0000-0002-6954-3789

**Villa El Salvador**

**2023**



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Villa El Salvador, siendo las 08:00 p.m. del día 19 de diciembre del 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	Ph. D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE	CIP 68273
Secretario	:	Dra. CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN	CBP 5179
Vocal	:	Dr. LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS	CIP 140131

Designados con Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 984-2023-UNTELS-R-D, de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el “Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur” ; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: “La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...”, en el cual;

El Bachiller: **LUIS FERNANDO VILLAVICENCIO ESCUDERO**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL (AIRE, AGUA, SUELO Y RUIDO) EN EMPRESAS DEL SECTOR MINERO REALIZADOS POR LA EMPRESA SGS**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición **APROBADO** Equivalencia **Regular** de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 08:40 p.m. del día 19 de diciembre del 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

  
Dra. CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN  
SECRETARIO  
CBP 5179

  
Ph. D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE  
PRESIDENTE  
CIP 68273

  
Dr. LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS  
VOCAL  
CIP 140131

Nota: Art. 14º.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## DEDICATORIA

El esfuerzo plasmado en el presente trabajo de suficiencia va dedicado a mi madre y a mi padre, quienes son guías de vida y les debo quien soy, a mis hermanas y hermanos, que en las buenas y en las malas me han prestado su apoyo incondicional y sobre todo a mi hermano menor Lucky quien es la razón principal de todos mis logros.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que en pequeña o gran medida han colaborado con mi crecimiento personal y profesional, tanto como mis familiares, amigos, colegas y profesores. Siendo que de estos últimos los revisores Ruíz, Vílchez y Apesteguía y en especial la asesora Mg. Sofía Mata quienes orientaron el camino para poder llegar a este momento.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES .....	10
1.1. Contexto.....	10
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	10
1.3. Objetivos .....	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes: .....	14
2.2. Bases teóricas.....	17
2.3. Definición de términos básicos:.....	26
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....	29
3.1. Determinación y análisis del problema.....	29
3.2. Modelo de solución propuesto .....	30
3.3 Resultados: .....	53
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES .....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
ANEXOS .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Descripción de empresas monitoreadas y el periodo de su monitoreo</i> ..	12
<b>Tabla 2.</b> <i>Consideraciones para equipos de Material Particulado</i> .....	33
<b>Tabla 3.</b> <i>Consideraciones para Tren de muestreo</i> .....	33
<b>Tabla 4.</b> <i>Consideraciones para Analizadores automáticos</i> .....	33
<b>Tabla 5.</b> <i>Actividades; aspectos e impactos ambientales observados</i> .....	52
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultados de calidad de Aire en Minera Polimetálica</i> .....	53
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados Monitoreo de gases - Minera Polimetálica</i> .....	56
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados Monitoreo de Calidad de aire 2021 - 2023 - Almacén de Minerales</i> .....	58
<b>Tabla 9.</b> <i>Calidad de aire en Almacén de minerales</i> .....	60
<b>Tabla 10.</b> <i>Resultados monitoreo AS-1 - Minera Polimetálica</i> .....	64
<b>Tabla 11.</b> <i>Resultados monitoreo AS-2 - Minera Polimetálica</i> .....	65
<b>Tabla 12.</b> <i>Resultados monitoreo AS-3 - Minera Polimetálica</i> .....	66
<b>Tabla 13.</b> <i>Resultados monitoreo AS-4 - Minera Polimetálica</i> .....	67
<b>Tabla 14.</b> <i>Resultados monitoreo AS-5 - Minera Polimetálica</i> .....	68
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados monitoreo ASB-1 - Minera Polimetálica</i> .....	69
<b>Tabla 16.</b> <i>Resultados monitoreo ASB-2 - Minera Polimetálica</i> .....	70
<b>Tabla 17.</b> <i>Resultados monitoreo ASB-3 - Minera Polimetálica</i> .....	71
<b>Tabla 18.</b> <i>Resultados Monitoreo Efluente 1 - Minera Polimetálica</i> .....	73
<b>Tabla 19.</b> <i>Resumen promedio anual Efluente 1 - Minera Polimetálica</i> .....	75
<b>Tabla 20.</b> <i>Resultados del Monitoreo de suelos en el punto S-1 en Almacén de Minerales</i> .....	76
<b>Tabla 21.</b> <i>Resultados del Monitoreo de suelos en el punto S-3 en Almacén de Minerales</i> .....	76
<b>Tabla 22.</b> <i>Resultados del Monitoreo de suelos en el punto S-2 en Almacén de Minerales</i> .....	76
<b>Tabla 23.</b> <i>Niveles de ruido en Minera Polimetálica</i> .....	78
<b>Tabla 24.</b> <i>Resultados de ruido diurno - Almacén de Minerales</i> .....	79
<b>Tabla 25.</b> <i>Resultados Monitoreo de Ruido Nocturno - Almacén de Minerales</i> .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Mapa de ubicación de SGS del Perú S.A.C.</i> .....	11
<b>Figura 2.</b> <i>Mapa de ubicación de empresas monitoreadas</i> .....	12
<b>Figura 3.</b> <i>Muestreo en Agua Superficial</i> .....	17
<b>Figura 4.</b> <i>Cálculo de volumen de agua estancada</i> .....	19
<b>Figura 5.</b> <i>Formula para contaminantes gaseosos</i> .....	21
<b>Figura 6.</b> <i>Formulas para material particulado</i> .....	22
<b>Figura 7.</b> <i>Ecuaciones para determinar ruido residual</i> .....	23
<b>Figura 8.</b> <i>Profundidad de muestreo de suelo según su uso</i> .....	25
<b>Figura 9.</b> <i>Relación de conflictos socioambientales en 2023</i> .....	29
<b>Figura 10.</b> <i>Hi-Vol</i> .....	31
<b>Figura 11.</b> <i>Low-Vol</i> .....	31
<b>Figura 12.</b> <i>Analizadores de gases</i> .....	32
<b>Figura 13.</b> <i>Estación Meteorológica</i> .....	33
<b>Figura 14.</b> <i>Estación de monitoreo de calidad de aire</i> .....	34
<b>Figura 15.</b> <i>Recuperación de filtro</i> .....	34
<b>Figura 16.</b> <i>ECA Aire</i> .....	35
<b>Figura 17.</b> <i>Flujograma de Muestreo de Aire</i> .....	36
<b>Figura 18.</b> <i>Toma de muestra en cuerpo receptor</i> .....	37
<b>Figura 19.</b> <i>Toma de muestra en agua subterránea</i> .....	38
<b>Figura 20.</b> <i>Punto de monitoreo sin agua</i> .....	38
<b>Figura 21.</b> <i>Medición de parámetros de campo</i> .....	39
<b>Figura 22.</b> <i>Preservación de muestra</i> .....	39
<b>Figura 23.</b> <i>Acondicionamiento de la muestra</i> .....	40
<b>Figura 24.</b> <i>ECA Agua categoría 3</i> .....	41
<b>Figura 25.</b> <i>ECA agua categoría 4</i> .....	42
<b>Figura 26.</b> <i>Monitoreo de agua en efluente</i> .....	43
<b>Figura 27.</b> <i>LMP Minero – Metalúrgico</i> .....	43
<b>Figura 28.</b> <i>Flujograma de Muestreo de Agua</i> .....	44
<b>Figura 29.</b> <i>Tabla de profundidades según uso de suelo</i> .....	45
<b>Figura 30.</b> <i>Muestreo de suelo</i> .....	45
<b>Figura 31.</b> <i>ECA Suelo</i> .....	46
<b>Figura 32.</b> <i>Flujograma de Muestreo de Suelos</i> .....	47
<b>Figura 33.</b> <i>Monitoreo de ruido ambiental</i> .....	48

<b>Figura 34.</b> <i>Monitoreo de ruido ambiental diurno</i> .....	49
<b>Figura 35.</b> <i>Monitoreo de ruido ambiental nocturno</i> .....	50
<b>Figura 36.</b> <i>ECA Ruido</i> .....	50
<b>Figura 37.</b> <i>Flujograma de monitoreo de ruido</i> .....	51
<b>Figura 38.</b> <i>Comparación entre PM-10 Anual en Minera Polimetálica y ECA</i> .....	54
<b>Figura 39.</b> <i>Comparación entre PM-2.5 Anual en Minera Polimetálica y ECA</i> .....	55
<b>Figura 40.</b> <i>Estación 2 de aire de la Minera Polimetálica</i> .....	55
<b>Figura 41.</b> <i>Rosa de viento de la Estación 2 de la Minera Polimetálica</i> .....	56
<b>Figura 42.</b> <i>Concentraciones de NO<sub>2</sub> en Minera Polimetálica</i> .....	57
<b>Figura 43.</b> <i>Concentración de PM-10 - Almacén de minerales (2021 - 2023)</i> .....	58
<b>Figura 44.</b> <i>Concentración de PM-2.5 - Almacén de minerales (2021 - 2023)</i> .....	59
<b>Figura 45.</b> <i>Concentración Pb en PM-10 - Almacén de minerales (2021 - 2023)</i> .	59
<b>Figura 46.</b> <i>Concentración de SO<sub>2</sub> - Almacén de Minerales</i> .....	60
<b>Figura 47.</b> <i>Concentración de NO<sub>2</sub> - Almacén de Minerales</i> .....	61
<b>Figura 48.</b> <i>Concentración de CO - Almacén de Minerales</i> .....	61
<b>Figura 49.</b> <i>Concentración de O<sub>3</sub> - Almacén de Minerales</i> .....	62
<b>Figura 50.</b> <i>Valores de pH en Efluente 1 - Minera Polimetálica</i> .....	74
<b>Figura 51.</b> <i>Concentración de Plomo en suelo - Almacén de Minerales</i> .....	77
<b>Figura 52.</b> <i>Niveles de ruido diurno en Minera Polimetálica</i> .....	78
<b>Figura 53.</b> <i>Niveles de ruido nocturno en Minera Polimetálica</i> .....	79
<b>Figura 54.</b> <i>Niveles de ruido diurno por año - Almacén de Minerales</i> .....	80
<b>Figura 55.</b> <i>Niveles de ruido nocturno - Almacén de Minerales</i> .....	81

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Cadena de Custodia de monitoreo de calidad de Aire.....	89
<b>ANEXO 2.</b> Cadena de Custodia de monitoreo de calidad de Agua.....	90
<b>ANEXO 3.</b> Cadena de campo de monitoreo de calidad de Agua .....	91
<b>ANEXO 4.</b> Cadena de custodia de monitoreo de calidad de Suelo.....	92
<b>ANEXO 5.</b> Cadena de Custodia de monitoreo de calidad de Ruido.....	93
<b>ANEXO 6.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de aire - Minera Polimetálica	94
<b>ANEXO 7.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de aire - Almacén de Minerales .....	95
<b>ANEXO 8.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de agua superficial - Minera Polimetálica .....	96
<b>ANEXO 9.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de agua subterránea - Minera Polimetálica .....	97
<b>ANEXO 10.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de agua en efluente - Minera Polimetálica .....	98
<b>ANEXO 11.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de suelo - Almacén de Minerales.....	99
<b>ANEXO 12.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de ruido - Minera Polimetálica .....	100
<b>ANEXO 13.</b> Panel fotográfico estaciones de calidad de ruido - Almacén de Minerales.....	101

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia trata sobre la evaluación de la calidad ambiental de distintas empresas del sector minero a nivel nacional, monitoreadas durante el periodo 02 noviembre 2021 a la actualidad, realizado bajo el cargo de Inspector EHS en la empresa SGS del Perú S.A.C. ubicado en Av. Elmer Faucett 3348 – Callao. SGS del Perú ofrece distintos servicios, entre ellos se encuentra el Monitoreo de calidad ambiental realizado bajo las siguientes metodologías: Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales"; DS N° 10 – 2019 – MINAM "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire", Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM "Guía para Muestreo de Suelos"; NTP ISO 1996-1:2016 "Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación."

Debido a que en diversas ocasiones, numerosas empresas han impactado y contaminado el ambiente a nivel internacional y nacional, generando un impacto a la salud de las personas y al mismo ecosistema que en algunos casos son dañinos e irrevertibles; con el fin de evitar esto surge el monitoreo ambiental como un método de prevención y control sobre las posibles afectaciones que puedan ocurrir, de tal manera que las empresas están al tanto de los valores de los contaminantes que ellos mismos producen, y actuar en caso se genere un imprevisto o según sus cálculos vayan a superar los valores admisibles por la normativa vigente. En el presente trabajo se evalúa la calidad ambiental en 2 empresas del sector minero al nivel nacional que en la mayoría son polimetálicas pero los productos de sus procesos suelen ser metales como cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn), en el cual podemos observar que los valores de los contaminantes, según la normativa nacional vigente, están dentro de los valores admisibles y no superan bajo ciertos casos específicos.

Los resultados obtenidos en los distintos monitoreos se compararon con la normativa nacional vigente según corresponda, para evaluar el impacto en los cuerpos receptores se compararon con Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM: "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias."; Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM: "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias."; Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM:

“Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”; Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”. Así como para evaluar la carga contaminante emitida antes de entrar en contacto con el cuerpo receptor, los resultados se compararon con Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM: “Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas”.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental no es un tema reciente, esta data desde épocas antiguas siendo esta de origen natural, al ser de esta manera, la misma naturaleza se encargaba de solucionar estas alteraciones. No obstante, si queremos tener un indicio de cuando se inicia la contaminación ambiental antropogénica a nivel mundial, tenemos que referirnos a la Revolución Industrial, época de apogeo para la humanidad, debido a los avances tecnológicos y el encaminamiento hacia un nuevo rumbo al mundo como se le conocía en aquel entonces. A pesar de los avances que se hayan podido dar a la época, el asentamiento de las industrias significó un gran cambio en el ambiente y sus componentes, debido a que era la primera vez que se emitían grandes cantidades de distintos contaminantes.

En el Perú también se tiene que hablar de contaminación ambiental, uno de los casos más recordados es la contaminación por plomo en La Oroya realizado por la empresa DOE RUN. Según Ingemmet (2017) la concentración de plomo en el suelo llegó a valores tan altos como 9000 mg/Kg dando como consecuencia que las personas de dicha ciudad presenten altas cantidades de plomo en su sangre. Así mismo DOE RUN es responsable de la contaminación del río Mantaro donde los monitoreos del 2007 y 2008 demostraron una concentración de plomo de 1.097 mg/L y 0.877mg/L respectivamente, superando en más de 20 veces el ECA agua. (Mantaro Revive, 2015).

El sector minero no es ajeno a estos conflictos, dado a que existen casos como el de Espinar, el cual no solo atenta contra el derecho humano al acceso al agua de la población, siendo que las acciones del proyecto minero Tintaya – Antapaccay disminuyeron el nivel de agua de la zona además de contaminarla con metales pesados, lo cual desencadenó que más de 700 personas de la población en Espinar, estén con concentraciones de metales pesados en la sangre más elevados que los parámetros recomendados. Por otro lado, en Las Bambas, se sabe que no ha evaluado sus impactos en los manantiales y bofedales de la zona que algunos son de uso de las comunidades aledañas, los cuales sumados a los cambios en el mecanismo de transporte de sus minerales originan graves impactos ambientales y sociales. (Cooperación, 2019)

Debido a estos eventos nace la necesidad de tener controles sobre las distintas empresas en el país que son las principales fuentes de contaminación en el ambiente. Por ello, se realizan los monitoreos ambientales como herramienta de

control para dar seguimiento a las actividades de estas empresas y detectar a tiempo un mal funcionamiento de sus actividades a fin de evitar un impacto negativo en el ecosistema y las personas aledañas.

Por ello en el presente trabajo de suficiencia profesional llegamos a realizar monitoreos de calidad aire, agua, suelo y ruido en 2 empresas mineras a nivel nacional que son polimetálicas pero los productos de sus procesos suelen ser metales como cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb) y zinc (Zn), de estos monitoreos se obtuvieron resultados con los cuales podemos decir que estas empresas están cumpliendo al estar dentro de los valores que la normativa nacional vigente admite, salvo casos específicos.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1. Contexto**

SGS del Perú SAC, con RUC: 20100114349, y domicilio en Av. Elmer Faucett 3348 – Callao, es una empresa que se dedica a brindar servicios de calidad, siendo líder mundial en inspección, verificación, ensayos y certificación.

La visión de la empresa es: “Aspiramos a ser la empresa de servicios más competitiva y productiva en todo el mundo. Nuestras competencias en inspección, verificación, ensayos y certificación son mejoradas constantemente para ser los mejores del sector y se encuentran en la base de todo lo que somos. Los mercados elegidos están y estarán determinados por nuestra habilidad para ser los más competitivos y ofrecer servicios inigualables a nuestros clientes.”.

La misión de SGS es: “Hacemos posible un mundo mejor ayudando a las empresas de todo el mundo a trabajar de forma eficiente, a ofrecer calidad y a operar con integridad y confianza.”

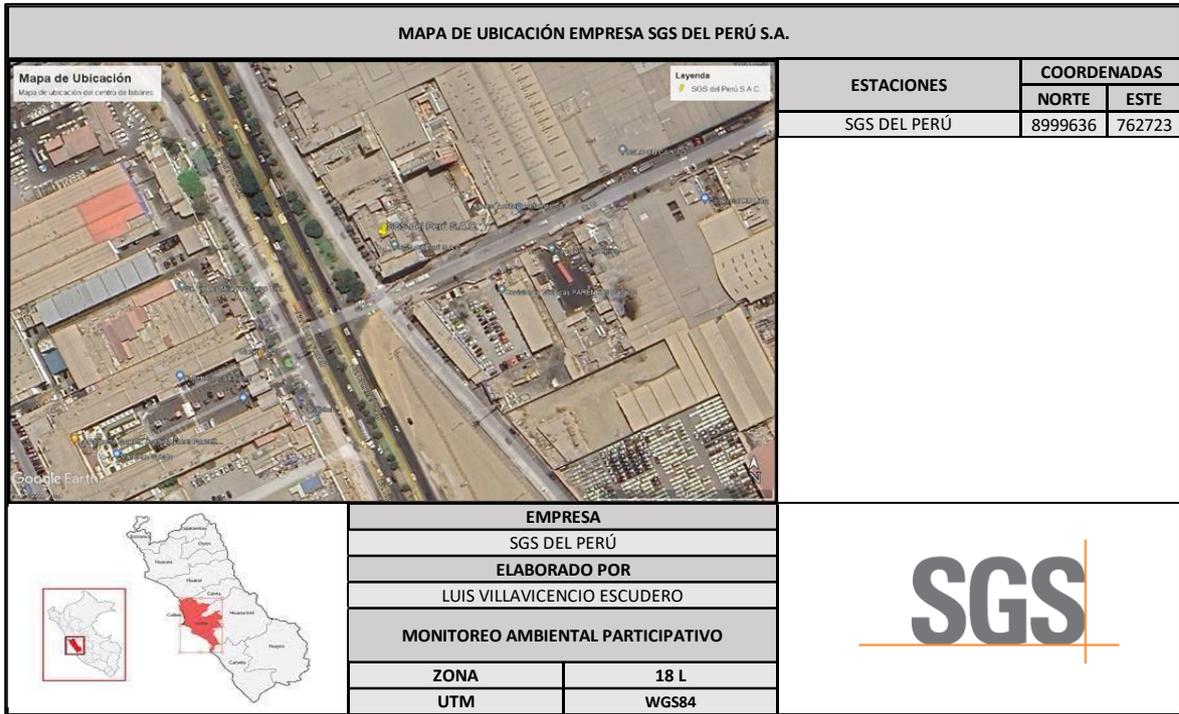
Dentro del servicio de inspección se realizan actividades de monitoreo la calidad ambiental como agua, aire, suelo, ruido, radiaciones no ionizantes, emisiones atmosféricas en fuentes estacionarias, etc. Dentro de los cuales, para el presente trabajo de suficiencia se abarcaron los siguientes monitoreos agua, aire, suelo y ruido.

#### **1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: “Evaluación de la calidad ambiental (de aire, agua, suelo y ruido) en empresas del sector minero a nivel nacional” se va a enfocar en monitoreos de calidad ambiental realizados en diferentes empresas relacionadas al sector minero, como pueden ser mineras de diferentes tipos como hasta almacenes de minerales, los cuales sirven como depósitos momentáneos antes de una distribución para un futuro tratamiento.

# Figura 1

Mapa de ubicación de SGS del Perú S.A.C.

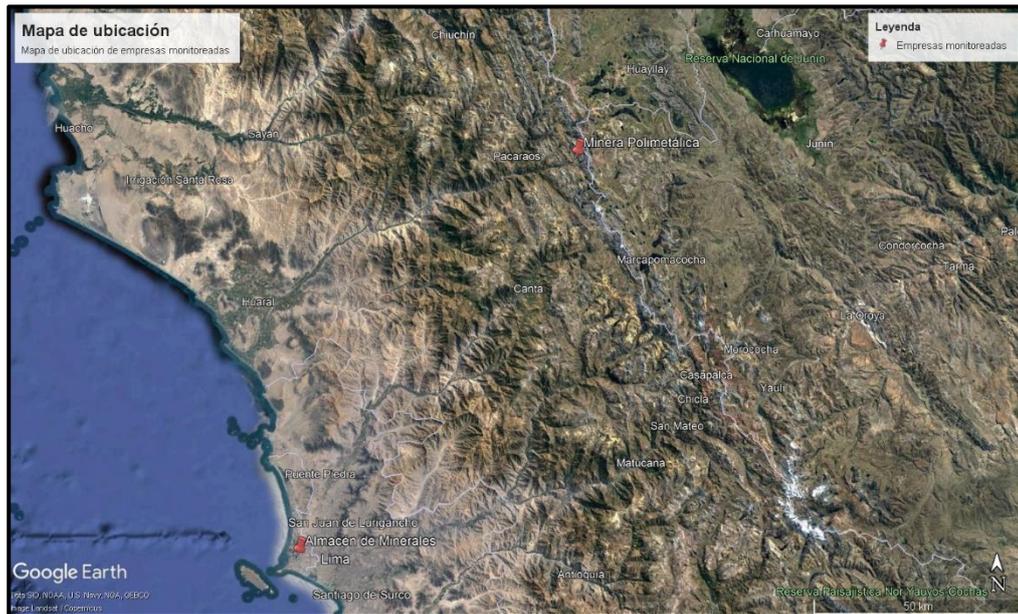


Estos monitoreos se realizaron bajo el cargo de Inspector EHS, en la empresa SGS del Perú S.A.C., desde 02 noviembre del 2021 a la actualidad.

Las empresas monitoreadas son dos y su ubicación se pueden observar en el siguiente mapa.

**Figura 2**

*Mapa de ubicación de empresas monitoreadas*



Los monitoreos se llevaron a cabo en los siguientes periodos para las siguientes empresas

**Tabla 1**

*Descripción de empresas monitoreadas y el periodo de su monitoreo.*

<b>Empresa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Periodo</b>
<b>Minera Polimetálica</b>	Dedicada a la extracción de Cu, Fe y Zn.	Enero 2023 – Noviembre 2023
<b>Almacén de minerales</b>	Dedicada al almacenaje de minerales como Pb, Fe, Cu y Zn.	Enero 2021 – Noviembre 2023

Los nombres de las empresas del sector minero monitoreadas han sido ocultados por temas de confidencialidad. Sin embargo, se les proporcionó un nombre de acuerdo a su característica más resaltante.

### **1.3. Objetivos**

- Objetivo General
- Evaluar la calidad ambiental en diferentes empresas del sector minero.
  - Objetivos Específicos
- Interpretar los resultados de los monitoreos de la calidad del aire en diferentes empresas del sector minero.
- Determinar la calidad del agua en diferentes empresas del sector minero.
- Evaluar la carga contaminante de los efluentes en el punto de descarga de las diferentes empresas del sector minero.
- Reconocer la calidad del suelo en diferentes empresas del sector minero.
- Comparar los niveles de ruido con la normativa actual en diferentes empresas del sector minero.
- Proponer alternativas de mejora para los casos en que se encuentren por encima del valor mínimo de aceptación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### Antecedentes Nacionales

- Hinojosa (2020). En su trabajo enfocado sobre una red de monitoreo en la mina Justa de la empresa minera Marcobre sac., nos menciona que: se enfoca en la medición de partículas PM10, PM2.5 y PM1, las cuales se generan durante la etapa de explotación minera y el transporte de minerales, generando una relación entre el material particulado y la velocidad promedio en la que van los vehículos de la zona, siendo que sus conclusiones en base a sus resultados fueron que los valores de material particulado no excede la normativa y que en el promedio de velocidades y concentración de PM10 sería que “para el viernes de 48.14 km/h y martes de 44.14 km/h con una concentración acumulada en el día de PM10: 1735  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y PM10: 2554  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente”, siendo que esta disminución en 4 Km/h se traduciría en una disminución en el ciclo de acarreo por camión siendo este al final de 3 ciclos. (Hinojosa, 2020)
- Arutaype y Soto (2020). En su trabajo de caracterización de calidad del aire no comentan que al analizar de manera cuantitativa los parámetros PM10, PM2.5 y Mercurio gaseoso en dos puntos de monitoreo en la localidad de Secocha por 24 horas, se obtuvieron resultados donde informan que en el punto AIR-1, se obtuvieron las concentraciones más elevadas siendo estas de 152.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10; 77.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2.5 y 0.0201  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de Hg, dando al final que los valores de PM10 Y PM2.5, superaron al ECA y los de Hg gaseoso, no presento valores elevados a la normativa. (Arutaype y Soto, 2020)
- Aguilar et al. (2021) Al crear un sistema de detección y predicción de calidad de aire y agua, realiza un análisis e implementación de un sistema web que puede anticipar posibles impactos al ambiente, en sus componentes de aire y agua, los cuales tienen como alcance a las comunidades dentro del área de influencia de una unidad minera, siendo una de sus conclusiones que “ Los dispositivos iot ayudarán a los procesos manuales de medición de

calidad de aire y agua, teniendo de esta manera un proceso de mayor efectividad y eficiencia.” (Aguilar et al., 2021)

- Huanca et al. (2020) Realizó un monitoreo y evaluación de la calidad el agua en un sistema de riego en Puno, siendo que, en sus resultados obtenidos, se detectó que el proyecto de riego ocasiono un impacto ambiental en el agua, siendo que parámetros como pH y aceites y grasas se encuentran más elevados de lo que dicta la norma. Siendo que el pH se encuentra más elevado por lluvias y precipitaciones; y los aceites y grasas, por actividades de mantenimiento de maquinaria. (Huanca et al., 2020)
- Guzmán (2019) Su tesis tiene como objetivo realizar una evaluación de la calidad ambiental del aire en la central térmica de Ventanilla, siendo que según sus resultados se llegó a la conclusión que los valores obtenidos se encuentran por debajo que la normativa vigente considera como dañino, por ende, se demuestra que las medidas correctivas aplicadas por la central térmica funcionan según lo planeado. (Guzmán, 2019)

#### Antecedentes Internacionales

- Silva (2019). En Brasil articulo tuvo como objetivo realizar una evaluación al marco legal en el estado de Amazonas para uso y descarte de efluentes en cuerpos de agua referentes a la actividad acuícola. De acuerdo a esta evaluación, se descubrió que los parámetros físico-químicos evaluados en los emprendimientos de este programa de monitoreo ambiental, se encontraban dentro de los estándares permitidos. (Silva, 2019)
- Hernandez et al. (2019) El su artículo plantean que el monitoreo ambiental es una herramienta para el seguimiento continuo en la evaluación de impacto ambiental. Siendo que, en conclusión, el monitoreo ambiental mejora de manera sistemática el desempeño ambiental, dado que verifica que las medidas de mitigación aplicadas consigan el efecto que se buscó con su implementación, a la par que detecte con tiempo posibles afectaciones no previstas con el fin de realizar ajustes en los procesos de un proyecto. (Hernandez et al., 2019)
- Rubio (2019). Para su tesis monitoreó y evaluó la calidad ambiental del aire de las inmediaciones de la Universidad Politécnica Salesiana en su campus sur, contando con dos muestreadores de alto volumen para los parámetros

de PM10 y PM2.5 y analizándose por método gravimétrico. Con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que en los cinco puntos de monitoreo se cumple con los límites máximo permisibles para su respectiva norma. Estos resultados se vieron relacionados con los vehículos livianos y pesados que transitan por la zona. (Rubio, 2019)

- Urtado (2021). Su trabajo consistió en realizar un protocolo visual para monitorear arroyos en el país de Uruguay. Para esto se usaron indicadores de calidad de agua y suelo, lo cual sirvió para validar la representatividad del método. Incluyendo jornadas de monitoreo participativo, ayudando a evaluar la variabilidad que existe en el método entre tantos observadores. Concluyendo que la herramienta tiene las condiciones necesarias para ser empleada bajo distintos actores, sin embargo, se resaltan puntos débiles como la variación entre las puntuaciones. Se determinó que existe una correlación entre el protocolo y la calidad del agua. La adaptación de este método a situaciones particulares, depende de la profundidad del estudio con respecto a las características físicas del ambiente fluvial. (Urtado, 2021)
- Barrios (2021) Realizó una evaluación que permitió realizar un monitoreo en simultáneo de dos sensores PMS7003 con un monitor de referencia GRIMM Model 11, con una duración de nueve meses, esto con el objetivo de evaluar el desempeño del sensor en función a las concentraciones obtenidas en el monitor de referencia. Realizándose en comparaciones gráficas de PM10, PM2.5 y PM1. Los resultados obtenidos, detallan que en relación al PM1 no demostró tener variación alguna con respecto a las condiciones ambientales, sin embargo, esto no es suficiente para usarse en los 5 niveles establecidos por la EPA. Con respecto al PM2.5, el desempeño del sensor bajo con respecto a los niveles de concentración de estas partículas; obteniendo en invierno mejores resultados. Los niveles de PM10 presentaron una baja correlación entre el sensor y el monitor de referencia, notándose un efecto en la humedad y la temperatura, las cuales afectan la respuesta del sensor. (Barrios, 2021)

## 2.2. Bases teóricas

Los monitoreos de calidad ambiental, se basaron en metodologías establecidas según la norma ambiental peruana vigente:

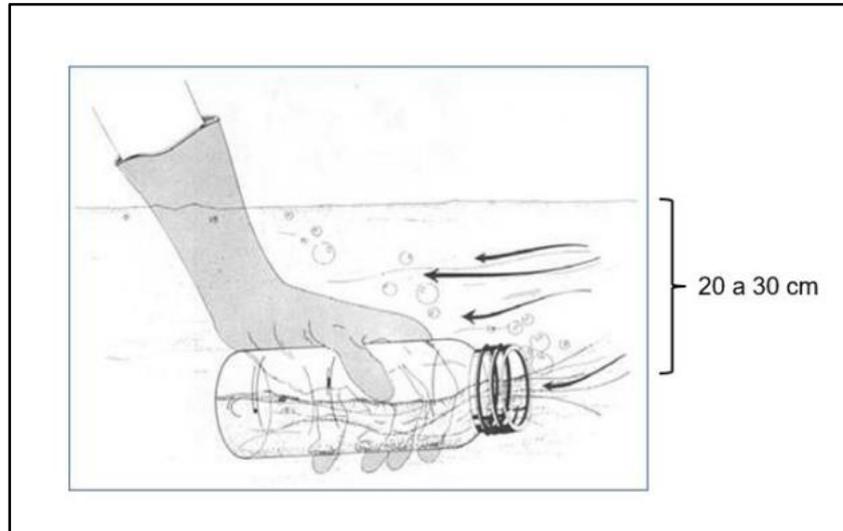
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales";
- D.S. N° 10 – 2019 – MINAM “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”,
- Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM “Guía para Muestreo de Suelos”;
- NTP ISO 1996-1:2020 “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación”.

SGS del Perú realiza sus monitoreos en base a sus procedimientos internos establecidos según las normas ambientales vigentes mencionadas anteriormente:

- Monitoreo de calidad de Agua:
  - Según el procedimiento INS-P-I&E-ENV.1 con título: PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO Y MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.
  - Identifique inequívocamente la estación de monitoreo con la denominación o código previamente establecido. Con las manos limpias y secas y desinfectadas, si fuese necesario-, colóquese un par de guantes nuevos (de látex o nitrilo) inmediatamente antes de iniciar la colección de muestras en cada estación. Si durante el desarrollo del muestreo notase suciedad en cualquiera de ellos quíteselos y cámbielos por otros nuevos.
  - **Muestreo en aguas superficiales:** Cuando se trate de quebradas, arroyos o, en general, corrientes poco profundas de bajo caudal, es preferible vadear el cuerpo de agua y, sin levantar los sedimentos, coleccionar las muestras. Durante el muestreo, Ud. deberá permanecer situado frente a la corriente manteniendo en todo momento el recipiente de muestreo delante de Ud.  
Abra el frasco y sumérjalo al agua con la boca hacia abajo hasta una profundidad de unos 20 a 30 cm.

### Figura 3

#### *Muestreo en Agua Superficial*



Fuente: INS-P-I&E-ENV.1. (2021)

- **Muestreo de Aguas Residuales:** Las aguas residuales se suelen monitorear al ingreso o a la salida de los sistemas de tratamiento, o en el punto en que éstas se vierten al cuerpo receptor.

Es obligatorio el uso de guantes y, en la mayoría de casos, de mascarilla, o, en muchos casos, respirador con filtros, al igual que de lentes de seguridad. Si el flujo de la corriente o vertimiento fuera muy grande o las aguas fueran tóxicas tome las muestras utilizando una extensión telescópica y/o un balde grande. Si el punto de muestreo fuera accesible y la seguridad del inspector no se hallare comprometida las muestras microbiológicas y orgánicas podrán colectarse directamente “con la mano”. Cuando se trate de canales, el procedimiento de colección de la muestra será similar al del muestreo en corrientes de agua superficial.

- **Muestreo en aguas subterráneas:** Ubicada la estación de monitoreo, encienda el equipo que nos ayudara a determinar a cuanta profundidad se encuentra el agua quipo encienda, la sonda de interfase, y pruébela. La prueba será exitosa cuando se ilumine el foco de color rojo al igual que durante ese tiempo emitirá un sonido parecido a un pitido. Una vez terminada la prueba, apague la sonda.

Ser deberá medir la profundidad del pozo con una cinta métrica, la cual suele

venir en la misma sonda interfase, la cual posee una división de milímetros, determinado este valor en metros, anotarlos en una hoja de campo o registro. Encienda la sonda de interfase; tomando el extremo metálico con un paño limpio previamente humedecido con agua purificada; se procederá a bajar la sonda al interior del pozo suavemente desde el punto que marcó anteriormente en la boca del pozo. La sonda debe ser guiada de manera vertical con la mano hacia el pozo. Procure no rozar o golpear las paredes del pozo mientras realiza esta acción. Cuando la sonda llegue a la superficie del agua, este emitirá un ininterrumpido sonido.

Bajé la sonda cuidadosamente al interior del pozo hasta que sienta que pierde peso, esto sin encender la sonda, al realizar esta acción se habrá llegado a tocar el fondo del pozo.

Levantando la sonda suavemente hasta que sienta que recupera su peso; vuelva a descenderla despacio hasta que la pérdida de peso ocurra nuevamente. Anote el dato de la profundidad, en metros, en una hoja de campo o registro. Recuerde que esta medición deberá realizarse con una precisión de 3 mm.

Determinado el nivel (Pn); la profundidad (Pd); y el diámetro del interno del pozo (D), del pozo calcule el volumen del agua estancada en su interior, aplicando la siguiente fórmula:

#### **Figura 4**

*Cálculo de volumen de agua estancada*

$$V = (Pd - Pn) \times \pi D^2 \times 1000 / 4$$

**Donde:**

V:	Volumen de agua estancada en el pozo (L),
Pd:	Profundidad del pozo (m),
Pn:	Nivel (freático) (m),
D:	Diámetro interno del pozo (m),
$\pi$ :	Constante "pi" (3.1416),
1000:	Factor de conversión de m <sup>3</sup> a litros.

Fuente: INS-P-I&E-ENV.1 (2021)

- Monitoreo de calidad de aire

Según el procedimiento INS-P-I&E-ENV.2 con título: Monitoreo de la Calidad del Aire Ambiental

- Una vez se haya llegado al lugar donde se va a realizar el monitoreo, con la ayuda del GPS, tenemos que ubicar las coordenadas indicadas por el cliente, estas deben coincidir con el establecido en sus respectivos instrumentos de gestión ambiental o plan de monitoreo presentado ante la autoridad competente. Entonces se procede con la descarga y estibación de los equipos y materiales de monitoreo.

Se procede con la instalación de la estación meteorológica, en las coordenadas de la estación de monitoreo.

Si en el área indicada para el monitoreo, no hubiera un suministro de energía eléctrica, se puede usar un generador eléctrico o grupo electrógeno, que sea capaz de brindar energía a los equipos que requieran de ella. En caso de usar generador eléctrico, este debe ubicarse más de 20 m de distancia con referencia al punto de monitoreo.

Siguiendo paso a paso las indicaciones establecidas en el procedimiento, se instalan los equipos de monitoreo que fueron seleccionados para los parámetros designados en la orden de inspección.

Al momento de encender los equipos, se busca que todos inicien al mismo tiempo, en simultáneo.

- Los valores que se obtengan se insertaran en una plantilla, la cual generara automáticamente el resultado en las unidades deseadas, las cuales se basan en las siguientes formulas:

- Para Contaminantes gaseosos

## Figura 5

### Fórmula para contaminantes gaseosos

$$\text{Concentración} = [\text{Gas}] = \frac{M}{V_{\text{std}}}$$

**Dónde:**

M: masa del contaminante, en  $\mu\text{g}$  (microgramos).

Vstd: volumen estandarizado de la muestra, en  $\text{m}^3$  std.

$$V_{\text{std}} = (V_a) \times \left(\frac{P_a}{P_{\text{std}}}\right) \left(\frac{T_{\text{std}}}{T_a}\right)$$

**Dónde:**

Va: volumen actual de la muestra en  $\text{m}^3$  (en términos de temperatura ambiental y presión atmosférica promedio, medidas durante el periodo de muestreo).

Ta: temperatura ambiental promedio en Kelvin, medida durante el periodo de muestreo.

Pa: presión atmosférica promedio en kPa, mmHg o atm, medida durante el periodo de muestreo.

Tstd: temperatura estándar = 298 Kelvin.

Pstd: presión estándar = 101,3 kPa = 760 mmHg = 1 atm.

$$V_a = (Q_a) \times (t)$$

**Dónde:**

Qa: flujo de muestreo promedio, en  $\text{m}^3/\text{min}$ .

t: tiempo o periodo de muestreo, en minutos.

En el caso de algunos equipos de monitoreo automático de gases ambientales, los resultados se obtienen en las unidades de partes por billón (ppb), por lo que para reportar en las unidades de microgramos por metro cúbico, se debe realizar la siguiente conversión:

$$\text{Concentración} = [\text{Gas}] = \frac{M}{V_{\text{std}}} = [\text{ppb}] \times \left(\frac{\bar{M}}{V_{\text{mol}}}\right)$$

**Dónde:**

M: masa del contaminante en  $\mu\text{g}$  (microgramos).

Vstd: volumen estandarizado de la muestra en  $\text{m}^3$  std.

[ppb]: concentración del contaminante en partes por billón.

$\bar{M}$ : peso molecular del contaminante en gramos/mol.

Vmol: volumen de un mol de gas a condiciones estándar = 24,4 litros/mol.

Fuente: Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental de aire

- Para Material particulado

**Figura 6:**

*Fórmulas para material particulado*

$$\text{Concentración} = [\text{Partículas}] = \frac{M}{V_a}$$

**Dónde:**

M: masa del contaminante, en  $\mu\text{g}$  (microgramos).

$V_a$ : volumen actual de la muestra, en  $\text{m}^3$  (en términos de temperatura ambiental y presión atmosférica promedio, medidas durante el periodo de muestreo).

$$V_a = (Q_a) \times (t)$$

**Dónde:**

$Q_a$ : flujo de muestreo promedio, en  $\text{m}^3/\text{min}$ .

$t$ : tiempo o periodo de muestreo, en minutos.

Finalmente, para una mayor entendimiento de cómo obtener concentraciones promedios comparables con los ECA para Aire, se sugiere revisar, el anexo denominado "Guía para el cálculo de promedios comparables con su correspondiente ECA" (ver sección P del presente documento).

Fuente: Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental de aire

- Monitoreo de niveles de ruido

Según el procedimiento INS-P-I&E-ENV.3 con título: MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL

- La medición de niveles de ruido se realiza durante un periodo de tiempo en el que sea representativo las variaciones de generación de ruido emitida por alguna actividad u operación de la fuente. Si se detecta que en la generación de ruido existe una periodicidad, el tiempo en que se realice la medición debe cubrir al menos uno de los periodos.
- En caso de no poder realizarse mediciones a lo largo del periodo, se determinarán intervalos de medición para que representen un ciclo o ventana operativa, hecho que al juntarse representen el periodo entero.

Cabe resaltar, que las condiciones climáticas durante la medición deberán ser característico del ambiente, lugar y situación de exposición al ruido considerada. Se debe procurar que, al realizar mediciones en exteriores, el sonómetro posea con una pantalla de viento cubriendo el micrófono.

**Evaluación del sonido residual y consideraciones para su medición**

- Si la presión sonora residual es  $\leq 3$  dB (diferencia aritmética, con respecto al nivel de presión sonora medido), no se realizan correcciones.

El ruido residual a menudo es difícil de obtener directamente y la única posibilidad de determinarlo es hacer estimaciones aproximadas.

Según el Anexo I de la ISO 1996-2:2017 se pueden determinar:

Por medición directa:

Si la fuente que se va a medir no contribuye significativamente al nivel de presión sonora total durante el 5% o más del tiempo total de medición, mida el nivel de presión acústica excedido durante el 95% del tiempo y suponga que este nivel es representativo del sonido residual nivel de presión.

Calculado a partir de las mediciones de L 50 y L 90 o L 95:

En caso que el ruido residual pueda describirse mediante una distribución gaussiana, que conduzca a una distribución bimodal del ruido total, se puede estimar el nivel de presión sonora equivalente del sonido residual de la distribución utilizando Fórmulas (E.1) y (E.2):

**Figura 7**

*Ecuaciones para determinar ruido residual*

Ecuación 1

$$L_{eq,Gauss} = L_{50} + 0,115 \left( \frac{L_{50} - L_{90}}{1,28} \right)^2 \text{ dB}$$

ó

Ecuación 2

$$L_{eq,Gauss} = L_{50} + 0,115 \left( \frac{L_{50} - L_{95}}{1,65} \right)^2 \text{ dB}$$

Fuente: INS-P-I&E-ENV.3 (2021)

Se deben corregir todos los valores medidos en exteriores a la ubicación de campo libre del micrófono. A cada medición realizada, se le asignará una ventana específica, la cual estará en base a la operatividad y condiciones meteorológicas. Al existir sonido residual, se deben efectuar las correcciones necesarias. Calcule el Leq,T en cada ventana.

- Monitoreo de la calidad de suelo  
Según el procedimiento INS-P-I&E-ENV.4 con título: MUESTREO DE SUELOS.

- Para la extracción de las muestras de suelo suelen emplearse las siguientes herramientas básicas: lampas (palas), espátulas, cucharas, barrenos, sondas (tubos) de muestreo, tornillo muestreador, extractores de núcleos. El equipo de muestreo se escogerá considerando las características del suelo, la profundidad de la muestra a tomar, si ésta va a ser perturbada o no, la textura y el contenido de humedad, etc., y la naturaleza del analito de interés (por ejemplo, si este es volátil o no volátil, o si es inorgánico u orgánico).

Para el muestreo de metales o analitos inorgánicos se utilizarán, preferentemente, herramientas de plástico; para el muestreo de compuestos o sustancias orgánicas las herramientas serán, preferentemente, de acero inoxidable o aleaciones metálicas. Independientemente de la naturaleza del analito, podrán todavía utilizarse - sobre todo para el muestreo en profundidad- herramientas de acero inoxidable. En ningún caso las herramientas podrán estar recubiertas por pintura.

Quando muestree suelo superficial (de 10 a 30 cm de profundidad) use cucharas, espátulas o lampas. Aunque también podría utilizarlos, los barrenos suelen emplearse para coleccionar muestras a profundidades mayores a los 30 cm.

- **Muestreo de Suelo Superficial:** Utilizando herramientas de acero inoxidable (espátula, cuchara, rastrillo, lampa y/o picota) limpie de plantas, rocas y residuos la superficie del área donde tomará las muestras. Por lo general, será suficiente limpiar un espacio aproximado de 0.15 m al rededor en cada estación de monitoreo.

Considerando lo establecido en la Tabla, cave utilizando una picota y/o una espátula de acero inoxidable, un hoyo hasta la profundidad deseada. Verifique, midiendo con una cinta métrica, que la profundidad haya sido alcanzada. Finalmente se tiene que registrar esta información en la cadena de custodia de suelos, sedimentos y lodos.

## Figura 8

### Profundidad de muestreo de suelo según su uso

<b>Usos del suelo</b>	<b>Profundidad del muestreo (capas)</b>
Suelo Agrícola	0 - 30 cm (1) 30 - 60 cm
Suelo Residencial / Parques	0 - 10 cm (2) 10 - 30 cm (3)
Suelo Comercial / Industrial / Extractivo	0 - 10 cm (2)

1) Profundidad de aradura

2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes

3) Profundidad máxima alcanzable por niños

Fuente: MINAM (2014)

Inicie el muestreo colectando las muestras de parámetros orgánicos. Colecte, en primer lugar -si han sido solicitadas- las muestras de VOC's y/o de la fracción 1 de hidrocarburos; para ello retire completamente la porción de suelo que ha quedado derruida en el interior del hoyo; limpie una franja de la pared del mismo y, utilizando una jeringa; tome una muestra cortando perpendicularmente la pared (transfiera cuidadosamente la muestra a su respectivo vial, evitando en todo momento perturbarla.

Para el muestreo de parámetros orgánicos semi-volátiles y no volátiles, proceda a derruir homogéneamente, con una espátula de acero inoxidable (de otro metal o aleación metálica), el suelo de las paredes del hoyo. Si se hubieran solicitado muestras compuestas, mezcle las muestras individuales provenientes de cada estación en una bandeja de acero inoxidable (u otro metal o aleación metálica), homogenice completamente y trasvase cuidadosamente al recipiente de cada parámetro solicitado.

Para poder coleccionar los parámetros inorgánicos, derruya parejamente, utilizando una espátula de plástico, toda la capa superficial de las paredes y del fondo del hoyo luego proceda a retirar la totalidad del suelo derruido, acarreándolo sobre una manta de plástico. En seguida, con otra espátula de plástico limpia, derruya la cantidad suficiente de suelo de las paredes del hoyo; mezcle y homogenice el suelo derruido, ya sea en el mismo hoyo o en una bandeja de plástico limpia; descarte fragmentos como gravas, gravillas, guijarros y piedras, y transfiera la cantidad de muestra necesaria al recipiente de cada parámetro solicitado.

Los resultados obtenidos en los distintos monitoreos, se compararon con la normativa nacional vigente según corresponda, tales son como los ECAs, Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM: (ECA AGUA)”; Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM (ECA AIRE); Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM: (ECA SUELO); Decreto Supremo N° 085-2003-PCM: (ECA RUIDO), entre otros y también otras normativas como Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM: “LMP efluentes de actividades minero – metalúrgicas”.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Monitoreo Ambiental:** Monitoreo seguimiento, periódico o continuo del comportamiento de un sistema, a través de la medición de algunas de sus propiedades. (INS-P-I&E-ENV.2)
- **Evaluación:** Proceso el cual se utiliza para determinar, estimar o calcular, de manera sistemática, el valor de una cosa (INS-P-I&E-ENV.2)
- **ECA:** Estándar de Calidad Ambiental establece el nivel de concentración de elementos presentes en el ambiente, y por ello constituye una referencia o indicador sobre el estado de la calidad del ambiente. (MINAM, s.f.)
- **LMP:** El Límite Máximo Permissible, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (MINAM, s.f.)
- **Cuerpo receptor:** Componente ambiental el cual recibe o sufre la afectación. Pueden ser cuerpos de agua como ríos y lagunas, como también el mismo aire o suelo. (MINAM)
- **Material particulado:** Las partículas en suspensión son una serie de diminutos cuerpos sólidos o de gotitas de líquidos dispersos en la atmósfera. Son generadas a partir de alguna actividad antropogénica o natural. (INS-P-I&E-ENV.2)
- **PM-10:** Material particulado de diámetro aerodinámico igual o menor a 10µm que se encuentra suspendido en el aire atmosférico. (INS-P-I&E-ENV.2)

- **PM-2.5:** Material particulado de diámetro aerodinámico igual o menor a 10µm que se encuentra suspendido en el aire atmosférico. (INS-P-I&E-ENV.2)
- **Ruido:** Sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas, susceptible de producir efectos fisiológicos o psicológicos sobre una persona o grupos de personas. (INS-P-I&E-ENV.3)
- **IGA:** Instrumento de gestión ambiental.
- **Impacto Ambiental:** Cualquier modificación en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización. (FIDE, s.f.)
- **Decibel:** Unidad adimensional usada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es usado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora. (PCM, 2003)
- **Bioacumulación:** Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento. (MINAM, 2016)
- **Calidad de suelos:** Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas. (MINAM, 2016)
- **Comunidad:** Grupo de poblaciones de diferentes especies que interaccionan entre sí y que habitan en una misma área. (MINAM, 2016)
- **Concentración:** La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia. (MINAM, 2016)
- **Contaminación:** Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud. (MINAM, 2016)
- **Degradación:** Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos. (MINAM, 2016)

- **Derrame:** Cualquier descarga, liberación, rebose o vertido debido a una práctica inadecuada o hecho accidental de hidrocarburos o líquidos peligrosos en el suelo. (MINAM, 2016)
- **Matriz Ambiental:** Elemento de un ecosistema en donde pueda estar incidiendo un contaminante después de su emisión. Puede ser el agua (de un río, laguna, estero o mar), el sedimento, el suelo o el aire. (MINAM, 2016)
- **Muestra simple:** Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular son llamadas muestras simples. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. (MINAM, 2016)
- **Plan de muestreo:** Documento que contiene la información y programación relacionada con cada una de las etapas que conforman el muestreo y señala los criterios para la toma de muestras. (MINAM, 2016)
- **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad. (MINAM, 2016)
- **Suelo industrial:** Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes. (MINAM, 2016)

### CAPÍTULO III

#### DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

##### 3.1. Determinación y análisis del problema

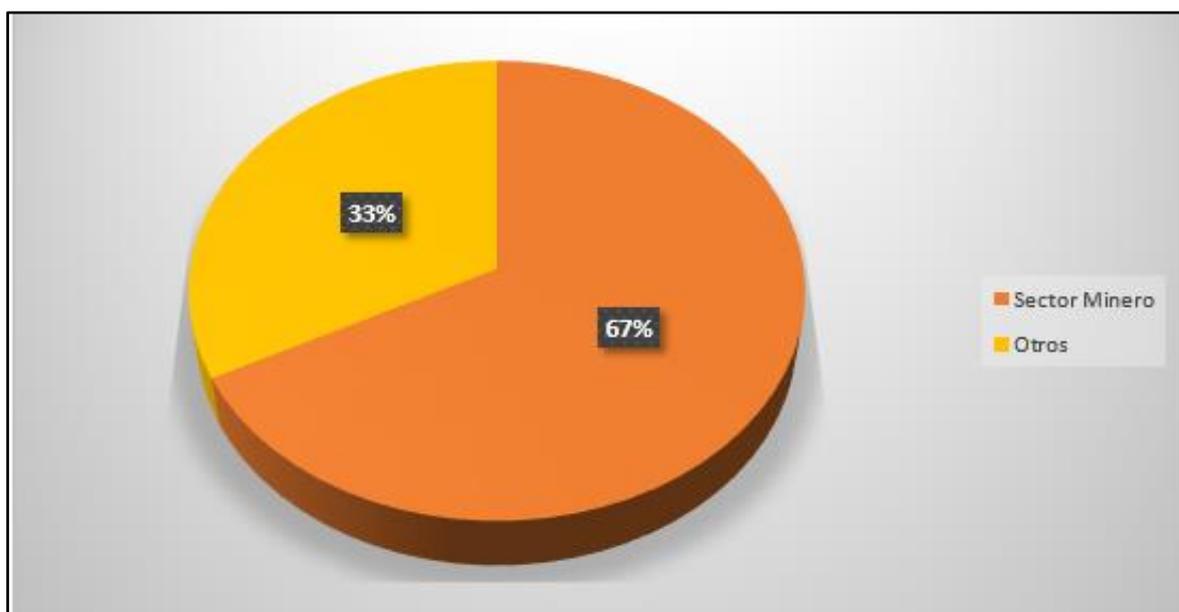
El presente trabajo de suficiencia profesional se basará en la evaluación de la calidad ambiental en empresas del sector minero con el fin de determinar si están cumpliendo con sus obligaciones ambientales, ya que el sector minero en el país es uno de los mayores aportantes al PBI nacional siendo que en el periodo del 2017 al 2021 aportó un 16% (AngloAmerican, 2022). No obstante, también es uno de los que mayores conflictos socioambientales representa a nivel nacional, de los 132 conflictos activos y latentes a nivel nacional registrados a febrero del 2022, 86 casos (65.2%) son ocasionados por el sector minero. (Defensoría del pueblo, 2022)

En el 2023 se tiene que la relación de estos ha incrementado siendo que los conflictos socioambientales de carácter minero son el 67.4% de los casos. (Defensoría del pueblo, 2023)

Para evitar esta situación nace la necesidad de llevar un control sobre aspectos ambientales de las empresas mineras, de modo que al tener este seguimiento se pueden realizar proyecciones y acciones en caso se presente una anomalía y poder mitigarlo a la brevedad generando el menor impacto negativo posible.

##### Figura 9

*Relación de conflictos socioambientales en 2023*



Fuente: Defensoría del pueblo (2023)

Las dos empresas mineras estudiadas en el presente trabajo de suficiencia profesional realizan sus monitoreos de manera mensual o trimestral de acuerdo al reporte presentan a la autoridad correspondiente. Estas empresas trabajan con metales como cobre, hierro, zinc y plomo, resaltando que estos son peligrosos al entrar en contacto con el ambiente y con el ser vivo, debido a que estos se bioacumulan y no pueden ser retirados del cuerpo, como se recuerda en los casos por contaminación de metales pesados en la Oroya y el Espinar.

Los metales totales se pueden encontrar de diversas formas en el ambiente, tanto como en partículas respirables, diluidas en el agua, hasta impregnados en el suelo. Los humanos al estar en presencia de estos metales es posible respirarlos, ingerirlos mediante el consumo de agua que contengan estos, hasta entrar en contacto vía dérmica como se puede dar en el caso cuando los niños juegan en el suelo y con la tierra.

Existen diversas consecuencias al estar en contacto e intoxicarse con metales pesados tanto como problemas con los órganos, cambios de comportamientos, dificultados en la memoria, entre otros. Las afectaciones van a depender del tiempo de metal con el que se haya sido contaminado. (medlineplus, s.f.).

Por mencionar una afectación nacional, tenemos el caso de contaminación por plomo en la Oroya, que los niños nacen con malformaciones y también sufren de problemas cerebrales.

### **3.2. Modelo de solución propuesto**

#### **- Monitoreo de calidad de Aire en cuerpo receptor**

a) Para realizar el monitoreo de calidad de aire, primero se tiene que realizar una inspección del área, donde están las coordenadas señalizadas, al hacer esta inspección se verifican las condiciones de seguridad y las condiciones de la zona para el monitoreo de aire con tal de que sean las óptimas para esta medición, tales como pueden ser barreras.

b) Una vez realizada la inspección, se procede con la instalación de los equipos de monitoreo, que pueden ser los siguientes y dependiendo de lo que se requiera analizar. Estos pueden ser:

- Hi-Vol: Equipo de muestreo de material particulado en alto volumen. El cual contiene un filtro en su interior en el cual se van posando el material particulado. Trabaja a un flujo de 1.13 m<sup>3</sup>/min en promedio. Se suele usar más para captar PM10.

**Figura 10**

*Hi-Vol*



- - Low-Vol: Equipo de muestreo de material particulado en bajo volumen. Al igual que el equipo anterior contiene un filtro en su interior en el que se van posando el material particulado. Trabaja a un flujo de 16.67 l/min. Se suele usar más para captar PM2.5.

**Figura 11**

*Low-Vol*



- Tren de muestreo: Equipo de muestreo con soluciones captadoras de gases como H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y O<sub>3</sub> que, al estar instaladas con una bomba de succión, a diferentes flujos, captan los determinados gases en el ambiente.

## Figura 9

### *Tren de muestreo*



- Analizadores de gases: Equipos analizadores de gases como H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y O<sub>3</sub>. Estos equipos tienen que estar protegidos por un shelter que los acondiciona a la temperatura y presión indicada en el protocolo. Determina los valores de dichos gases en tiempo real y se programa para obtener un promedio cada una hora.

## Figura 12

### *Analizadores de gases*



- Estación meteorológica: Equipo que permite ver datos meteorológicos como temperatura; presión; humedad; velocidad y dirección de viento; radiación UV y precipitación al tiempo real y también genera un promedio en un tiempo programado.

**Figura 13**

*Estación Meteorológica*



Asimismo, deben respetar las siguientes consideraciones para su muestreo:

**Tabla 2**

*Consideraciones para equipos de Material Particulado*

Equipo	Hi-Vol	Low-Vol
Flujo	1.13 (m <sup>3</sup> /min)	16.67 (L/min)
Tiempo (Horas)	24 ± 1	24 ± 1
Medio Captador	Filtro de cuarzo (MP y Metales) Fibra de vidrio (MP)	Teflón (MP Y Metales)

**Tabla 3**

*Consideraciones para Tren de muestreo*

Parámetro	Monóxido de carbono (CO)	Dióxido de carbono (SO <sub>2</sub> )	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Ozono (O <sub>3</sub> )	Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)
Flujo (L/min)	0.5	0.2	0.4	0.5	0.5
Tiempo (Horas)	8	24	1	8	24
Volumen de muestra (ml)	25	50	50	25	40
Tiempo de almacenamiento (días)	4	7	7	7	7

**Tabla 4**

*Consideraciones para Analizadores automáticos*

Parámetro	Monóxido de carbono (CO)	Dióxido de carbono (SO <sub>2</sub> )	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Ozono (O <sub>3</sub> )	Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)
Flujo (L/min)	0.8	0.6	0.5	0.8	0.6
Tiempo (Horas)	1 o 8	24	1	8	24

Nota: Los equipos funcionan durante las 24 horas de 5 días consecutivos, sin embargo, se utiliza el promedio de horas según lo que el IGA requiera

c) Una vez instalados estos equipos, a realizar un seguimiento a la zona y a las actividades de la empresa, con el fin de detectar cualquier anomalía durante el monitoreo, también se observan las condiciones meteorológicas de la zona para determinar otras fuentes de contaminación según la dirección del viento.

**Figura 14**

*Estación de monitoreo de calidad de aire*



d) Una vez terminado el tiempo de monitoreo, se recuperan los filtros muestreados a la par que se descargan los datos de los equipos de medición en tiempo real.

**Figura 15**

*Recuperación de filtro*



e) Finalmente, se ingresan los datos recopilados, como presión, temperatura y flujos, etc. según sea lo requerido, a una cadena de custodia los cuales tendrán las fechas y las horas del monitoreo, así como descripciones del punto de monitoreo,

como si se presentaran anomalías o eventos de ser considerados de reporte. La muestra es ingresada al laboratorio para su posterior análisis.

Estos resultados son comparados con el ECA de aire, D.S. 003-2017 – MINAM.

**Figura 16**

**ECA Aire**

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m <sup>3</sup> ]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>[1]</sup>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: MINAM (2017)

Figura 17

Flujograma de Muestreo de Aire



### - Monitoreo de calidad de Agua en cuerpo receptor

a) Al momento de realizar un monitoreo de calidad de agua en cuerpo receptor, se tiene que llegar a las coordenadas del punto de monitoreo y se procede con la toma de muestra del agua a analizar.

a.1) Para el caso de agua superficial se debe tomar de la superficie procurando no levantar sólidos, ya que estos afectarían al momento del análisis de los parámetros requeridos.

#### **Figura 18**

*Toma de muestra en cuerpo receptor*



a.2) En el caso de agua subterránea, se debe hacer uso de una soga y un bailer (tubo de plástico donde se puede recolectar agua subterránea), este tubo ingresa por el piezómetro y recolecta el agua a muestrear, al momento de tomar la muestra se debe purgar ya que el agua inicial presenta restos de sólidos y otros, por lo que al finalizar se obtendrá una muestra homogénea.

### **Figura 19**

*Toma de muestra en agua subterránea*



a.3) En ambos casos si el punto no presentara agua y/o las condiciones de seguridad no sean las apropiadas, se deberá anotar en la cadena de custodia, el motivo por el cual no se realizó la toma de muestra en ese punto.

### **Figura 20**

*Punto de monitoreo sin agua*



b) Tomada la muestra se procede a medir los parámetros de campo requeridos.

**Figura 21**

*Medición de parámetros de campo*



c) Una vez realizado todo esto, se procede al llenado de frascos y su preservación según corresponda. El llenado y la preservación, dependiendo del parámetro a analizar, se llena y preserva de diferente manera.

**Figura 22**

*Preservación de muestra*



d) Luego la muestra se acondiciona en un cooler de preferencia con ice pack para conservar una temperatura fría y no se altere la muestra ni por la radiación ni el calor.

## Figura 23

### *Acondicionamiento de la muestra*



e) Al final, se ingresan los datos registrados por los equipos de medición en campo, al igual se que anotan ciertas características del agua en la cadena de custodia, la muestra se lleva al laboratorio donde se procede con su análisis.

Los resultados de estos análisis fueron comparados con el ECA del agua categoría 3 y categoría 4 para agua superficial y subterránea respectivamente.

**Figura 24**  
**ECA Agua categoría 3**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FISICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq 4$		$\geq 5$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	$\mu$ g/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	$\mu$ g/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	$\mu$ g/L	0,004		0,7
Clordano	$\mu$ g/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	$\mu$ g/L	0,001		30
Dieldrin	$\mu$ g/L	0,5		0,5
Endosulfán	$\mu$ g/L	0,01		0,01
Endrin	$\mu$ g/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	$\mu$ g/L	0,01		0,03
Lindano	$\mu$ g/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	$\mu$ g/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: MINAM (2017)

## Figura 25

### ECA agua categoría 4

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Acidos y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color vertedero Escala PtCo	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fósforo	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,025	0,05	0,05	0,134	0,062
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Artenico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benz(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Hestacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,0000036	0,0000036
Hestacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Fuente: MINAM (2017)

### - Monitoreo de calidad de agua en efluente

Al realizar el monitoreo de agua en efluente, se tiene que tomar el agua que directamente se está vertiendo en el cuerpo receptor, ya que se tiene que analizar qué características tiene el agua que va a entrar en contacto con el ambiente y la posible afectación que pueda causar.

Para esto se sigue la misma metodología que el monitoreo en cuerpo receptor, solo que como se explicó se toma directamente del vertimiento.

**Figura 26**

*Monitoreo de agua en efluente*



Los resultados obtenidos del análisis de estas muestras son comparados con el LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas.

**Figura 27**

*LMP Minero – Metalúrgico*

ANEXO 01				
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS				
Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual	
pH		6 - 9	6 - 9	
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25	
Aceites y Grasas	mg/L	20	16	
Cianuro Total	mg/L	1	0,8	
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08	
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04	
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08	
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4	
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6	
Piomo Total	mg/L	0,2	0,16	
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016	
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2	

Fuente: MINAM (2010)

**Figura 28**

*Flujograma de Muestreo de Agua*



### - Monitoreo de calidad de Suelo en cuerpo receptor

En el muestreo de suelo, primero se realiza la inspección de la zona a muestrear contemplando seguridad y condiciones de la zona. Al momento de realizar la toma de muestra, se tiene que tener consideración el material que se utilizara, debido a que se tiene que utilizar un objeto que sea de material inherente al parámetro a analizar, luego se realiza excavación en el punto de monitoreo y se procede a tomar la muestra según el procedimiento al parámetro a analizar.

También se debe tener en consideración las siguientes profundidades, para el muestreo de suelos.

Figura 29: Tabla de profundidades según uso de suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 - 30 cm (1) 30 - 60 cm
Suelo Residencial / Parques	0 - 10 cm (2) 10 - 30 cm (3)
Suelo Comercial / Industrial / Extractivo	0 - 10 cm (2)

Fuente: INS-P-I&E-ENV.4 (2021)

### Figura 30

*Muestreo de suelo*



Estos resultados son comparados con el ECA de suelo, D.S. N° 011-2017 – MINAM.

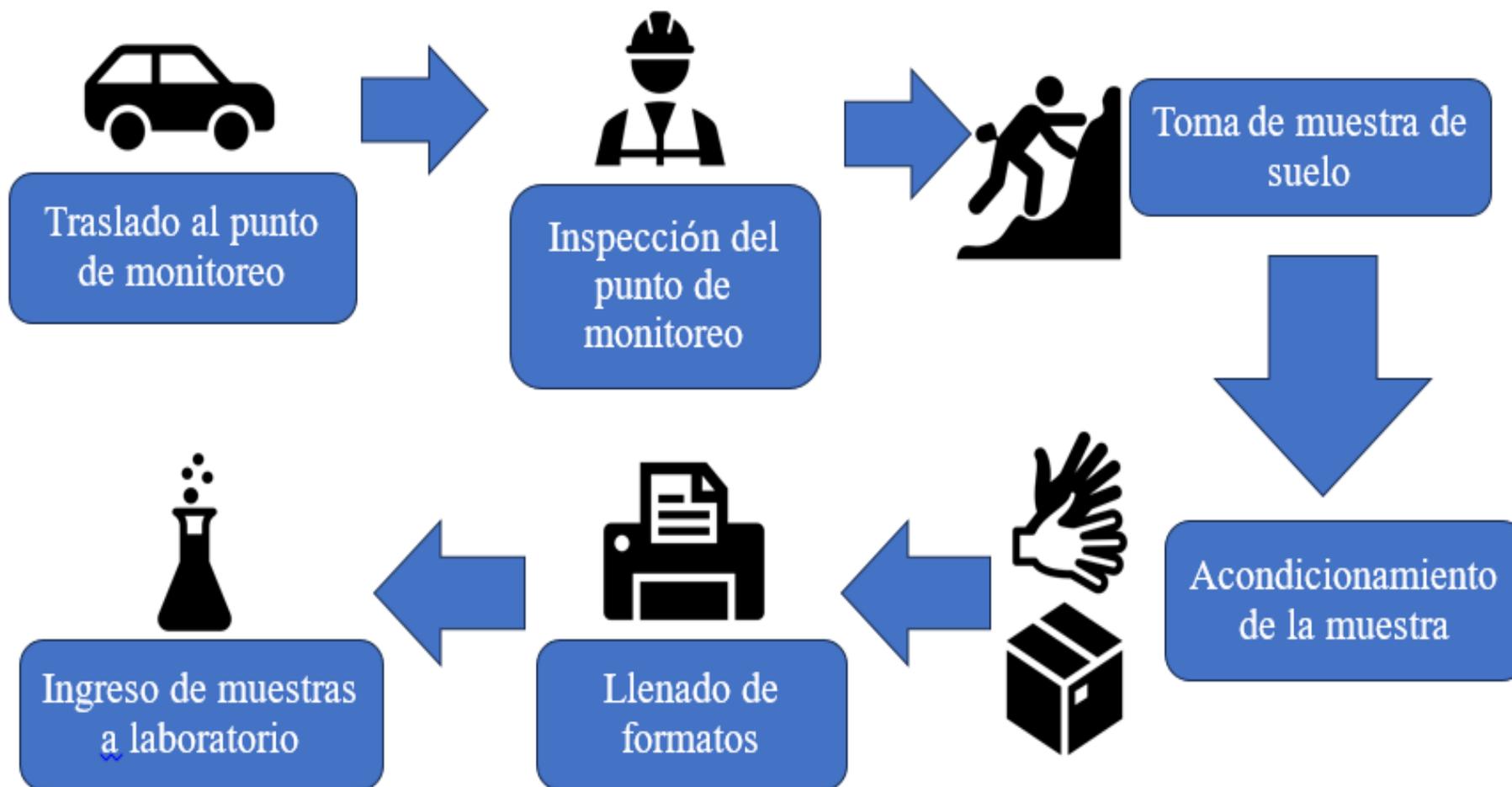
**Figura 31**  
*ECA Suelo*

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7) y (8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(9)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(11)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(12)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(13)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y ó ISO 17690:2015

Fuente: MINAM (2017)

Figura 32

Flujograma de Muestreo de Suelos



### - Monitoreo de ruido ambiental

Para el caso de monitoreo de ruido al igual que los anteriores, se tiene que inspeccionar la zona donde están las coordenadas del punto, se tiene que tener en cuenta las condiciones meteorológicas, ya que si está lloviendo en ese momento no se puede realizar la medición de niveles de ruido. También se tiene en consideración las barreras que podrían existir, así como superficies reflectantes, ya que el ruido al ser una onda, en entrar en contacto con una superficie puede rebotar y elevar los niveles de ruido medidos al momento.

Se coloca el sonómetro, en un trípode con una elevación de 1.5 metros y con las consideraciones anteriores ya solucionadas, se procede a realizar la medición.

#### **Figura 33**

*Monitoreo de ruido ambiental*



- a) Si se quiere realizar una medición de ruido puntual, se coloca el sonómetro y se deja midiendo durante 15 minutos, esto se realiza en dos momentos del día. El primero se mide entre las 07:01 – 22:00 y el segundo entre las 22:01 – 07:00, consideraos como los horarios de ruido diurno y ruido nocturno respectivamente.

El resultado que arroje el sonómetro es el que se presentara a la empresa monitoreada.

### Figura 34

#### *Monitoreo de ruido ambiental diurno*



- b) En relación al ruido acreditado según la ISO 1996-1, se realizan tres mediciones de 10 minutos dentro de una ventana de medición, la cual se determina al realizar un análisis entre los horarios de producción de la empresa y los horarios de las condiciones meteorológicas de la zona. Una vez determinadas estas ventanas se realizan las mediciones para cada una. Terminada la medición se procede a realizar la discriminación de la data, la cual se eliminarán valores anómalos producidos por acciones no procedentes de la empresa monitoreada, eliminados todos estos, se tiene la misma consideración de los horarios de ruido diurno y nocturno para su posterior comparativa con el ECA.

**Figura 35**

*Monitoreo de ruido ambiental nocturno*



Los valores obtenidos serán comparados con la R.M. N° 085-2003 - PCM.

**Figura 36**

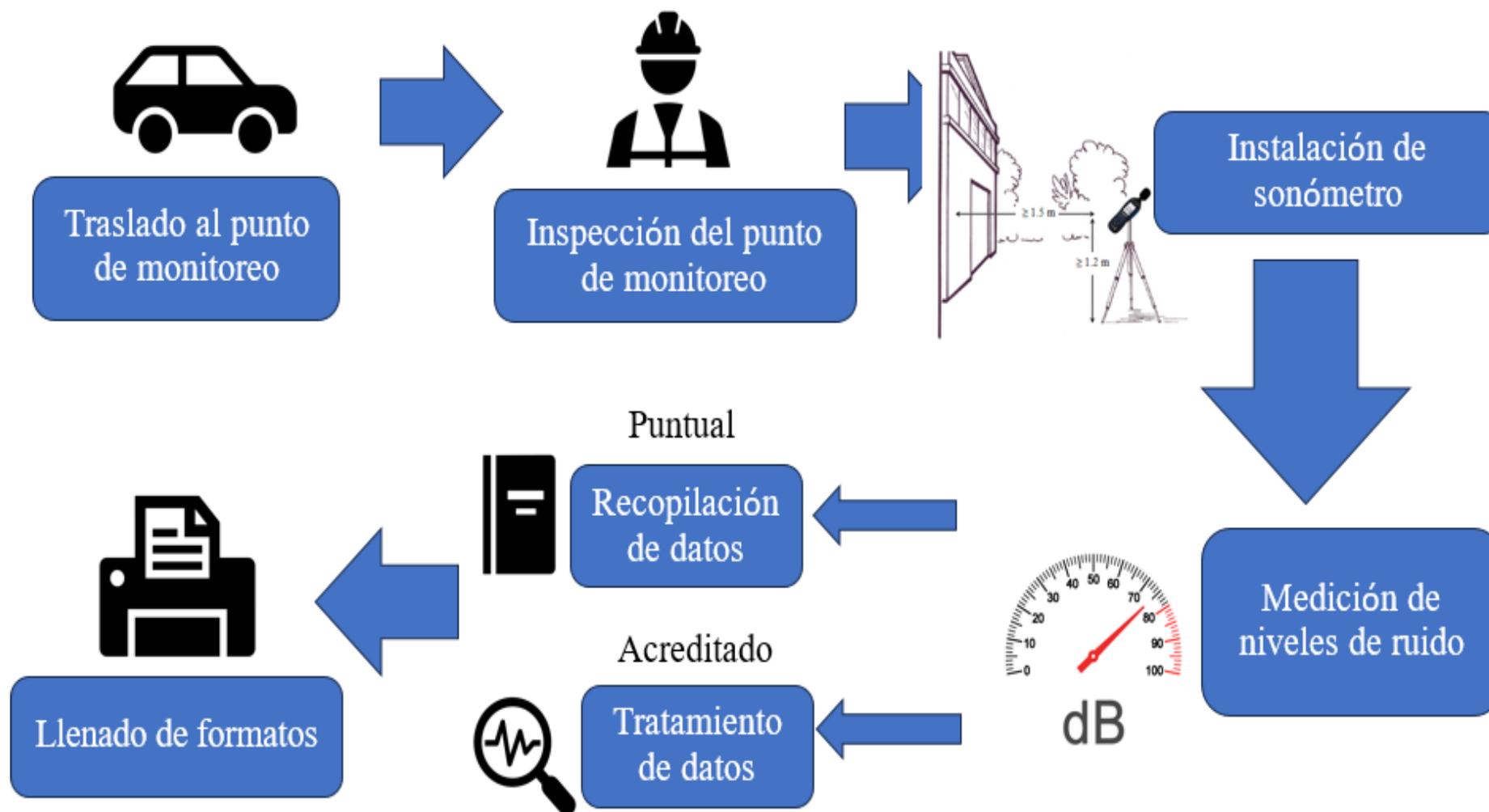
*ECA Ruido*

<b>Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido</b>		
<b>ZONAS DE APLICACIÓN</b>	<b>VALORES EXPRESADOS</b>	
	<b>EN <math>L_{AeqT}</math></b>	
	<b>HORARIO DIURNO</b>	<b>HORARIO NOCTURNO</b>
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: PCM (2003)

Figura 37

Flujograma de monitoreo de ruido



El monitoreo ambiental se realiza en base a determinar posibles afectaciones al ambiente ocasionadas por actividades realizadas por las empresas, es por ello que se muestra un cuadro de las actividades observadas con sus respectivos aspectos e impactos ambientales.

**Tabla 5**

*Actividades; aspectos e impactos ambientales observados*

<b>Actividad</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Extracción de Mineral	Mezcla de agua y sedimentos	Alteración de la calidad del agua
Trabajos Internos	Generación de ruido	Alteración de niveles de ruido
Trabajos Internos	Posible contacto con cuerpos de agua	Alteración de la calidad del agua
Tratamiento de Agua	Vertimiento de agua a fuente natural	Alteración de la calidad del agua
Traslado de Mineral	Material particulado en suspensión	Alteración de la calidad del aire
Traslado de Mineral	Derrame de concentrado en suelo	Alteración de la calidad del suelo
Almacenamiento de Mineral	Mineral concentrado en suspensión	Alteración de la calidad del aire

### 3.3 Resultados

Los resultados obtenidos fueron proporcionados por las empresas monitoreadas, las cuales por motivos de confidencialidad no desean que sus nombres sean señalados en el presente trabajo de suficiencia profesional. Sin embargo, se hará una pequeña descripción de estas para tener mejor idea de sus actividades. Estas actividades conllevan a aspectos e impactos ambientales señaladas en la tabla 5. La periodicidad y los puntos de monitoreo dependerá del PMA y otros IGAs que tenga cada empresa, esta puede variar de empresa a empresa por diferentes motivos como ubicación; área de influencia; posible afectación.

Las empresas del sector minero tendrán los siguientes nombres:

- La Minera Polimetálica ubicada en la provincia de Lima, como su nombre lo indica es una minera que realiza actividades de extracción de diversos minerales en socavones, asimismo realiza el tratamiento de sus aguas antes de ser vertidos a los cuerpos naturales de agua. En esta minera se realizan monitoreos de calidad de agua mensualmente y monitoreos trimestrales de la calidad de aire y ruido. Se dedica a la extracción de minerales como Cu, Fe y Zn.

- El Almacén de minerales, se encuentra en la provincia constitucional del Callao, se dedica principalmente a la recepción y almacenaje de concentrado de minerales, como son cobre, hierro, zinc y plomo. En este almacén se realizan monitoreos trimestrales de aire y suelo.

#### 3.3.1 CALIDAD DEL AIRE

##### 3.3.1.1 Minera Polimetálica

En esta encontramos 4 estaciones de monitoreo de calidad de aire, estos según el plan de monitoreo se los resultados obtenidos fueron promediados y comparados con el ECA de aire con el valor de los siguientes.

**Tabla 6**

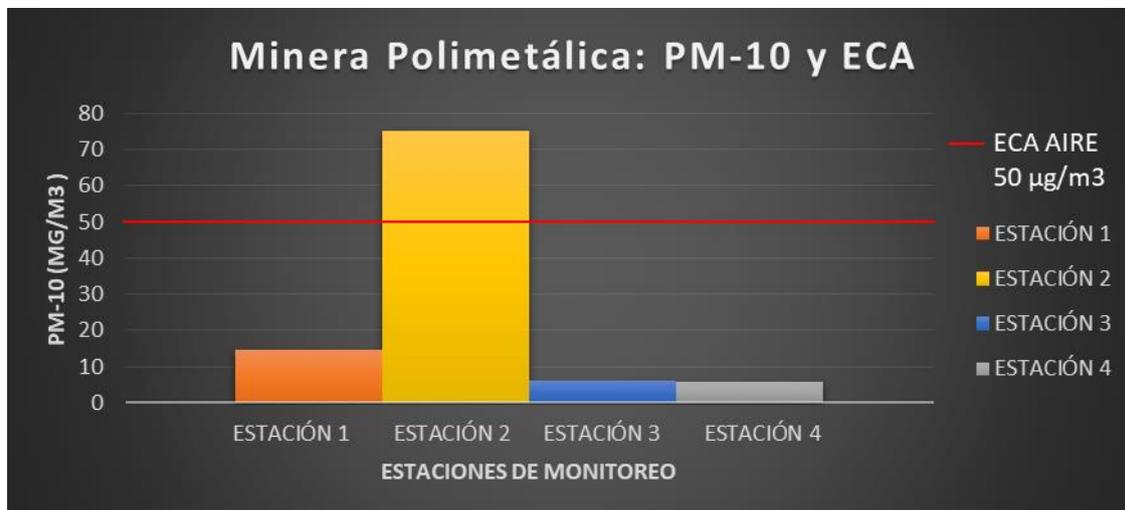
*Resultados de calidad de Aire en Minera Polimetálica*

Minera Polimetálica					
PARÁMETRO	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4	ECA
Material Particulado PM-10 Alto Volumen	14.8	73.5	6.2	5.7	50
Material Particulado PM-2.5 Bajo Volumen	<6.0	8.4	<6.0	<6.0	25
Plomo en PM-10	0.0225	0.0977	0.0023	<0.0020	0.5

Comparándolo con el ECA de aire en el caso de PM-10, sería lo siguiente:

**Figura 38**

*Comparación entre PM-10 Anual en Minera Polimetálica y ECA*

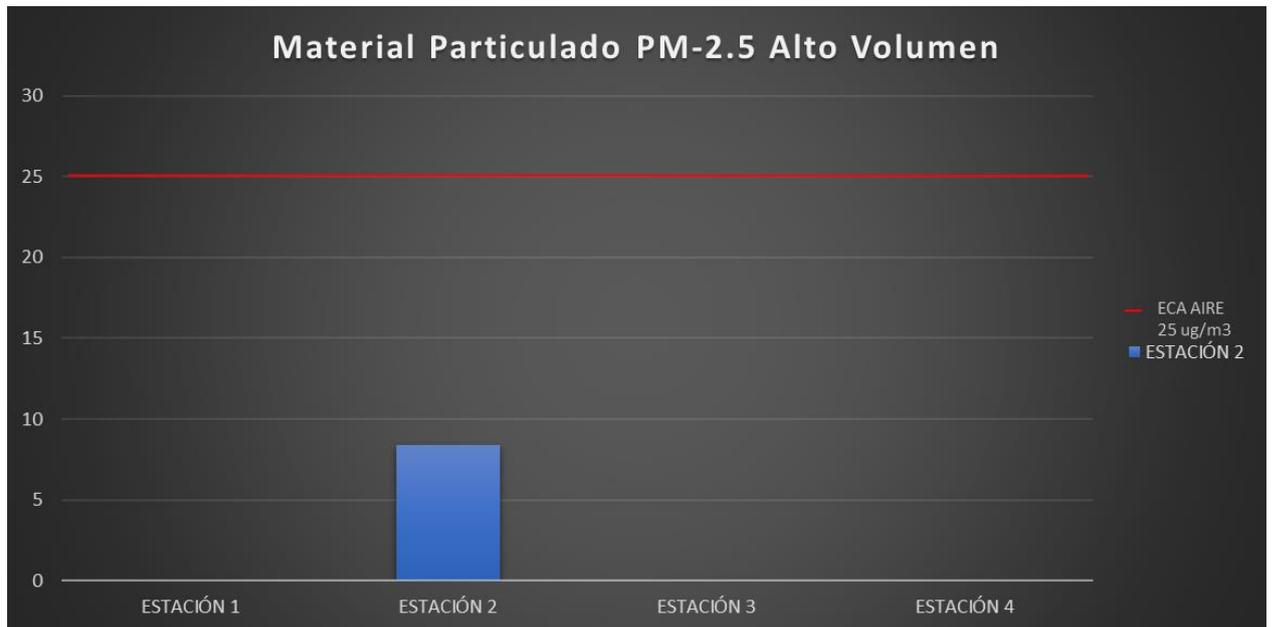


Como se observa en el gráfico, la estación 2 de la Minera polimetálica excede el valor admitido por el ECA, siendo que la estación 2 posee un valor de  $73.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras que el ECA un valor de 100, en este caso se debe a que el punto se encuentra a unos 50 metros de un antiguo depósito de relaves además de también a unos 5 metros de una vía para vehículos no asfaltada que al pasar los vehículos genera levantamiento de polvo, la cercanía a estas fuentes de material particulado produce que los valores de este parámetro sea alto.

En los casos de PM-2.5 y plomo en PM-10, todos los valores se encuentran dentro de norma ya que ninguno supera los  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . No obstante, en la estación 2 a pesar de no superar los límites como en PM-10, se observa la relación existente que entre estos tres parámetros ya que los niveles de PM-2.5 y plomo en PM-10 se encuentran más altos que en comparación a las otras estaciones.

**Figura 39**

*Comparación entre PM-2.5 Anual en Minera Polimetálica y ECA*



**Figura 40**

*Estación 2 de aire de la Minera Polimetálica*

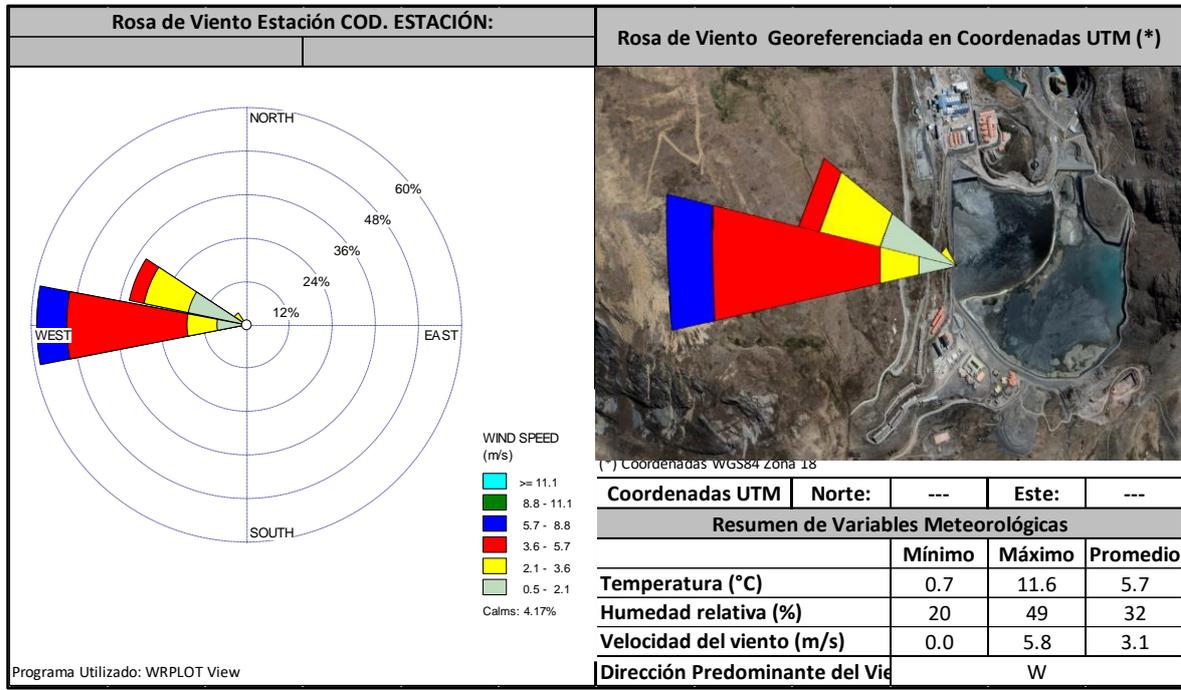


Es mandatorio mencionar que este punto no ha cambiado su ubicación a pesar de haberse expandido el proyecto minero en diversas oportunidades, dando que a medida que ha crecido el proyecto, el punto se ha ido acercando más a la zona de afectación. Adicionalmente, como se observa en la siguiente Figura, en la zona se producen vientos de 5.8 m/s, y estos provienen en dirección del antiguo relave

hacia la estación de monitoreo, generando de tal manera que el aire muestreado provenga directamente del antiguo relave.

**Figura 41**

*Rosa de viento de la Estación 2 de la Minera Polimetálica*



Se recomienda que, para este punto se realice un riego constante de la vía sin asfaltar para que no se genere levantamiento de polvo, además de también realizar riegos en la zona del antiguo depósito de relaves, para evitar también el levantamiento de polvo de esa zona, también el implementar geomembranas en el antiguo depósito de relaves para que el material particulado levantado no se disgregue en el ambiente generando su afectación.

En cuestión a los gases monitoreados, se tiene lo siguiente.

**Tabla 7**

*Resultados Monitoreo de gases - Minera Polimetálica*

Minera Polimetálica					
PARÁMETRO	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4	ECA
Dióxido de Azufre	<13	<13	<13	<13	250
Dióxido de Nitrógeno	42	94	61	53	100
Monóxido de Carbono	2,010	2,047	1,872	1,798	10000
Ozono	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	100
Sulfuro de Hidrógeno	<6.1	<6.1	<6.1	<6.1	150
Mercurio	0.0012	0.0038	0.0011	0.0011	2

Dentro de los resultados obtenidos en Minera Polimetálica con respecto a los gases monitoreados, se tiene que todos los valores registrados están por debajo del ECA, siendo que el valor más cercano a la norma se dio en el dióxido de nitrógeno.

**Figura 42**

*Concentraciones de NO<sub>2</sub> en Minera Polimetálica*



El valor máximo registrado se dio en la Estación 2, siendo que registro 94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estando por debajo de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  decretado en el ECA.

Finalmente, podemos decir que en la Minera Polimetálica, no se está cumpliendo con la normativa nacional debido a que cuenta con una estación de monitoreo donde se registran valores altos siendo que algunos se encuentran casi al límite de lo que establece el decreto y otro que supera en el caso de PM-10, que la concentración registrada en la Estación de fue de 73.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo que supera la media anual de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , debiéndose a factores previamente explicados.

### 3.3.1.2 Almacén de minerales

En el caso del almacén de minerales se tienen tres puntos de monitoreo de calidad de aire las cuales denominaremos AIRE 1, AIRE 2 y AIRE 3, y como se mencionó en la tabla 1, esta empresa viene siendo monitoreada desde el 2021, por lo cual se tienen los valores obtenidos en tres años de monitoreo.

**Tabla 8**

*Resultados Monitoreo de Calidad de aire 2021 - 2023 - Almacén de Minerales*

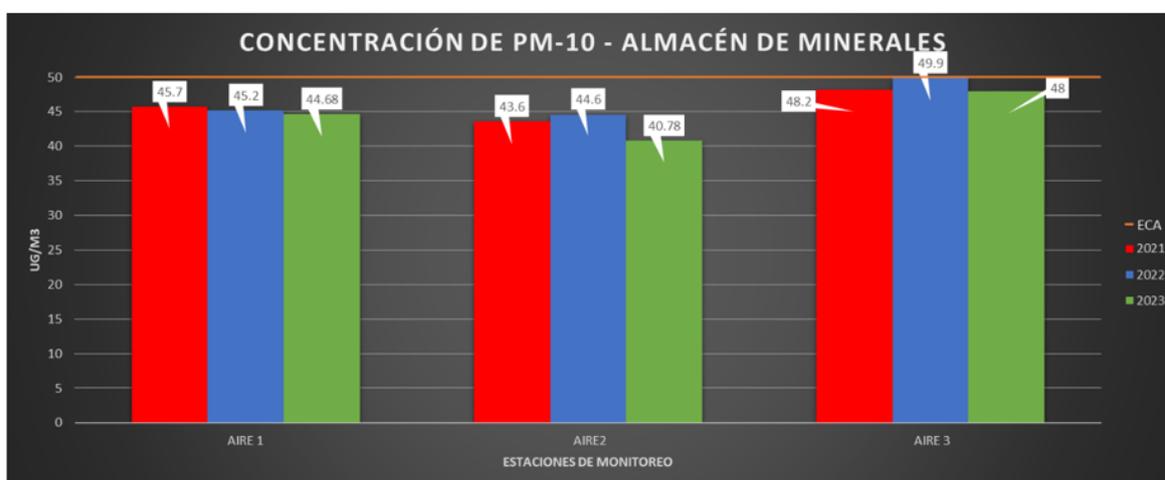
Calidad de aire en Almacén de minerales										
PARÁMETRO	AIRE 1			AIRE 2			AIRE 3			ECA ANUAL
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023	
Material Particulado PM-10 Alto Volumen	45.7	45.2	44.68	43.6	44.6	40.78	48.2	49.9	48	50
Material Particulado PM-2.5 Bajo Volumen	9.5	9.1	8.7	7.356	7.9	7.6667	14.2	15	12.68	25
Plomo en PM-10	0.01244	0.0125	0.01462	0.0244	0.0265	0.0242	0.0174	0.0125	0.0181	0.50

En la tabla 8 se observa el resumen de los resultados obtenidos en los monitoreos de calidad ambiental realizados a la empresa Almacén de Minerales durante el periodo 2021 – 2023. Al realizar una comparativa con el ECA en su valor anual, tenemos que en ninguna de las estaciones se supera dicho valor.

Tenemos la siguiente figura para la concentración de PM-10.

**Figura 43**

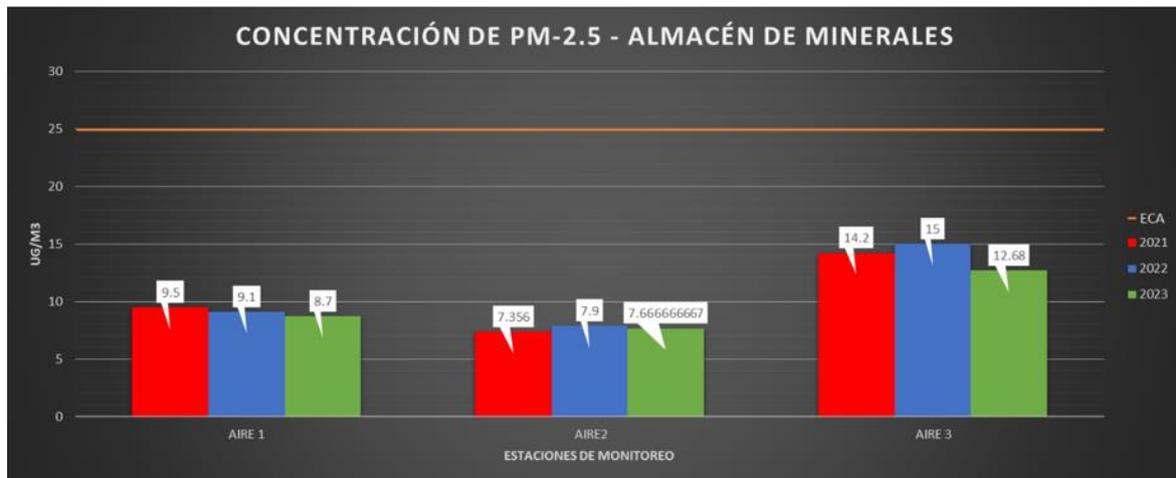
*Concentración de PM-10 - Almacén de minerales (2021 - 2023)*



Del gráfico podemos deducir que la estación AIRE 3 es la que tiene mayor concentración de PM-10, esto se debe a que es la que más cercana se encuentra de la empresa en cuestión. Teniendo como valor resultante del promedio del 2023, 49.9 µg/m³.

**Figura 44**

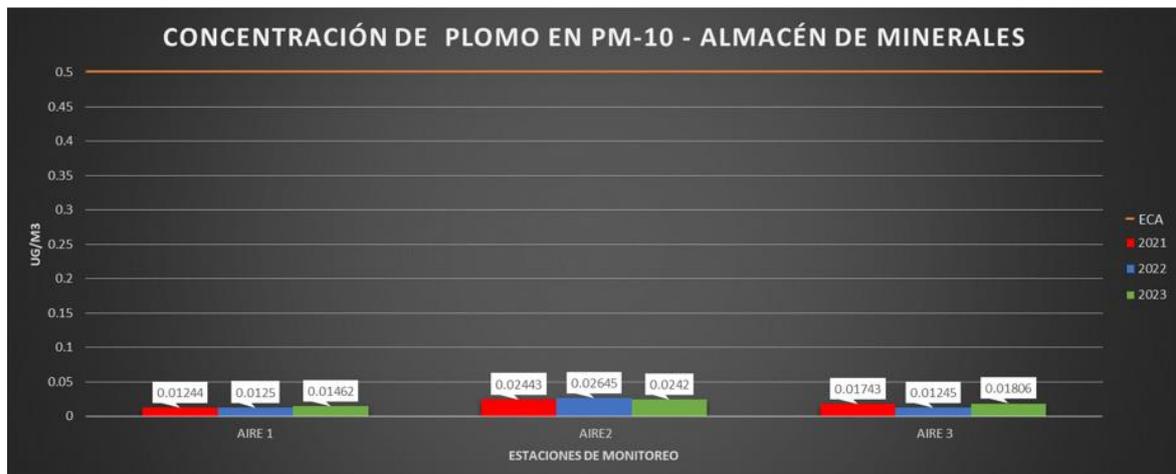
*Concentración de PM-2.5 - Almacén de minerales (2021 - 2023)*



Para la concentración de PM-2.5, se tiene que los todos los valores resultantes de los monitoreos realizados se encuentran por debajo de la normativa nacional, siendo este 25 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 45**

*Concentración Pb en PM-10 - Almacén de minerales (2021 - 2023)*



En el caso de la concentración de plomo en PM-10, los valores se encuentran muy por debajo de 0.5 µg/m<sup>3</sup>, que indica el ECA, siendo que las concentraciones más altas se encuentran en la estación AIRE 2, siendo esta la que se encuentra a sotavento de la estación.

Al resumir lo observado en las previas ilustraciones se puede entender que la estación AIRE 3 es la que mayor concentración tiene en lo que respecta a PM-10 y PM-2.5, esto se debe a, como se mencionó, que es la que se encuentra más

cercana a la empresa Almacén de Minerales. Siendo que con respecto al PM-10, se tiene un valor de hasta 49.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de PM-2.5 un valor máximo de 15.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estando por debajo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Así mismo, se observa que los valores resultantes de los monitoreos para el caso de plomo en PM-10, no llegan ni a la décima parte del valor admitido por ECA, teniendo como máximo un valor 0.02645  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  obtenido en la estación AIRE 2, se encuentra por debajo de 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor que de ser excedido se considera dañino para el ambiente según la normativa nacional.

Con respecto a los gases analizados en Almacén de minerales estos son: Dióxido de azufre; Dióxido de Nitrógeno; Monóxido de Nitrógeno y Ozono. Y los resultados anuales se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 9**

*Calidad de aire en Almacén de minerales*

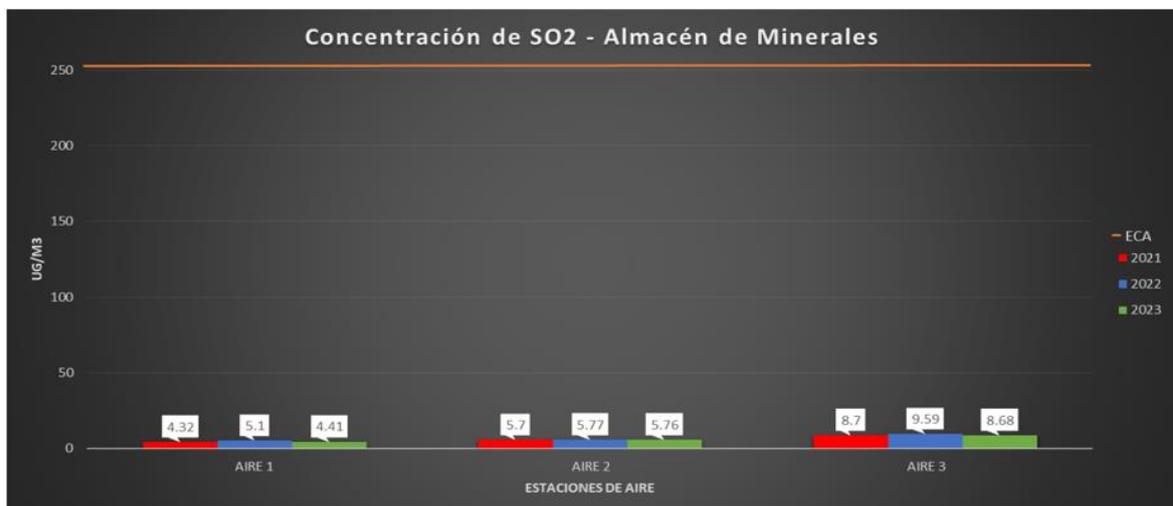
Calidad de aire en Almacén de minerales										
PARÁMETRO	AIRE 1			AIRE 2			AIRE 3			ECA ANUAL
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023	
Dióxido de Azufre	4.32	5.1	4.41	5.7	5.77	5.76	8.7	9.59	8.68	250
Dióxido de Nitrógeno	11.89	13.76	12.58	17.73	15.95	19.81	17.5	19.77	27.8	100
Monóxido de Carbono	<384.184	<384.184	<384.184	<384.184	<384.184	<384.184	<384.184	<384.184	<384.184	10000.00
Ozono	13.33	15.28	14.21	8.3	9.76	8.76	29.8	35.5	28.8	100

En la tabla 9 se observan los resultados obtenidos en los monitoreos de gases realizados para la empresa Almacén de minerales en el periodo 2021 – 2023, siendo estos los resultados de los monitoreos trimestrales en esos tres años.

A partir de esos resultados podemos inferir lo siguiente.

**Figura 46**

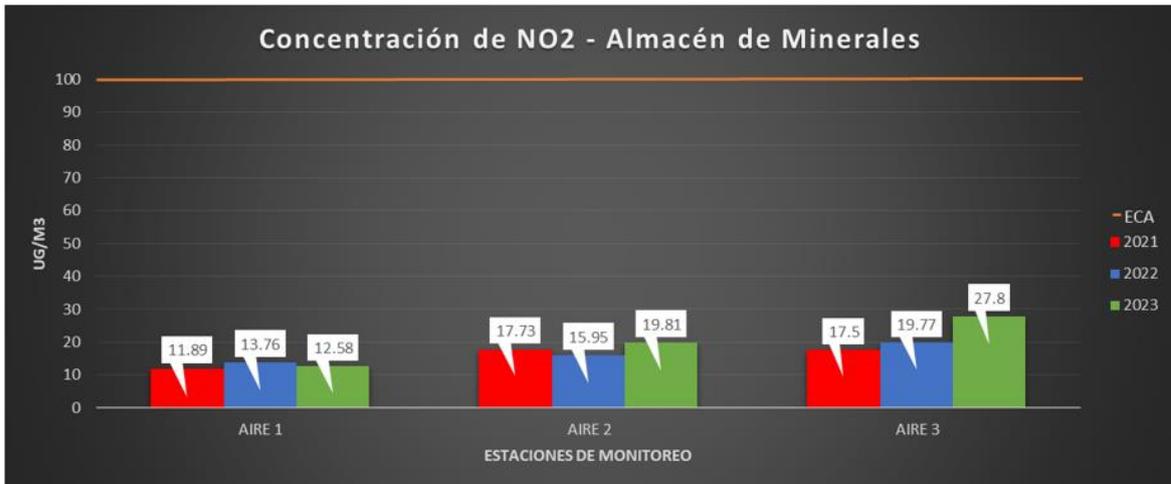
*Concentración de SO2 - Almacén de Minerales*



Sobre la concentración de SO<sub>2</sub>, notamos que en ningún momento se acerca al valor establecido por el ECA, siendo que el mayor valor registrado fue en la estación Aire 3 en el año 2022, siendo este valor 9.59 µg/m<sup>3</sup>, siendo que está muy por debajo de 250 µg/m<sup>3</sup> decretado en la normativa nacional. El valor más bajo registrado es de 4.32, en la estación Aire 1 en el año 2021.

**Figura 47**

*Concentración de NO<sub>2</sub> - Almacén de Minerales*



Con respecto a la concentración de dióxido de Carbono, resulta que al igual que el dióxido de azufre, ningún valor resultante de los monitores de calidad de aire ha superado el ECA, siendo que estos se encuentran entre 11.89 µg/m<sup>3</sup> y 27.8 µg/m<sup>3</sup> obtenidos en las estaciones Aire 1 en el año 2021 y Aire 3 en el año 2023 respectivamente.

**Figura 48**

*Concentración de CO - Almacén de Minerales*



En el caso del CO, todos los valores obtenidos fueron por debajo de 384.184  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que están por debajo los 10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que sugiere el ECA en una medición de 8 horas.

### Figura 49

Concentración de O3 - Almacén de Minerales



Por último, el ozono alcanza valores de hasta 35.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrado en el 2022 en la estación Aire 3, y el menor valor registrado fue el año 2021 en la estación Aire 3. Ninguno de estos valores supera los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que establece el ECA de aire.

Resumiendo, el análisis de estos resultados, tenemos que ningún gas evaluado en Almacén de Minerales supera los valores decretados en la normativa que les corresponde.

### **3.3.2 Calidad de Agua**

#### **3.3.2.1 Calidad de Agua en cuerpo receptor**

Hablar de agua en cuerpo receptor quiere decir, que se va a medir la calidad del agua tomada su muestra en un cuerpo de agua natural, ya sea un río, laguna, etc.

Ya que el fin de este análisis es ver como se encuentra el agua en su estado natural, sin mayor intervención del ser humano.

##### **3.3.2.1.1. Minera Polimetálica**

La Minera Polimetálica cuenta con cinco estaciones de monitoreo de agua en cuerpo receptor que fueron comparados con el ECA categoría 3 - D1, ya que la zona de afluencia de esta empresa es una zona donde el agua se aprovecha para riego, de igual manera cuenta con tres estaciones de monitoreo de agua subterránea, los resultados de estos últimos se compararon con el ECA categoría 4 E1.

###### **3.3.2.1.1.1. Agua Superficial**

Minera Polimetálica cuenta con cinco estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial, estos son: AS-1; AS-2; AS-3; AS-3 y AS-4.

**Tabla 10**

**Resultados monitoreo AS-1 - Minera Polimetálica**

Calidad de Agua - Minera Polimetálica														
Parámetro	Unidad	AS-1											D.S. N° 004-2017-MNAM	
													Categoría 3	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
<b>Análisis de Campo</b>														
Conductividad	µS/cm	510	503	508	500	505	505	499	498	495	491	509	2 500	
Temperatura	°C	7.1	7.1	6.9	7.4	7.1	8	8.1	6.7	8.1	7.1	8.2	Δ 3	
Potencial de Hidrógeno	pH	8.12	8.19	8.13	8.22	8.14	8.3	8.13	8.19	8.12	8.29	8.23	6.5 - 8.5	
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.42	7.36	7.46	7.43	7.39	7.45	7.48	7.47	7.48	7.48	7.42	≥4	
<b>Análisis Fisicoquímicos</b>														
Bicarbonatos	mg/L	78.5	80	79.4	79.5	80.5	79.5	80.4	79.7	79.6	80.3	80.3	518	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	15	
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5	
Cianuro WAD	mg/L	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.1	
<b>Análisis de Aniones</b>														
Cloruro	mg/L	0.66	0.67	0.666	0.668	0.672	0.678	0.665	0.67	0.662	0.678	0.669	500	
Sulfato	mg/L	225.02	225.09	225.04	225.06	225.06	224.99	225.11	224.99	224.96	225.12	225	1000	
<b>Análisis Microbiológicos</b>														
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	2 000
Numeración de Escherichia coli	NMP/100 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	**
Detección Y/O Cuantificación De Huevos De Helmintos	Huevos/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Metales Totales</b>														
Aluminio Total	mg/L	0.405	0.399	0.415	0.407	0.407	0.399	0.41	0.416	0.414	0.417	0.409	5	
Arsénico Total	mg/L	0.05899	0.05897	0.05902	0.05892	0.05898	0.05886	0.05892	0.05902	0.0589	0.0589	0.05882	0.1	
Bario Total	mg/L	0.0345	0.0345	0.035	0.0351	0.0345	0.0342	0.0342	0.0349	0.035	0.0347	0.0361	0.7	
Berilio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.1	
Boro Total	mg/L	0.055	0.052	0.072	0.062	0.053	0.069	0.055	0.063	0.061	0.067	0.067	1	
Cadmio Total	mg/L	0.00065	0.00064	0.00062	0.00069	0.00076	0.00068	0.00079	0.00067	0.00068	0.00065	0.00073	0.01	
Cobalto Total	mg/L	0.00206	0.00197	0.00215	0.00206	0.00203	0.00215	0.00197	0.00201	0.002	0.00211	0.00202	0.05	
Cobre Total	mg/L	0.00335	0.00338	0.00332	0.00329	0.00322	0.00331	0.00322	0.00333	0.00335	0.00334	0.00332	0.2	
Cromo Total	mg/L	0.0007	0.0008	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.0007	0.0007	0.0008	0.0007	0.0006	0.1	
Hierro Total	mg/L	0.5703	0.5697	0.5706	0.5697	0.5706	0.5694	0.57	0.5699	0.5706	0.5692	0.5694	5	
Litio Total	mg/L	0.007	0.0069	0.0071	0.0068	0.0072	0.007	0.0067	0.0066	0.0069	0.0069	0.0068	2.5	
Magnesio Total	mg/L	11.578	11.468	11.598	11.528	11.568	11.598	11.528	11.488	11.488	11.588	11.548	**	
Manganeso Total	mg/L	0.14722	0.14723	0.14733	0.14726	0.14736	0.14735	0.14729	0.14726	0.14717	0.14721	0.14718	0.2	
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001	
Níquel Total	mg/L	0.0037	0.0051	0.0049	0.0041	0.0049	0.0033	0.004	0.0037	0.0047	0.0037	0.0047	0.2	
Plomo Total	mg/L	0.0154	0.016	0.0152	0.0159	0.0169	0.0149	0.0168	0.0166	0.0159	0.0163	0.015	0.05	
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.02	
Zinc Total	mg/L	0.2369	0.2367	0.2368	0.2364	0.2365	0.2369	0.2365	0.236	0.237	0.2371	0.2365	2	

En la estación AS-1, podemos observar que ninguno de los parámetros analizados y comparados con el ECA categoría 3 D1 exceden los valores indicados en él, demostrando que la estación, de Minera Polimetálica, medida se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional. Sin embargo, cabe mencionar que existen parámetros que aunque no superen a la norma, si se encuentran ligeramente elevados como puede ser el caso del pH aunque esto se deba a condiciones naturales de la zona. Así mismo, también notamos el caso del manganeso que se encuentra cerca de llegar a su valor indicado en el ECA, por último, notamos que el Zinc, también se encuentra aun 10% de la concentración establecida en la norma, dando en cuenta el principal mineral extraído en esta minera.

**Tabla 11**

**Resultados monitoreo AS-2 - Minera Polimetálica**

Calidad de Agua - Minera Polimetálica														D.S. N° 004-2017-MINAF	
Parámetro	Unidad	AS-2											Categoría 3		
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	D1		
													Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
<b>Análisis de Campo</b>															
Conductividad	µS/cm	476	477	462	458	478	468	466	468	461	473	469	2 500		
Temperatura	°C	8	8.5	7.4	7.1	7.8	7.5	7.1	7.4	7.7	8.3	6.8	Δ 3		
Potencial de Hidrógeno	pH	8.41	8.4	8.4	8.47	8.41	8.45	8.44	8.38	8.39	8.45	8.41	6.5- 8.5		
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.75	7.84	7.71	7.76	7.68	7.76	7.69	7.82	7.69	7.74	7.67	≥4		
<b>Análisis Fisicoquímicos</b>															
Bicarbonatos	mg/L	120.3	118.9	119.2	119.6	120	119.9	119.9	119.6	119.9	120.9	120.2	518		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3.8	3.6	3.2	3.8	3.6	3.6	3.1	3.2	3.6	3.5	4	15		
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5		
Cianuro WAD	mg/L	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.1		
<b>Análisis de Aniones</b>															
Cloruro	mg/L	0.39	0.373	0.389	0.385	0.38	0.383	0.387	0.374	0.381	0.384	0.383	500		
Sulfato	mg/L	17.2	17.08	17.2	17.03	17.03	17.12	17.18	17.22	17.15	17.14	17.21	1000		
<b>Análisis Microbiológicos</b>															
Numeración de Coliformes Fecales o	NMP/10 0 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	2 000	
Numeración de Escherichia coli	NMP/10 0 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	**	
Cuantificación De Huevo	Huevos/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<b>Metales Totales</b>															
Aluminio Total	mg/L	0.026	0.016	0.025	0.03	0.024	0.024	0.017	0.016	0.022	0.029	0.031	5		
Arsénico Total	mg/L	0.00174	0.00177	0.00161	0.0018	0.00176	0.0017	0.00167	0.00175	0.00175	0.00172	0.00169	0.1		
Bario Total	mg/L	0.0284	0.0297	0.0299	0.0292	0.0298	0.029	0.029	0.0284	0.029	0.0294	0.0288	0.7		
Berilio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.1		
Boro Total	mg/L	0.075	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	1		
Cadmio Total	mg/L	0.00005	0.00004	0.0003	0.00004	0.00002	0.00001	0.00006	0.00005	0.00002	0.00005	0.00002	0.01		
Cobalto Total	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	0.05		
Cobre Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.2		
Cromo Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.1		
Hierro Total	mg/L	0.0764	0.0753	0.0765	0.0748	0.0745	0.0755	0.0752	0.0759	0.0757	0.0746	0.0762	5		
Litio Total	mg/L	0.0003	0.0004	0.0003	0.0005	0.0013	0.0007	0.0008	0.001	0.0011	0.0006	0.0005	2.5		
Magnesio Total	mg/L	4.907	4.957	4.937	5.057	5.057	4.967	4.877	4.937	5.037	5.047	4.957	**		
Manganeso Total	mg/L	0.01258	0.01264	0.0127	0.01269	0.01257	0.0126	0.0127	0.01257	0.01257	0.01263	0.01257	0.2		
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001		
Níquel Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.2		
Plomo Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.05		
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.02		
Zinc Total	mg/L	0.0144	0.0143	0.0153	0.0146	0.0152	0.0146	0.0146	0.0146	0.0144	0.0153	0.0145	2		

En el caso del AS-2, al igual que el anterior, ninguno de los parámetros analizados excede a su correspondiente en la norma nacional. No obstante, de igual manera que en el AS-1, el pH se encuentra elevado, llegando casi a los 8.5 establecidos, siendo que el máximo valor registrado se dio en abril con 8.47, esto de igual manera resaltando que se debe a condiciones naturales de la zona, aunque no se debe tomar a la ligera, ya que ante un posible suceso, el agua podría alcalinizarse generando que supere los 8.5.

**Tabla 12**

**Resultados monitoreo AS-3 - Minera Polimetálica**

Calidad de Agua - Minera Polimetálica														
Parámetro	Unidad	AS-3											D. S. N° 004-2017-MINAM	
													Categoría 3	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
<b>Análisis de Campo</b>														
Conductividad	µS/cm	700	696	700	708	709	705	691	707	698	706	699	2 500	
Temperatura	°C	7	7.6	7.6	7.3	7.2	7.6	7	7.4	7.5	7.4	7.4	Δ 3	
Potencial de Hidrógeno	pH	7.74	7.86	7.82	7.73	7.78	7.75	7.67	7.8	7.8	7.84	7.77	6.5 – 8.5	
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.87	6.91	6.82	6.86	6.79	6.79	6.77	6.74	6.86	6.77	6.84	≥4	
<b>Análisis Físicoquímicos</b>														
Bicarbonatos	mg/L	127.8	127.1	127.1	128	128	126.4	127.9	127.9	127.8	128	127.3	518	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	15	
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5	
Cianuro WAD	mg/L	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.1	
<b>Análisis de Aniones</b>														
Cloruro	mg/L	0.471	0.472	0.464	0.48	0.463	0.478	0.479	0.464	0.473	0.462	0.47	500	
Sulfato	mg/L	242.99	242.91	243.04	242.91	242.95	242.93	243.05	242.92	242.91	242.88	242.96	1000	
<b>Análisis Microbiológicos</b>														
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/10 0 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	2 000
Numeración de Escherichia coli	NMP/10 0 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	**
Detección Y/O Cuantificación De Huevos De Helmintos	Huevos/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Metales T Totales</b>														
Aluminio Total	mg/L	0.062	0.064	0.071	0.072	0.059	0.062	0.052	0.07	0.062	0.057	0.062	5	
Arsénico Total	mg/L	0.03103	0.03088	0.03086	0.03095	0.03103	0.03086	0.03097	0.03095	0.03097	0.03086	0.03093	0.1	
Bario Total	mg/L	0.046	0.0467	0.0465	0.0461	0.0464	0.0467	0.0463	0.0466	0.0448	0.0457	0.0458	0.7	
Berilio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.1	
Boro Total	mg/L	0.057	0.051	0.068	0.054	0.053	0.051	0.054	0.056	0.064	0.067	0.059	1	
Cadmio Total	mg/L	0.0002	0.00022	0.00028	0.00028	0.00019	0.0002	0.00018	0.00013	0.00031	0.00029	0.00021	0.01	
Cobalto Total	mg/L	0.0007	0.0001	-0.0002	0.0006	-0.0009	-0.0006	0.0008	0.0011	0.0003	0.0002	0.0001	0.05	
Cobre Total	mg/L	0.00126	0.00176	0.00126	0.00236	0.00256	0.00316	0.00296	0.00216	0.00276	0.00286	0.00226	0.2	
Cromo Total	mg/L	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0005	0.0004	0.0005	0.0002	0.0001	0.0003	0.1	
Hierro Total	mg/L	0.1108	0.1109	0.1118	0.1105	0.1103	0.1118	0.1107	0.111	0.1118	0.1112	0.1112	5	
Litio Total	mg/L	0.0061	0.0059	0.0053	0.0065	0.0056	0.0063	0.006	0.0049	0.0068	0.0062	0.0059	2.5	
Magnesio Total	mg/L	12.08	12.15	12.14	12.04	12.14	11.97	12.16	12.07	12.12	11.98	12.06	**	
Manganeso Total	mg/L	0.06429	0.06449	0.06432	0.06434	0.06448	0.06444	0.06431	0.06443	0.06438	0.06438	0.06439	0.2	
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001	
Níquel Total	mg/L	0.0037	0.0032	0.0031	0.0039	0.0032	0.0041	0.0048	0.0033	0.0031	0.0036	0.0038	0.2	
Plomo Total	mg/L	0.0005	0.002	0.0009	0.002	0.0008	0.0012	0.0016	0.0004	0.0012	0.001	0.0012	0.05	
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.02	
Zinc Total	mg/L	0.0524	0.0535	0.0534	0.0532	0.0539	0.0537	0.0528	0.0523	0.053	0.0533	0.0533	2	

En la estación AS-3, se tiene que en la tabla 12, los resultados del monitoreo indican que ningún parámetro fue superado. Siendo que en este caso se puede observar que el pH se encuentra en un valor casi neutro, no obstante un valor resaltante es el del arsénico, que si bien se encuentra cerca de una tercera par del valor indicado en el ECA, este es una componente dañino para la salud, sin embargo esto se puede deber a condiciones netamente de la zona.

**Tabla 13**

**Resultados monitoreo AS-4 - Minera Polimetálica**

Calidad de Agua - Minera Polimetálica														
Parámetro	Unidad	AS-4											D. S. N° 004-2017-MINAM	
													Categoría 3	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
<b>Análisis de Campo</b>														
Conductividad	µS/cm	442	450	448	440	444	448	441	447	443	447	449	2 500	
Temperatura	°C	7	7.6	7.5	7.2	8.1	6.7	8.2	8.1	8.3	7.5	8.1	Δ 3	
Potencial de Hidrógeno	pH	8.49	8.47	8.49	8.38	8.4	8.45	8.43	8.48	8.37	8.39	8.47	6.5 – 8.5	
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.04	7.06	6.99	7.15	7.03	6.98	7.09	7	7.09	7.16	7	≥4	
<b>Análisis Físicoquímicos</b>														
Bicarbonatos	mg/L	91.6	91.5	91.3	91.9	91.7	91	90.8	92.3	92	91.4	91.3	518	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	3.6	<2.6	4.6	<2.7	<2.7	5.6	15	
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5	
Cianuro WAD	mg/L	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.1	
<b>Análisis de Aniones</b>														
Cloruro	mg/L	0.785	0.794	0.795	0.793	0.789	0.8	0.794	0.799	0.801	0.797	0.793	500	
Sulfato	mg/L	141.21	141.12	141.02	141.2	141.09	141.02	141.02	141.11	141.11	141.02	141.06	1000	
<b>Análisis Microbiológicos</b>														
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	MP/100 m	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	2 000
Numeración de Escherichia coli	MP/100 m	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	**
Detección Y/O Cuantificación De Huevos De Helmintos	Huevos/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Metales Totales</b>														
Aluminio Total	mg/L	0.047	0.037	0.039	0.046	0.047	0.047	0.027	0.029	0.032	0.046	0.033	5	
Arsénico Total	mg/L	0.01732	0.01736	0.01728	0.01728	0.01731	0.01746	0.01728	0.01746	0.01733	0.01743	0.01742	0.1	
Bario Total	mg/L	0.0409	0.0416	0.0422	0.0413	0.0416	0.0406	0.0419	0.0413	0.0412	0.0407	0.0422	0.7	
Berilio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.1	
Boro Total	mg/L	0.034	0.042	0.045	0.044	0.049	0.045	0.037	0.039	0.046	0.045	0.052	1	
Cadmio Total	mg/L	0.0008	0.0001	0.0007	0.0006	0.0009	0.0009	0.0001	0.0007	0.0008	0.0007	0.0008	0.01	
Cobalto Total	mg/L	0.00027	0.00017	0.00022	0.00011	0.00022	0.00011	0.0002	0.00017	0.00024	0.00011	0.00012	0.05	
Cobre Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.2	
Cromo Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.1	
Hierro Total	mg/L	0.0574	0.0577	0.057	0.0582	0.0573	0.0576	0.0573	0.0575	0.0571	0.0575	0.0571	5	
Litio Total	mg/L	0.0043	0.0049	0.0041	0.005	0.0044	0.0047	0.0059	0.0041	0.0052	0.0048	0.0043	2.5	
Magnesio Total	mg/L	8.736	8.746	8.686	8.746	8.726	8.736	8.726	8.656	8.766	8.806	8.696	**	
Manganeso Total	mg/L	0.04454	0.04464	0.04457	0.04465	0.04473	0.04458	0.04467	0.04457	0.04467	0.04458	0.04467	0.2	
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001	
Níquel Total	mg/L	0.0017	0.0007	0.0013	0.0009	0.0012	0.0013	0.0013	0.0011	0.0012	0.001	0.0014	0.2	
Plomo Total	mg/L	0.0012	0.0009	0.0018	0.0013	0.0011	0.0017	0.0019	0.0018	0.0013	0.0015	0.0016	0.05	
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.02	
Zinc Total	mg/L	0.0169	0.0175	0.0185	0.0176	0.0182	0.0184	0.017	0.0168	0.0166	0.0176	0.0183	2	

En la tabla 13, tenemos los resultados del monitoreo realizado a la estación AS-4, la cual mantiene todos los valores registrados por debajo de los establecidos en el ECA. Sin embargo, es menester resaltar que el pH de esta estación se encuentra cerca de superar el ECA, siendo que se registró un valor máximo de 8.49, y considerando que se está comparando con la categoría 3 D1, este no debe exceder de 8.5, estando al límite ser perjudicial. Al ser que el pH sea elevado en la zona por condiciones naturales, se recomienda tomar medidas preventivas, frente alguna elevación de este parámetro.

Tabla 14: Resultados monitoreo AS-5 - Minera Polimetálica

Calidad de Agua - Minera Polimetálica														
Parámetro	Unidad	AS-5										D.S. N° 004-2017-MINAM		
												Categoría 3		
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
<b>Análisis de Campo</b>														
Conductividad	µS/cm	474	461	464	459	459	471	457	474	469	460	456	2 500	
Temperatura	°C	6.8	8.7	7.8	8.2	6.8	8.7	7.5	7.7	6.9	6.9	7.6	8.3	
Potencial de Hidrógeno	pH	7.14	7.03	7.06	6.99	7.12	7.05	6.96	7.15	7.04	6.97	6.99	6.5 - 8.5	
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.55	6.66	6.65	6.71	6.56	6.66	6.72	6.69	6.58	6.58	6.62	34	
<b>Análisis Fisicoquímicos</b>														
Bicarbonatos	mg/L	61.2	61.4	61.6	61.5	62	62.5	61.9	61.1	61.4	60.7	61.3	518	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	3.6	<2.6	4.6	<2.7	5.6	<2.8	15	
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5	
Cianuro WAD	mg/L	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.1	
<b>Análisis de Aniones</b>														
Cloruro	mg/L	0.87	0.868	0.874	0.869	0.881	0.866	0.88	0.872	0.87	0.879	0.879	500	
Sulfato	mg/L	166.51	166.59	166.5	166.44	166.56	166.55	166.54	166.49	166.57	166.59	166.44	1000	
<b>Análisis Microbiológicos</b>														
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	MP/100 m	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	2 000
Numeración de Escherichia coli	MP/100 m	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000	**
Detección Y/O Cuantificación De Huevos De Helminthos	Huevos/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Metales Totales</b>														
Aluminio Total	mg/L	0.175	0.168	0.166	0.173	0.167	0.161	0.158	0.166	0.167	0.161	0.158	5	
Arsénico Total	mg/L	0.00619	0.00606	0.00614	0.00621	0.00624	0.00613	0.00619	0.00623	0.00611	0.00612	0.00615	0.1	
Bario Total	mg/L	0.0542	0.0533	0.0532	0.0542	0.0532	0.0526	0.0535	0.054	0.0539	0.0541	0.0542	0.7	
Berilio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.1	
Boro Total	mg/L	0.02	0.037	0.029	0.035	0.028	0.023	0.038	0.033	0.024	0.039	0.019	1	
Cadmio Total	mg/L	0.0024	0.00223	0.0023	0.00228	0.00227	0.0022	0.00237	0.00239	0.00223	0.00235	0.00234	0.01	
Cobalto Total	mg/L	0.01578	0.01569	0.01573	0.01583	0.01564	0.01572	0.01573	0.01573	0.01581	0.01567	0.01564	0.05	
Cobre Total	mg/L	0.00731	0.00718	0.00721	0.00725	0.00713	0.00716	0.00729	0.00719	0.00714	0.00723	0.00726	0.2	
Cromo Total	mg/L	0.002	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.1	
Hierro Total	mg/L	1.0754	1.0744	1.0745	1.0738	1.0745	1.0749	1.0737	1.0751	1.0745	1.0736	1.0744	5	
Litio Total	mg/L	0.0068	0.0061	0.007	0.0069	0.0068	0.0064	0.0076	0.0071	0.006	0.0071	0.0076	2.5	
Magnesio Total	mg/L	10.417	10.437	10.407	10.347	10.377	10.347	10.427	10.367	10.427	10.417	10.417	**	
Manganeso Total	mg/L	0.122	0.121	0.123	0.123	0.124	0.123	0.123	0.121	0.12	0.121	0.123	0.2	
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.001	
Niquel Total	mg/L	0.022	0.0212	0.022	0.0211	0.0222	0.0225	0.0218	0.0222	0.0211	0.0218	0.0225	0.2	
Plomo Total	mg/L	0.007	0.0076	0.0067	0.0065	0.0066	0.0064	0.0062	0.0075	0.006	0.0072	0.0076	0.05	
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.02	
Zinc Total	mg/L	0.6988	0.6992	0.699	0.6989	0.6996	0.6997	0.6992	0.6995	0.7	0.6992	0.6997	2	

En esta tabla 14, observamos que al igual que en todos los casos anteriores, los parámetros analizados y comparados en con la norma nacional en su categoría correspondiente, no superan lo establecido. Siendo el caso a resaltar el del parámetro, cobalto que se encuentra cerca del valor establecido en el ECA, al igual que el manganeso, siendo la segunda ocasión en que este parámetro no supera al ECA pero si se registra en altas concentraciones en base a su comparación con la norma.

En resumen, Minera Polimetálica dentro de lo que se refiere a calidad de agua superficial, no está incumpliendo con la normativa nacional, siendo que todos los parámetros analizados y comparados en el ECA de agua categoría 3 D1, no superan lo decretado en el decreto supremo previamente mencionado.

No obstante, se hace hincapié en que si bien ningún parámetro supera la norma, existen algunos que si se han registrado valores elevados y pueden ser que en algún momento exceda lo indicado en el ECA y sea perjudicial para el ambiente, así como otros que de encontrarse en altas concentraciones como el arsénico, sería dañino para los humanos que, en este caso, consuman de los alimentos regados con esta agua.

### 3.3.2.1.1.2. Agua Subterránea

Para el caso de agua subterránea, se tienen tres estaciones de monitoreo que son piezómetros, que en este trabajo denominaremos: ASB-1; ASB-2 Y ASB-3. Estas están siendo comparadas con el ECA categoría 4 - E1, para lagunas y lagos. Debido a que si bien no existe un ECA destinado exclusivamente para aguas subterráneas, se puede tomar como referencia el ECA categoría 4 – E1 dependiendo del tipo de control y a que cuerpos de agua se les quiera realizar un control con los monitoreos.

Tabla 15: Resultados monitoreo ASB-1 - Minera Polimetálica

Calidad de Agua - Minera Polimetálica													
Parámetro	Unidad	ASB-1											D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 4 - E1: Lagunas y lagos
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	
<b>Análisis Físicoquímicos</b>													
Sólidos Totales Suspendidos	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	6.9	6.96	6.91	7.06	6.97	7.04	6.99	7.05	7	6.94	6.99	≤ 25
Amoniaco	mg NH3/L	0.248	0.288	0.218	0.298	0.268	0.128	0.178	0.148	0.218	0.148	0.168	-1
Nitrógeno Total	mg N/L	0.094	0.194	0.134	0.054	0.195	0.254	0.128	0.148	0.218	0.213	0.125	0.315
Fosforo Total	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.035
Sulfuro	mg/L	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	0.002
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	5
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5
<b>Análisis de Campo</b>													
Conductividad	uS/cm	680	682	692	673	674	691	681	685	682	688	673	1 000
Temperatura	°C	10.1	11.3	9.9	10.4	11.1	9.7	11.5	11.4	10.7	11.6	9.7	Δ 3
Potencial de Hidrógeno	pH	7.82	7.75	7.76	7.74	7.68	7.82	7.63	7.64	7.73	7.66	7.64	6.5 a 9.0
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.32	6.41	6.29	6.33	6.39	6.39	6.25	6.38	6.35	6.27	6.4	≥ 5
<b>Análisis Microbiológicos</b>													
Coliformes Fecales o	NMP/100 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000
<b>Metales</b>													
Antimonio Total	mg/L	0.01789	0.01771	0.01777	0.01774	0.01787	0.01778	0.01782	0.01787	0.01781	0.01791	0.01783	0.64
Arsénico Total	mg/L	0.06147	0.06135	0.06147	0.06141	0.06139	0.06138	0.0614	0.06139	0.06145	0.06154	0.06148	0.15
Bario Total	mg/L	0.01873	0.01872	0.01874	0.01873	0.01886	0.01879	0.0188	0.0189	0.0188	0.01878	0.01889	0.7
Cobre Total	mg/L	0.00133	0.00833	0.00933	0.00133	0.00833	0.00067	0.00033	0.00133	0.00033	0.00467	0.00167	0.1
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.0001
Níquel Total	mg/L	0.0011	0.0009	0.001	0.0006	0.0014	0.0019	0.0005	0.001	0.001	0.0014	0.0009	0.052
Plomo Total	mg/L	0.0016	0.0018	0.0005	0.002	0.0016	0.0002	0.0015	0.001	0.0011	0.0012	0.0012	0.0025
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.005
Talio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.0008
Zinc Total	mg/L	0.033	0.036	0.045	0.033	0.036	0.048	0.051	0.052	0.043	0.049	0.034	0.12
Cadmio Disuelto	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	0.00025

De la presente tabla podemos observar que en ningún valor resultante de los parámetros analizados en la estación ASB-1 se encontró por debajo de la normativa nacional, ECA del agua, teniendo que la mayoría de los parámetros analizados se encuentran bastante por debajo de lo señalado en el ECA con el que se le está comparando.

**Tabla 16**

**Resultados monitoreo ASB-2 - Minera Polimetálica**

Calidad de Agua - Minera Polimetálica													
Parámetro	Unidad	ASB-2										D.S. N° 004-2017-MINAM Categoría 4 - El: Lagunas y lagos	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre		Noviembre
<b>Análisis Físicoquímicos</b>													
Sólidos Totales Suspendidos	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	≤ 25
Amoníaco	mg NH3/L	0.025	0.026	0.019	0.032	0.028	0.017	0.027	0.02	0.035	0.029	0.02	-1
Nitrógeno Total	mg N/L	0.142	0.125	0.121	0.13	0.125	0.129	0.133	0.133	0.121	0.13	0.126	0.315
Fosforo Total	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.035
Sulfuro	mg/L	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	0.002
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	5
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5
<b>Análisis de Campo</b>													
Conductividad	uS/cm	230	232	232	228	229	234	233	227	233	232	228	1 000
Temperatura	°C	15.5	14.2	14.1	13.2	14.5	15.2	14.8	13.7	13.3	14.5	14.6	8.3
Potencial de Hidrógeno	pH	8.5	8.3	7.8	7.6	7.3	8.5	8.1	8.7	8.7	7.6	7.6	6.5 a 9.0
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.18	6.29	6.11	6.37	6.13	6.21	6.18	6.16	6.29	6.18	6.31	≥ 5
<b>Análisis Microbiológicos</b>													
Numeraación de Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000
<b>Metales</b>													
Antimonio Total	mg/L	0.00023	0.00025	0.00026	0.0001	0.00022	0.00019	0.00021	0.00018	0.00024	0.00039	0.00032	0.64
Arsénico Total	mg/L	0.0011	0.0014	0.0014	0.0013	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	0.0015	0.0012	0.15
Bario Total	mg/L	0.0165	0.0171	0.0168	0.0174	0.0173	0.0168	0.017	0.0173	0.017	0.0168	0.017	0.7
Cobre Total	mg/L	0.00032	0.00052	0.00053	0.00066	0.00084	0.00092	0.00057	0.00089	0.00034	0.00061	0.00053	0.1
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.0001
Níquel Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.052
Plomo Total	mg/L	0.0011	0.0013	0.0017	0.0016	0.0012	0.0013	0.0014	0.001	0.0013	0.001	0.0013	0.0025
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.005
Talio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.0008
Zinc Total	mg/L	0.0431	0.0454	0.0456	0.0454	0.0455	0.0458	0.0458	0.0457	0.0456	0.0454	0.0455	0.12
Cadmio Disuelto	mg/L	0.00006	0.00005	0.0007	0.0008	0.00035	0.00045	0.0001	0.00045	0.00015	0.00035	0.00025	0.00025

Al igual que en el anterior caso, los resultados obtenidos en el monitoreo de la estación ASB-2, se comparan con el ECA categoría 4 E1 lagos y lagunas. Al efectuarse esta comparación, se observa que todos los parámetros analizados no superan la norma. Denotando que las actividades de Minera Polimetálica, no repercuten a tal manera que las aguas subterráneas se vean afectadas, impactando de manera negativa sobre ellas.

**Tabla 17**

*Resultados monitoreo ASB-3 - Minera Polimetálica*

Calidad de Agua - Minera Polimetálica														
Parámetro	Unidad	ASB-3											D.S. N° 004-2017-MINAM	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Categoría 4 - E1: Lagunas y lagos	
<b>Análisis Físicoquímicos</b>														
Sólidos Totales Suspendedos	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	≤ 25
Amoniaco	mg NH3/L	0.131	0.124	0.131	0.13	0.123	0.14	0.123	0.131	0.124	0.118	0.13		-1
Nitrógeno Total	mg N/L	0.12	0.127	0.123	0.108	0.121	0.116	0.116	0.113	0.123	0.119	0.118		0.315
Fosforo Total	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.035
Sulfuro	mg/L	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	0.002
Demanda Bioquímica	mg/L	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	5
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5
<b>Análisis de Campo</b>														
Conductividad	uS/cm	202	202	213	216	203	206	215	218	216	215	208		1 000
Temperatura	°C	9.5	9.3	10.9	9	10.3	9.7	9.7	9.3	9.3	10.9	9.9		Δ 3
Potencial de Hidrógeno	pH	8.54	8.4	8.58	8.41	8.38	8.55	8.53	8.44	8.49	8.4	8.48		6.5 a 9.0
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.93	6.85	6.78	6.91	6.82	6.87	6.8	6.96	6.97	6.89	6.88		≥ 5
<b>Análisis Microbiológicos</b>														
Numeración de Coliformos Totales	NMP/100 mL	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	1 000
<b>Metales</b>														
Antimonio Total	mg/L	0.00017	0.00013	0.00027	0.0002	0.0001	0.00021	0.00019	0.00013	0.00012	0.00023	0.00019		0.64
Arsénico Total	mg/L	0.00311	0.00354	0.00196	0.00181	0.00259	0.00265	0.00218	0.00237	0.00219	0.00202	0.00252		0.15
Bario Total	mg/L	0.0477	0.0307	0.0588	0.0345	0.0553	0.0467	0.0423	0.0327	0.0384	0.0296	0.0617		0.7
Cobre Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.1
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	0.0001
Níquel Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.052
Plomo Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.0025
Selenio Total	mg/L	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	0.005
Talio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	0.0008
Zinc Total	mg/L	0.0523	0.0863	0.0723	0.0503	0.0363	0.0923	0.0103	0.0143	0.031	0.0453	0.0853		0.12
Cadmio Disuelto	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	0.00025

Según el análisis de los parámetros en la estación ASB-3, podemos observar en sus resultados que todos estos se encuentran dentro del rango admitido por la norma nacional con la que se les está comparando.

Los resultados de los monitoreos de las estaciones de agua subterránea de Minera Polimetálica, demuestran que las actividades producidas por esta empresa, no generan un impacto tal cual afecte de manera negativa el agua como cuerpo receptor, llegando a superar los límites admisibles por el estándar de calidad ambiental.

### **3.3.2.2 Calidad de Agua en efluente**

Cuando nos referimos a calidad de agua en efluente, lo que se busca es determinar cómo está, en cuestión de contaminantes, el agua que va a ser descargada a un cuerpo natural, como lo pueden ser ríos o lagunas.

#### **3.3.2.2.1. Minera Polimetálica**

Para el caso de la evaluación de la calidad de agua en efluentes se comparará con el valor de la norma D.S. N° 010-2010-MINAM, debido a que las actividades realizadas por esta empresa corresponden a la de una mina, teniendo que ser estricto en la materia de evaluación debido a la carga contaminante que el fluente de este tipo de empresas suelen contener.

La Minera Polimetálica cuenta con una estación de efluente, la cual será denominada como “Efluente 1”.

En el siguiente cuadro de resultados podemos observar los valores obtenidos de enero a noviembre del presente año en el Efluente 1 de Minera Polimetálica.

**Tabla 18***Resultados Monitoreo Efluente 1 - Minera Polimetálica*

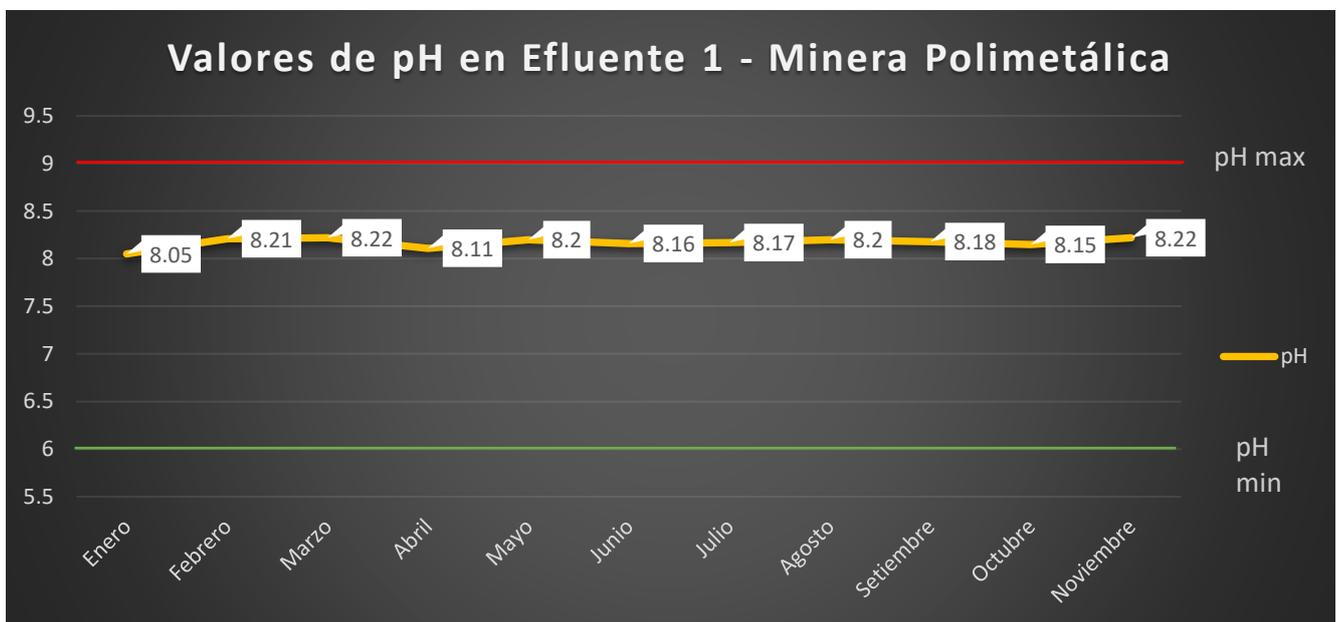
Estación 1													
Parámetro	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
pH	mg/L	8.05	8.21	8.22	8.11	8.2	8.16	8.17	8.2	8.18	8.15	8.22	8.17
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	19	20	19	17	18	21	19	18	19	20	19	19
Aceites y Grasas	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Cianuro Total	mg/L	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
Arsénico Total	mg/L	0.05678	0.05668	0.05661	0.05673	0.05677	0.05682	0.05671	0.05681	0.05673	0.0568	0.05659	0.05673
Cadmio Total	mg/L	0.0006	0.00059	0.00051	0.00053	0.00049	0.00051	0.00045	0.0005	0.0005	0.00046	0.00047	0.00051
Cromo Hexavalente	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cobre Total	mg/L	0.00223	0.00225	0.00219	0.0024	0.00218	0.00217	0.00222	0.0022	0.00223	0.00221	0.00225	0.00223
Hierro Disuelto	mg/L	0.014	0.0145	0.0153	0.0149	0.0151	0.015	0.0146	0.0147	0.0149	0.0148	0.015	0.0148
Plomo Total	mg/L	0.0149	0.014	0.015	0.0139	0.0148	0.0144	0.0147	0.0141	0.0144	0.014	0.0142	0.0144
Mercurio Total	mg/L	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009	<0.00009
Zinc Total	mg/L	0.4377	0.4387	0.4388	0.4397	0.438	0.4392	0.4386	0.4382	0.4394	0.4384	0.439	0.4387

En la tabla se encuentran los valores de los monitoreos realizados a lo largo de lo que va del año, al final considerando un promedio para compararlo con el valor anual de la norma D.S. N° 010-2010-MINAM.

Uno de los parámetros más críticos en los que los efluentes suelen estar por fuera de la norma es el pH, siendo que estos tienen que estar en el rango de 6 a 9 unidades de pH. A continuación, se presentará la relación de pH en Efluente 1 de la Minera Polimetálica.

### Figura 50

Valores de pH en Efluente 1 - Minera Polimetálica



Como se observa los valores de pH de lo que va del año, se encuentran dentro de lo que exige la norma para límites máximos permisibles.

**Tabla 19***Resumen promedio anual Efluente 1 - Minera Polimetálica*

<b>Efluente 1</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Promedio</b>	<b>LMP</b>
<b>pH</b>	8.17	6 - 9
<b>Sólidos Totales en suspensión</b>	19	25
<b>Aceites y Grasas</b>	<0.4	16
<b>Cianuro Total</b>	<0.0008	0.8
<b>Arsénico Total</b>	0.05673	0.08
<b>Cadmio Total</b>	0.00051	0.04
<b>Cromo Hexavalente</b>	<0.005	0.08
<b>Cobre Total</b>	0.00223	0.4
<b>Hierro Disuelto</b>	0.0148	1.6
<b>Plomo Total</b>	0.0144	0.16
<b>Mercurio Total</b>	<0.00009	0.0016
<b>Zinc Total</b>	0.4387	1.2

En comparación a los valores en promedio anual de la norma se observa que en el caso de Efluente 1, ninguno de los parámetros analizados supera el LMP correspondiente, teniendo que los parámetros que más cerca están del valor de la norma son pH, sólidos totales en suspensión y arsénico total.

Esto es debido a que son aguas subterráneas que son utilizadas para para la extracción de mineral, y tienen contactos con varios químicos y sólidos, por eso debido a que, aunque no alcancen el límite máximo permisible, se encuentren relativamente elevados. Señalando que, al ser agua subterránea, las concentraciones de arsénico y sólidos totales en suspensión se encuentran en concentraciones más altas que la mayoría de los de los otros parámetros.

Se tiene que hacer énfasis en que a pesar de no haber superado el valor del LMP, el zinc total, ha salido casi un tercio de lo máximo establecido por la norma. Esto es debido a que la Minera Polimetálica, a pesar de extraer diferentes metales, el de mayor porcentaje de producción es el zinc. Teniendo relación en los niveles de este metal presente en el agua.

### 3.3.3 Calidad de Suelo

#### 3.3.3.1 Almacén de Minerales

Almacén de minerales posee tres puntos de suelo, de los cuales S-1 y S-3, se encuentran ubicados en zonas urbanas, por lo cual se compararán con el ECA para suelo residencial, en cambio S-2 está cerca a la empresa monitoreada, por lo cual su suelo será considerado como Industrial.

**Tabla 20**

*Resultados del Monitoreo de suelos en el punto S-1 en Almacén de Minerales*

Monitoreo de Suelos - Almacén de Minerales (2021 - 2023)													
S-1													
Parametros	2021				2022				2023				ECA
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
Arsénico Total	18.461	18.482	18.433	18.472	18.473	18.474	18.475	18.478	18.479	18.480	18.481	18.5	50
Bario Total	143.984	144.04	143.62	143.765	143.65	143.75	143.52	144.765	142.346	143.13	142.97	142.807	500
Cadmio Total	0.758	0.761	0.798	0.697	0.664	0.821	0.852	0.779	0.738	0.768	0.778	0.816	10
Cromo Total	6.761	6.759	6.751	6.751	6.821	6.781	6.691	6.761	6.661	6.771	6.721	6.823	400
Mercurio Total	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	6.6
Plomo	44.177	44.163	44.156	44.153	44.254	44.324	44.145	44.265	44.135	44.244	44.245	44.135	140

En el caso de S-1, tenemos que ninguno de los valores resultantes se encuentra por encima del ECA, por lo que no existe un impacto negativo en este punto.

**Tabla 21**

*Resultados del Monitoreo de suelos en el punto S-3 en Almacén de Minerales*

Monitoreo de Suelos - Almacén de Minerales (2021 - 2023)													
S-3													
Parametros	2021				2022				2023				ECA
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
Arsénico Total	12.512	13.112	13.302	11.842	12.092	12.572	11.672	13.272	12.132	12.672	13.022	12.662	50
Bario Total	66.392	66.323	65.507	67.383	65.398	66.605	65.742	66.121	66.685	67.267	66.309	66.672	500
Cadmio Total	0.693	0.675	0.793	0.637	0.66	0.792	0.617	0.795	0.647	0.763	0.654	0.689	10
Cromo Total	9.163	10.313	8.115	9.068	9.011	9.288	10.247	8.075	8.277	10.055	8.994	9.091	400
Mercurio Total	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	<0.262	6.6
Plomo	72.961	73.023	72.894	72.941	72.956	72.982	72.962	72.953	72.831	72.949	73.054	72.882	140

Al igual que en S-1, los resultados obtenidos en S-3 nos demuestra que ninguno de los parámetros analizados supera los del ECA para suelo residencial.

**Tabla 22**

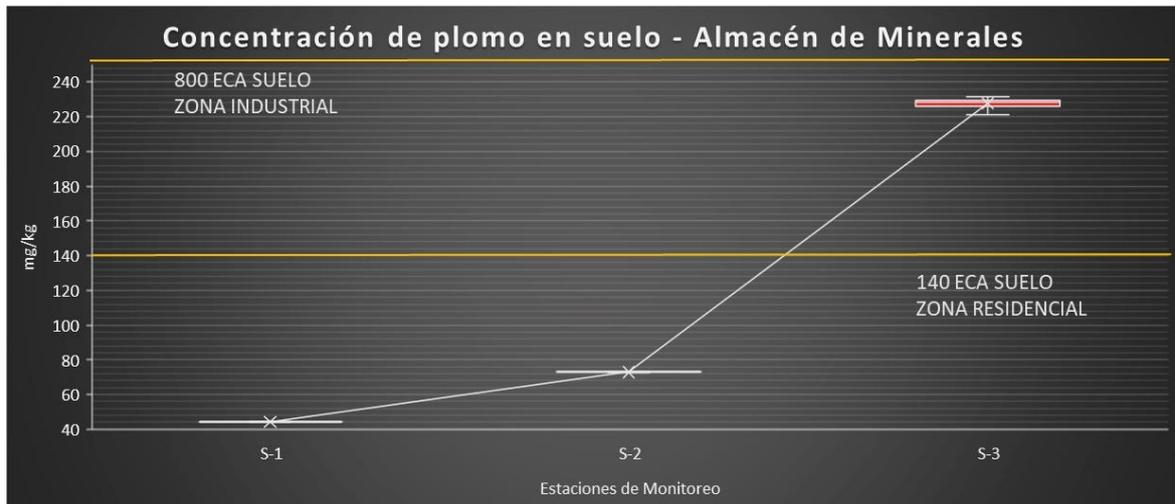
*Resultados del Monitoreo de suelos en el punto S-2 en Almacén de Minerales*

Monitoreo de Suelos - Almacén de Minerales (2021 - 2023)													
S-2													
Parametros	2021				2022				2023				ECA
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	
Arsénico Total	19.629	19.595	18.739	18.752	20.619	20.683	19.647	19.551	19.506	19.923	19.501	19.609	140
Bario Total	278.141	277.99	278.07	278.041	278.26	278.15	278.1	278.141	278.101	278.28	278.17	278.261	2000
Cadmio Total	1.286	1.117	1.865	1.643	1.745	1.864	1.235	1.276	1.336	1.226	1.136	1.136	22
Cromo Total	16.144	16.084	16.234	16.024	16.054	16.274	16.094	15.834	14.184	16.03	16.74	16.284	1000
Mercurio Total	0.589	0.692	0.665	0.716	0.487	0.685	0.72	0.613	0.538	0.464	0.456	0.543	24
Plomo	227.461	228.49	225.58	230.551	221.37	231.38	228.5	229.331	224.81	227.38	226.59	229.561	800

Para el caso de S-2 tenemos que hacer uso de los valores determinados para uso industrial, bajo esto los valores del ECA cambian. A pesar de esto, los resultados obtenidos en este punto de monitoreo de igual manera que los casos anteriores se encuentran por debajo del ECA.

### Figura 51

Concentración de Plomo en suelo - Almacén de Minerales



Sin embargo, podemos notar la elevación del parámetro plomo, siendo que en las dos primeras no superaban los 75 mg/kg, pero en este punto al encontrarse más cerca se elevan hasta un valor máximo de 230.551 mg/kg.

Para el caso de calidad de suelos en Almacén de Minerales, se concluye que todos sus parámetros analizados en tres puntos de monitoreo, no superan los valores establecidos por el ECA en sus categorías para uso de suelo residencial e industrial. Sin embargo, se recomienda el monitoreo de el parámetro plomo en un punto más cercano a la empresa ubicado en un suelo de uso residencial para determinar si en realidad la población más cercana a esta empresa se ve afectada por plomo.

### 3.3.4 Calidad de Ruido

#### 3.3.4.1 Minera Polimetálica

El monitoreo de Ruido se realiza de manera trimestral en la Minera 1, también al ser una Minera se consideraron los valores de zona Industrial que son de 80 dB en horario diurno y 70 dB en horario nocturno. Teniendo tres puntos de monitoreo.

**Tabla 23**

*Niveles de ruido en Minera Polimetálica*

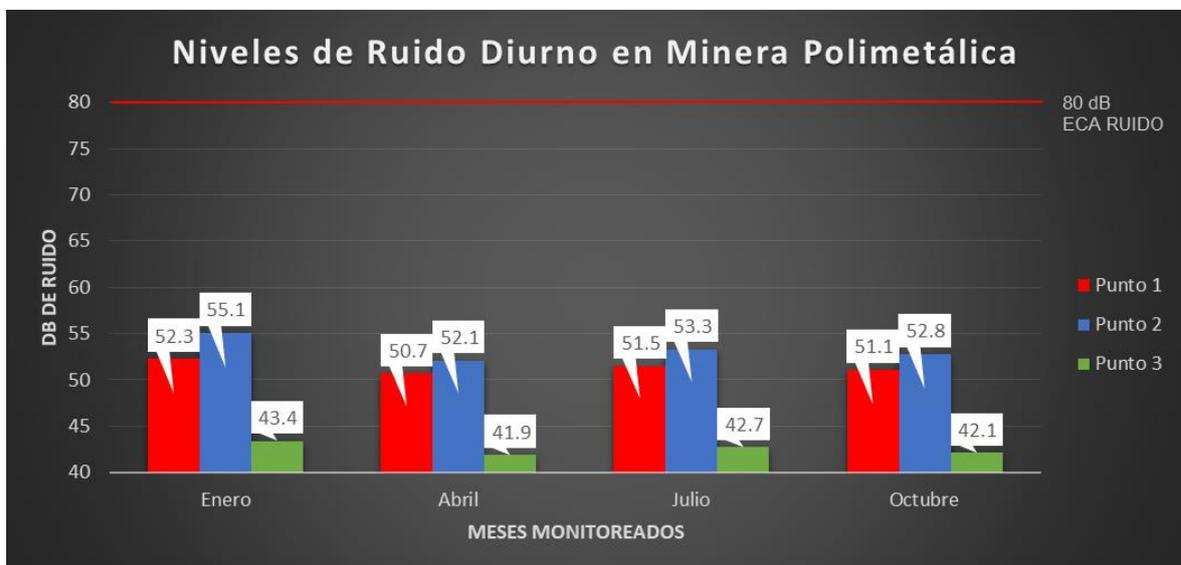
Minera Polimetálica	Enero		Abril		Julio		Octubre	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
Punto 1	52.3	48.1	50.7	45.4	51.5	47.4	51.1	46.9
Punto 2	55.1	53.4	52.1	50.8	53.3	52.6	52.8	51.8
Punto 3	43.4	35.5	41.9	33.6	42.7	34.4	42.1	33.3

En comparación con el ECA de ruido, estos valores se encuentran muy por debajo de los valores indicados siendo 80 dB durante el día.

Esto se puede contemplar en la siguiente figura.

**Figura 52**

*Niveles de ruido diurno en Minera Polimetálica*

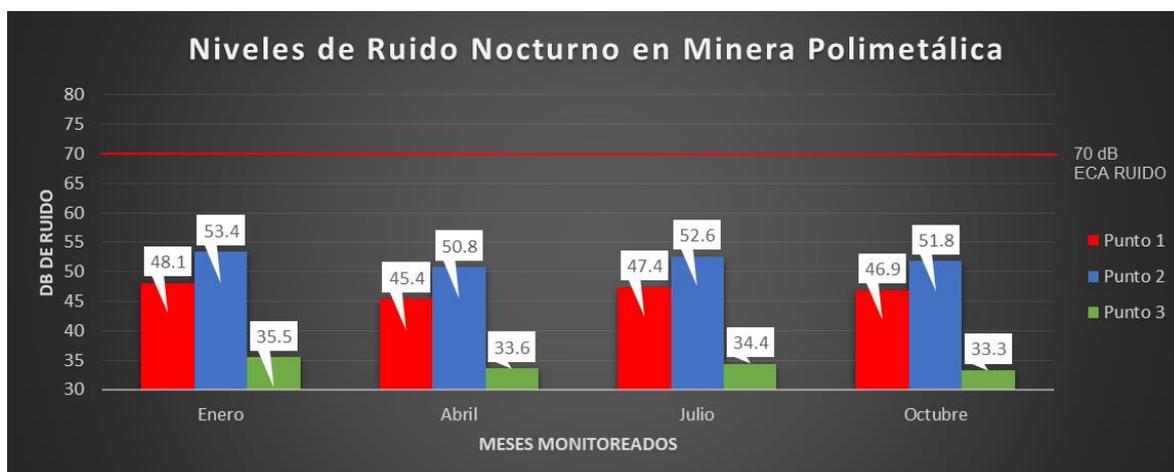


De la figura 51, podemos observar que ningún valor registrado supera los 80 dB establecidos en el ECA, siendo que el mayor valor registrado fue de 55.1 dB en el Punto 1 en enero y el menor valor registrado fue de 41.9 dB en el punto 3 en abril.

De igual manera se observa los resultados en comparación al ruido en horario nocturno.

**Figura 53**

*Niveles de ruido nocturno en Minera Polimetálica*



De la figura 52 podemos observar que de igual manera que el anterior, ningún valor supera el valor del ECA correspondiente, siendo que el mayor valor registrado fue de 53.4 dB en el Punto 2 en el mes de enero y el menor fue de 33.3 dB en el Punto 3 en octubre. Ninguno de los niveles resultantes supera a los 70 dB establecidos en el ECA para el horario nocturno.

Finalmente podemos decir que los niveles de ruido generados en la Minera Polimetálica exceden a los valores establecidos en la normativa nacional.

### 3.3.4.2 Almacén de minerales

Los puntos de ruido de la empresa Almacén de minerales, se encuentran dentro y fuera de la empresa y son de carácter puntual, siendo estos un total de 4, de igual manera determinados en los dos horarios establecidos por la norma dentro de una zona industrial.

**Tabla 24**

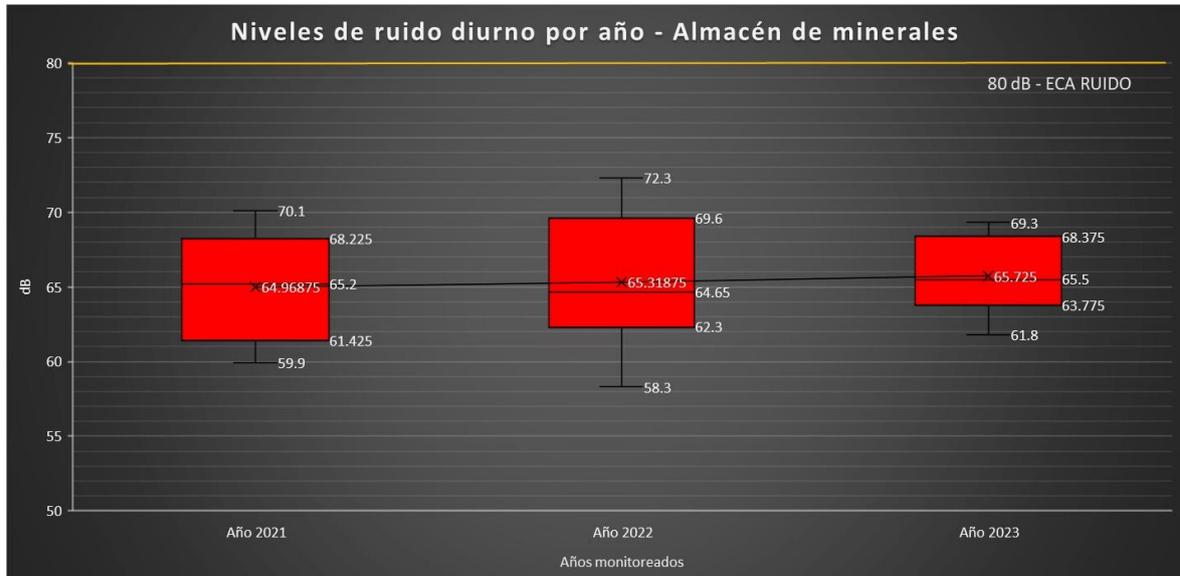
*Resultados de ruido diurno - Almacén de Minerales*

Monitoreo de Ruido Diurno - Almacén de Minerales (2021 - 2023)												
Estación	2021				2022				2023			
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
Ruido 1	61.2	59.9	62.4	63.5	60.1	61.2	58.3	64.5	65.4	66.2	64.7	62.2
Ruido 2	62.1	61.2	60.2	64.1	63.1	62.3	62.3	64.8	61.8	63.6	63.1	65.3
Ruido 3	70.1	68.7	69.3	68.3	69.9	69.9	72.1	68.7	68.7	69.3	68.8	69.1
Ruido 4	68	66.6	67.6	66.3	67.2	63.2	72.3	65.2	66.1	67.4	65.6	64.3

En la tabla 24, se observan todos los valores registrados de ruido diurno generados por la Minera Polimetálica en el periodo del 2021 al 2023. Para observar de mejor manera estos resultados, haremos uso de la siguiente figura.

**Figura 54**

*Niveles de ruido diurno por año - Almacén de Minerales*



En la figura 53 observamos que ningún valor supera los 80 dB establecidos en el ECA para el horario diurno, siendo que el mayor valor registrado fue de 72.3 dB, que con apoyo de la tabla 24 podemos observar que, se dio en octubre del 2022, en la estación Ruido 4 y el menor en 58.3 dB en agosto del año 2022 en el punto Ruido 1.

En el caso del ruido en el horario nocturno, tenemos lo siguiente.

**Tabla 25**

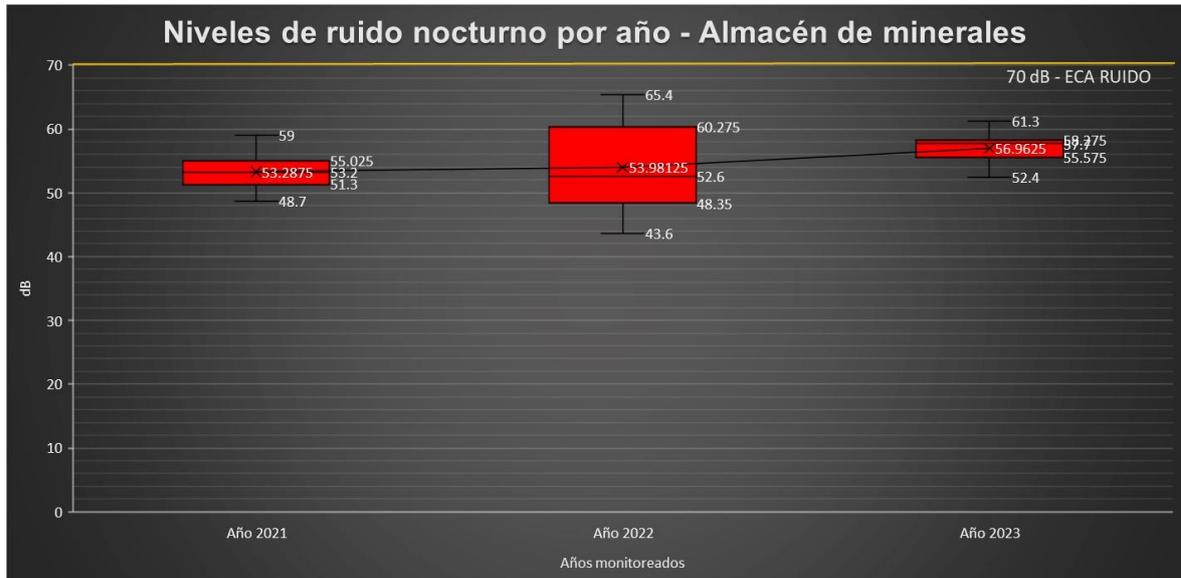
*Resultados Monitoreo de Ruido Nocturno - Almacén de Minerales*

Monitoreo de Ruido Nocturno - Almacén de Minerales (2021 - 2023)												
Estación	2021				2022				2023			
	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre	Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
Ruido 1	53.4	51.2	48.7	55.3	48.5	44.3	44.3	43.6	58.5	52.4	53.6	53
Ruido 2	50.9	53.4	49.2	51.6	48.3	57.2	51.8	56.8	57.6	55.4	56.1	59.5
Ruido 3	53.7	59	55.6	57.8	55.8	65.3	65.4	64.7	57.8	56.2	58.3	61.3
Ruido 4	52.7	54.2	52.9	53	52.9	51.2	61.3	52.3	58.2	57.4	57.9	58.2

Para observar la variación que se dio en el tiempo de estos niveles de ruido producidos en horario nocturno, tenemos el siguiente gráfico.

**Figura 55**

*Niveles de ruido nocturno - Almacén de Minerales*



En esta gráfica podemos ver que el mayor y menor valor registrados se dieron el mismo año 2022 siendo estos valores 65.4 dB y 43.6 dB, que con ayuda de su respectiva tabla sabemos que se produjeron en la estación Ruido 3 el mes de agosto de ese año y en la estación Ruido 1 en el mes de noviembre.

Para finalizar podemos decir que los niveles de ruido, generados por la empresa Almacén de Minerales, se encuentran dentro de lo legalmente permitido por la normativa nacional en ambos horarios de medición considerando que ambos se encuentran en una zona industrial.

## CONCLUSIONES

- Las empresas del sector minero monitoreadas, presentan valores que se encuentran acorde a lo decretado por la normativa ambiental nacional correspondiente. Excepto por el parámetro de PM-10 en la minera Polimetálica en el Punto 2 superando lo establecido por el ECA.
- Según la interpretación de los resultados de monitoreo de calidad de aire en la Minera Polimetálica, la mayoría de sus estaciones de monitoreo, están dentro del valor permitido con excepción de la segunda estación que tiene un valor de  $73.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de material particulado presente en el aire, cuando la normativa nos indica que a nivel anual no debe superar los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el caso del Almacén de Minerales tenemos que todos los valores registrados se encuentran acorde de lo que indica la el decreto supremo correspondiente.
- Para la calidad del agua, se ve que en la Minera Polimetálica se cumple con estar con valores dentro de los estándares nacionales, sin embargo, algunos de sus parámetros se encuentran ligeramente por debajo de lo establecido generando que sucediese un evento que impacte negativamente el agua, los valores podrían exceder lo establecido en el ECA.
- Al evaluar la carga contaminante del efluente en la estación de descarga se observó que los resultados en la Minera Polimetálica no superan el LMP correspondiente.
- Al reconocer la calidad de suelo en el Almacén de Minerales, nos damos cuenta cumple con la normativa nacional, sin embargo, se recomienda seguir realizando el monitoreo debido a la criticidad que podrían acontecer la interacción entre de los seres vivos y los metales presentes en el suelo. Sin embargo, se denota el abrupto aumento del parámetro plomo en el punto S-2, siendo que si se encontrara en una zona residencial, excedería su valor en el ECA.
- Al realizar la comparativa del ruido generado por las empresas mineras con su respectivo ECA, se observó que en ninguna de las empresas monitoreadas se exceden los niveles de ruido señalados en la normativa correspondiente. Siendo que el valor máximo dentro de Minera Polimetálica es de 55.1 dB y 72.3 dB para Almacén de minerales, para un valor máximo de 80 dB como valor diurno. Para el caso del valor de ruido generado en la

noche, Minera Polimetálica genero un nivel de 53.4 dB. y en Almacén de Minerales fue de 65.4 dB.

- El único valor que supero su ECA correspondiente fue la estación Aire-2 de Minera Polimetálica, por lo que se propone como alternativa de solución frente a ese caso es el riego constante en el área, tanto como la vía no asfaltada y colocar aspersores en el antiguo depósito de relaves para que este también evite que se levante material particulado mediante la acción del viento, además también se podría implementar una geomembrana en el antiguo depósito de relaves para evitar que se genere erosión por el viento en esa zona y de esta manera aprovechar ese espacio para comenzar a realizar otras actividades o proceder con una remediación de la zona.

## RECOMENDACIONES

- En caso de que en alguna matriz se haya superado el valor límite decretado por la normativa nacional, se recomienda realizar monitoreos ambientales mensuales para que se pueda llevar de mejor manera un control sobre este parámetro y ver si las acciones realizadas para disminuir su valor son las correctas o si se deben tomar otras medidas.
- En el caso de la estación 2 de aire de la Minera Polimetálica se recomienda riego constante de la vía sin asfaltar para que no se genere levantamiento de polvo, además de también realizar riegos en la antigua relavera, para evitar también el levantamiento de polvo de esa zona, también el instalar geomembranas en la zona previamente mencionada, ya que al no estar siendo suministrado de más relave, este puede entrar en una etapa de cierre y así comenzar con el tapado y remediado de esa zona, al hacer esto se evita la dispersión de contaminantes en el aire por medio del viento.
- Si bien en el caso de la estación “Aire 3” de Almacén de minerales, no supera los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de promedio anual en su respectivo ECA, se llegó a obtener el valor de  $49.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dentro del promedio en el año 2023, siendo el valor más alto registrado en los últimos tres años. Lo recomendable sería, la instalación de más espacios cerrados destinados para el almacenamiento de minerales, debido a que no todos los espacios son cerrados, siento que tienen ventilación natural, y podría ser motivo de levantamiento del concentrado y su esparcimiento hacia la población.
- Si bien las empresas en general dentro del país deben obedecer cumpliendo con las normas regulatorias nacionales vigentes, se recomienda hacer la comparación de normas de otros países para empezar a agregar diferentes parámetros a los ya medidos en la actualidad, que de alguna manera en el futuro podrían generar un impacto ambiental negativo.
- Se recomienda comparar con estudios de línea base previos al establecimiento de Minera Polimetálica, los valores que en el caso de calidad de agua se detectaron elevados y algunos otros que puedan llegar a superar en algún momento el ECA, dado que se puede adjudicar que estos valores resultantes pueden ser debido a condiciones intrínsecas de la zona donde se encuentran ubicados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. et al. (2021). Diseño de un sistema para el tratamiento de aguas residuales del distrito de Acomayo, en la provincia de Acomayo, región del Cusco. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11790>
- AngloAmerican. (2022). Minería, una actividad que aporta significativamente a la economía peruana. <https://peru.angloamerican.com/moquegua/impulso-minero/mineria-una-actividad-que-aporta-significativamente-a-la-economia-peruana.aspx>
- Arutaype A. & Soto F. (2020). Caracterización de la calidad de aire de material particulado – mercurio y modelo de dispersión de material particulado derivado de la actividad de minería pequeña y artesanal en la localidad de Secocha. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2794238>
- Barrios O. (2021). Evaluación operacional del desempeño de un sensor de bajo costo para monitoreo de material particulado atmosférico en diferentes condiciones ambientales. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/183876/Evaluacion-operacional-del-desempe%C3%B1o-de-un-sensor.pdf?sequence=1>
- CooperAccion. (2019). IMPACTOS DE LAS EMPRESAS MINERAS EN LOS DERECHOS HUMANOS EN EL CORREDOR MINERO DEL SUR ANDINO. <https://cooperaccion.org.pe/wp-content/uploads/2019/12/Reporte-de-impactos.pdf>
- Defensoría del Pueblo. (2022). La Defensoría del Pueblo registró 211 conflictos sociales durante el mes de septiembre 2022. <https://www.defensoria.gob.pe/la-defensoria-del-pueblo-registro-211-conflictos-sociales-durante-el-mes-de-septiembre-2022/>
- Defensoría del Pueblo. (2023). La Defensoría del Pueblo registró 224 conflictos sociales al mes de octubre 2023. <https://www.defensoria.gob.pe/la-defensoria-del-pueblo-registro-224-conflictos-sociales-al-mes-de-octubre-2023/#:~:text=La%20Defensor%20del%20Pueblo%20present%C3%B3,de%20protesta%20m%C3%A1s%20de%20400.>
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. (2016) Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

- DS N° 10 – 2019 – MINAM. (2019). “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”,
- Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM. (2014) Guía para Muestreo de Suelos
- NTP ISO 1996-1:2016. (2016). “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación.”.
- Hinojosa C. (2020). CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO GENERADO EN EL PROCESO DE TRANSPORTE DE MINERAL MEDIANTE LA RED DE MONITOREO ROCKY EN MINA JUSTA EMPRESA MINERA MARCOBRESAC.  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4888c820-fd81-4af3-8d90-54a96422f814/content>
- Huanca J. et al. (2020) Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/936>
- Guzmán J. (2019) Evaluación de la calidad del aire de la central térmica de ventanilla. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/4121>
- Silva C. (2019) Evaluación del programa de monitoreo ambiental de emprendimientos acuícolas en el Estado de Amazonas, Brasil. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.713>
- Hernandez Y. et al (2019) Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n03/19400317.html>
- Rubio J. (2019) MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM 2,5 EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA "CAMPUS SUR".  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17086/1/UPS-ST004034.pdf>
- Urtado L. (2019) Protocolo de evaluación visual para el monitoreo ambiental participativo: aportes para la gestión de arroyos en Uruguay. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/36203>
- SGS DEL PERÚ. (2021) INS-P-I&E-ENV.1. PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO Y MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

- SGS DEL PERÚ. (2021) INS-P-I&E-ENV.2. Monitoreo de la Calidad del Aire Ambiental
- SGS DEL PERÚ. (2021) INS-P-I&E-ENV.3. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL
- SGS DEL PERÚ. (2021) INS-P-I&E-ENV.4. MUESTREO DE SUELOS.

# **ANEXOS**

# ANEXO 1 Cadena de Custodia de monitoreo de calidad de Aire



## CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO CALIDAD DE AIRE-METEOROLÓGICO

Laboratorio Callao  
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1  
Teléfono: (051) 517 1900  
E-mail: pclatamcentral@sgs.com

Laboratorio Arequipa  
Eneido Ouyler N° 275, Parque Industrial  
Teléfono: (054) 213006  
E-mail: aia.per@sgs.com

Laboratorio Cuzco  
Calle Arnaldo Márquez 207, Barrio San Antonio  
Teléfono: (052) 367732  
E-mail: lachuzco@sgs.com

DATOS DEL CLIENTE				DATOS DEL MUESTREO				DATOS METEOROLÓGICOS				PARAMETROS METEOROLÓGICOS SOLICITADOS				DATOS EQUIPOS DE FLUJO - GPS	
Cliente : Contacto : Teléfono : E-mail : Proyecto :				Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> CLIENTE <input type="checkbox"/> Frecuencia: Periódico <input type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input type="checkbox"/>				Código de equipo Meteorológico: Temperatura ambiental inicial (°C): Temperatura ambiental final (°C): Presión ambiental inicial(mmHg): Presión ambiental final (mmHg):				Humedad relativa <input type="checkbox"/> Precipitación <input type="checkbox"/> Presión atmosférica <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Dirección de viento <input type="checkbox"/> Velocidad de viento <input type="checkbox"/> Radiación Solar <input type="checkbox"/> Radiación UV <input type="checkbox"/>				Rotámetro (gases): Rotámetro (HCT): Rotámetro (Benceno): Manómetro (Particulado): GPS:	
Lugar de Inspección : Estación de Monitoreo (*) Descripción (*) Coordenadas UTM WGS 84 <input type="checkbox"/> PSAD 56 <input type="checkbox"/> Altitud (msnm) Datos Fecha de inicio (dd/mm/aaaa) ** Hora de inicio (hh:mm) ** Fecha de término (dd/mm/aaaa) ** Hora de término (hh:mm) ** Tiempo total de muestreo (min) Tipo de equipo (muestreador) Código equipo (muestreador) Temperatura ambiental promedio (°C) Presión Ambiental Promedio (Período de muestreo) mmHg: Flujo inicial (L/min) - gases Flujo final (L/min) - gases Flujo promedio (L/min) - Particulado Bajo Volumen				N° OI (Inspección): PTS <input type="checkbox"/> PM 10 <input type="checkbox"/> PM 2.5 <input type="checkbox"/> Polvo S. <input type="checkbox"/> Metales <input type="checkbox"/> Aniones <input type="checkbox"/> N° Pre-Acta: SO2 Automático <input type="checkbox"/> SO2 Burbujeador <input type="checkbox"/> H2S Automático <input type="checkbox"/> H2S Burbujeador <input type="checkbox"/> O3 Automático <input type="checkbox"/> O3 Burbujeador <input type="checkbox"/> NO2 Automático <input type="checkbox"/> NO2 Burbujeador <input type="checkbox"/> CO Automático <input type="checkbox"/> CO Burbujeador <input type="checkbox"/> Benceno ASTM D3687 <input type="checkbox"/> Benceno EN 14662 <input type="checkbox"/> HCT ASTM D3687 <input type="checkbox"/> HCNM NIOSH 1500 / NIOSH 1501 <input type="checkbox"/> Benceno (Pasivo) EN13528 <input type="checkbox"/> Mercurio Gaseoso <input type="checkbox"/>				RANGOS FLUJOS TEÓRICOS (L/min) PTS-Alto Vol 24h: 1.13 a 1.7 m3/min PM10-Alto Vol 24h: 1.05 a 1.21 m3/min PM10-Bajo Vol 24 h: 16.32 a 17.02 L/min PM 2.5-Alto Vol (24h): 1.05 a 1.21 m3/min PM 2.5-Bajo Vol (24 h): 16.32 a 17.02 L/min SO2 (24 h): 0.18 a 0.20 L/min H2S (24h): 0.45 a 0.55 L/min O3 (8h): 0.45 a 0.55 L/min NO2 (1h): 0.36 a 0.44 L/min CO (8 h): 0.45 a 0.55 L/min Benceno (L/min): ASTM D3687: 0.18 a 0.22 EN14662: 0.45 a 0.55 EN13528 (Pasivo): 80 HCNM (L/min): NIOSH 1500 / 1501: 0.18 a 0.22 HCT (Hidrocarburos totales, expresados como hexano) (L/min): ASTM D3687: 0.036 a 0.044 Mercurio gaseoso o Gases automáticos: referenciado manual de equipo.				Observaciones (*)					
Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Firma: _____				N° de Coolers: <input type="checkbox"/> N° de Frascos: <input type="checkbox"/> N° de los Pack's: <input type="checkbox"/>				Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas <input type="checkbox"/> Preservadas <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación <input type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Otros (especificar): _____				Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____					
Nota: * Cantidad de caracteres máximo aceptable (con espacios incluidos); Estación hasta 200, Descripción hasta 200; Observaciones hasta 550 ** Formatio de hora: hh:mm, hh = horas de 00 a 23 y mm = minutos de 00 a 59																	







## ANEXO 5 Cadena de Custodia de monitoreo de calidad de Ruido



### CADENA DE CUSTODIA PARA MEDICIONES DE NIVELES DE RUIDO (1/6) (\*)

Tolerancia: +/- 0.5 dB

VERIFICACIÓN 94 dB(A) 114 dB(A) HORA

Verif. Inicial: \_\_\_\_\_

Ajuste\*\* : \_\_\_\_\_

Verif. Final: \_\_\_\_\_

Ajuste\*\* : \_\_\_\_\_

Realizada dentro de las 24 horas. \*\*Sólo en caso aplicable.

**DATOS DEL SERVICIO**

CLIENTE: \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

LUGAR DE INSPECCIÓN: \_\_\_\_\_

N° OI: \_\_\_\_\_

PRE-FACTA: \_\_\_\_\_

**TIPO DE MEDICIÓN:**

Ruido Ambiental

Ruido por Fuente Sonora

**FUENTE:**

Tráfico de Automotores

Tráfico Ferroviario

Tráfico Aéreo

Plantas Industriales

Otros: \_\_\_\_\_

**ZONA DE APLICACIÓN**

Zona de Protección Especial

Zona Residencial

Zona Comercial

Zona Industrial

**EQUIPOS (códigos)**

Sonómetro (Clase 1): \_\_\_\_\_

Calibrador: \_\_\_\_\_

Estación Meteorológica: \_\_\_\_\_

GPS: \_\_\_\_\_

Para el caso de monitoreo de Ruido Ambiental: Los resultados del LAeq7 registrado serán corregidos a la distancia arbitraria entre en LAeqT y el LAeqdistal es mayor de 5 db. \*\*\* Se invalida si la velocidad de viento es mayor a 5 m/s, salvo que estas sean las condiciones normales de la estación de monitoreo. Presencia de lluvia también invalida la medición de ruido.

Estación de Monitoreo: Descripción	Coordenadas (UTM)		Turno (1)	N° de ventanas	Fecha (dd/mm/aaaa) (2)	Hora inicio (hh:mm)*	Tiempo de duración total (min)	Nivel de Presión Sonora dB(A)				Percentiles				Condiciones meteorológicas iniciales ***				Condiciones del Terreno				Método (5)	Verificación Equipo	Observaciones		
	WGS 84	PSAD 56						L <sub>max</sub>	L <sub>eqT</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>Cpeak</sub>	L <sub>spatial</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>95</sub>	Velocidad de viento (m/s)	Dirección de viento	Presión atmosférica (mmHg)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Tipo de Suelo (3)	Condición del Suelo (4)				Distancia de la Fuente (m)	Altura del receptor o sonómetro (m)
	Altitud (msnm)	Altitud (msnm)																										
E:																												
N:																												
A:																												
E:																												
N:																												
A:																												
E:																												
N:																												
A:																												

En señal de conformidad con lo aquí descrito y no habiendo más que declarar, firman:

<p>Inspector(es)SGS:</p> <p>Firma y Sello: _____</p> <p>Nombre: _____</p>	<p>Representante (Cliente):</p> <p>Firma y Sello: _____</p> <p>Nombre: _____</p>	<p>Fecha/hora de inspección:</p> <p>Inicio: _____</p> <p>Termino: _____</p> <p>Revisado por: _____</p>	<p>SGS:</p> <p>Firma: _____</p> <p>Nombre: _____</p>
---	--	--	--

Sello y firma Recepción

(1) TURNO: Diurno (D), Nocturno (N), 24H, 15 MIN

(2) FORMATO DE HORA: hh:mm:ss = horas de 00 a 23 y mm = minutos de 00 a 59 =

(3) TIPO DE SUELO: Suficiente (Suf), Concreto (Con), Grava (Gr), Empedrado (Emp), Gravelo (Grav), Lodo (Lo), Barro (Ba), Charca (Char)

(4) CONDICIÓN DE SUELO: Húmedo (Hum), Seco (Se), Inundado (Inun)

(5) MÉTODO APLICADO: ISO 1396-1:2016/ ISO 1396-2:2017, identificar en la tabla como A, NTP-ISO 1396-1:2020 / NTP-ISO 1396-2:2021, identificar en la tabla como B, NTP-ISO 1396-1:2020 / NTP-ISO 1396-2:2021 (válido Modificado), identificar en la tabla como C.

(\*) Para el caso de los métodos A y B utilizar los registros adicionales de páginas 26 a 46 según corresponda al número de estación.

IRB-RNB-ERV-62, R06, F.A. Marzo 2023

**ANEXO 6** Panel fotográfico estaciones de calidad de aire - Minera Polimetálica



**ANEXO 7** Panel fotográfico estaciones de calidad de aire - Almacén de Minerales



**ANEXO 8** Panel fotográfico estaciones de calidad de agua superficial - Minera Polimetálica

<b>Estaciones de monitoreo de agua superficial – Minera Polimetálica</b>	
<b>AS-1</b>	<b>AS-2</b>
	
<b>AS-3</b>	<b>AS-4</b>
	
<b>AS-5</b>	
	

**ANEXO 9** Panel fotográfico estaciones de calidad de agua subterránea - Minera Polimetálica



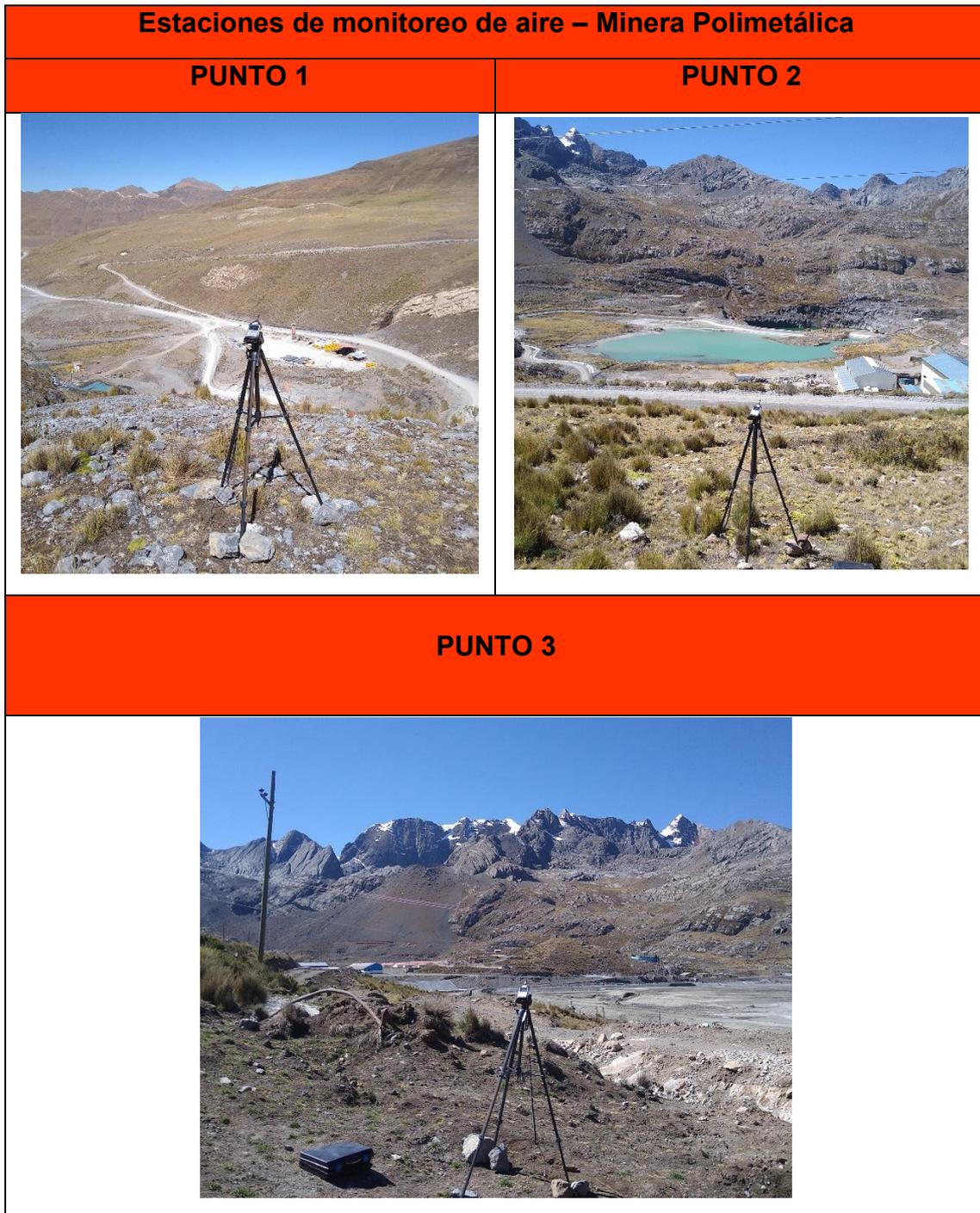
**ANEXO 10** Panel fotográfico estaciones de calidad de agua en efluente - Minera Polimetálica



**ANEXO 11** Panel fotográfico estaciones de calidad de suelo - Almacén de Minerales



**ANEXO 12** Panel fotográfico estaciones de calidad de ruido - Minera Polimetálica



**ANEXO 13** Panel fotográfico estaciones de calidad de ruido - Almacén de Minerales

<b>Estaciones de monitoreo de aire – Minera Polimetálica</b>	
<b>RUIDO 1</b>	<b>RUIDO 2</b>
	
<b>RUIDO 3</b>	<b>RUIDO 4</b>
	