Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

Evaluación de exposición a agentes químicos y ruido ocupacional en una unidad minera de la región Cusco

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Alexander Ivan VILCHEZ ROMERO

ASESOR

Jorge Luis CÁRDENAS RUIZ

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Vilchez, A. (2026). *Evaluación de exposición a agentes químicos y ruido ocupacional en una unidad minera de la región Cusco*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Alexander Ivan Vilchez Romero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72889815
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Luis Cárdenas Ruiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06627695
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9313-905X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Patricio Eudes Muñoz Huillcas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06271402
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	María Luz La Torre Aponte
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08726495
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica.

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Cusco Provincia: Chumbivilcas Latitud: -14.468611 Longitud: -71.770556
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2025 - Mayo 2026 2025-2026
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01 Ingeniería de procesos https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02 Salud ocupacional https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.03.10

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del "VI Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2026-I", bajo la Presidencia del **Mg. Patricio Eudes Muñoz Huillcas;** la **Mg. María Luz La torre Aponte (Miembro)** y el **Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruíz (Asesor);** habiendo presentado para tal efecto **el TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL,** titulado **"Evaluación de exposición a agentes químicos y ruido ocupacional en una unidad minera de la región Cusco",** después de **SUSTENTADO Y APROBADO** el trabajo de suficiencia profesional elaborado por el bachiller en Ingeniería Química: **VILCHEZ ROMERO, ALEXANDER IVAN;** para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO QUÍMICO,** acordaron calificarlo con la **NOTA** de:

dieciocho 18
(LETRAS) (NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 20 de junio del 2026

Mg. PATRICIO EUDES MUÑOZ HUILLCAS
Presidente

Mg. MARÍA LUZ LA TORRE APONTE
Miembro

Ing. JORGE LUIS CÁRDENAS RUÍZ
Asesor

Dr. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO
Director de la E.P. de Ingeniería Química

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS • ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA • Facultad de Química e Ingeniería Química

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **JORGE LUIS CÁRDENAS RUÌZ** en mi condición de asesor con el Dictamen N°000008-2026-EPIQ-FQIQ/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: **Evaluación de exposición a agentes químicos y ruido ocupacional en una unidad minera de la región Cusco,** presentado por el bachiller: **VILCHEZ ROMERO, ALEXANDER IVAN,** para optar el título Profesional de Ingeniero Químico.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 7% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título Profesional de Ingeniero Químico.

Lima, 1 de setiembre del 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor **JORGE LUIS CÁRDENAS RUÌZ**
DNI: **06627695**

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

CONTENIDO

1. INFORMACIÓN DE DONDE SE EJECUTÓ LA ACTIVIDAD 9
1.1. Institución donde se desarrolló el proyecto 9
1.2. Periodo de duración de actividad. 9
1.3. Finalidad de la entidad 9
1.4. Profesional a cargo 9
2. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD 9
3. Resumen 12
4. INTRODUCCIÓN 13
5. FINALIDAD Y OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD 14
5.1. Objetivos principales 14
5.2. Objetivos específicos 14
5.3. Finalidad 15
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO 15
6.1. Planteamiento del problema 15
6.2. Justificación 16
7. MARCO TEÓRICO 17
7.1. Higiene ocupacional 17
7.2. Contaminantes ocupacionales en minería 17
7.2.1. Contaminantes o factores de riesgo físicos 17
7.3. Contaminantes químicos o factores de riesgo químico 18
7.4. Polvo 19
7.5. Polvo Respirable 19
7.6. Sílice cristalina respirable (SCR) 20
7.7. Humo metálico 20
7.8. Equipos y accesorios para muestreo de agentes químicos 20
7.8.1. Bomba gravimétrica 20

7.8.2. Calibrador de flujo 21
7.8.3. Ciclones de nylon 10mm de diámetro 22
7.8.4. Filtro de colección de muestra 22
7.9. Límites de exposición ocupacional 23
7.9.1. Valores límite umbral (Threshold Limit Values = TLV) 23
7.10. Método de corrección de LMP en jornadas de trabajo extendidas 25
7.10.1. Brief y Scala 25
7.10.2. Cálculo de factor de reducción o corrección: 26
7.11. Principales fuentes de generación de polvo respirable, sílice y humos metálicos dentro de UM de tajo abierto 28
7.11.1. Operaciones mina 28
7.12. Equipo de protección respiratoria 30
7.13. Factor de protección asignado (Assigned Protección Factor = APF) de un respirador 30
7.14. Enfermedad respiratoria ocupacional 31
7.15. Ruido 31
7.15.1. Decibel (dB): 31
7.15.2. Decibel A (dBA): 32
7.15.3. Nivel equivalente continuo de sonido (Leq): 32
7.15.4. Dosímetro de ruido (dosímetros sonoros personales): 33
7.15.5. Equipo de protección auditivo 34
7.15.6. Metodología de atenuación de ruido 35
7.16. Enfermedades profesionales 36
7.16.1. Nivel de acción 36
7.17. Monitoreo de higiene ocupacional 38
7.17.1. Personal o dosimétrico: 38
7.17.2. Ambiental: 39

7.18. Base legal y estándares de referencia de seguridad y salud en el trabajo 40
7.19. Caracterización del nivel de exposición 40
8. ANTECEDENTES 42
8.1. Internacionales 42
8.2. Nacionales 43
9. DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACION 44
9.1. Evaluación de sílice cristalina 44
9.1.1. Materiales y equipos: 44
9.1.2. Método 44
9.1.3. Procedimiento de monitoreo de sílice cristalina 45
9.1.4. Determinación de cantidad de filtros para muestreo de 12 horas. 46
9.2. Evaluación de metales 49
9.2.1. Materiales y equipos: 49
9.2.2. Método 49
9.2.3. Procedimiento de monitoreo de sílice metales 49
9.2.4. Determinación de cantidad de filtros para muestreo de 12 horas. 50
9.3. Evaluación de partículas respirables 65
9.3.1. Materiales y equipos: 65
9.3.2. Método 65
9.3.3. Procedimiento de monitoreo de partículas respirables 65
9.3.4. Determinación de cantidad de filtros para muestreo de 12 horas. 66
9.1. Evaluación de ruido ocupacional 71
9.1.1. Materiales y equipos: 71
9.1.2. Método y normativa de referencia 71
9.2. Procedimiento para monitoreo de ruido por dosimetría 71
9.2.1. Dosimetría de ruido: 71

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS 79
10.1. Sílice 79
10.2. Metales 81
10.3. Partículas respirables 83
10.3.1. Análisis Comparativo Específico: 84
- Geología Mina 84
- Metalurgia 84
- Relaves, mantenimiento y planta molibdeno 85
10.4. Ruido 85
11. CONCLUSIONES 87
11.1. Ruido ocupacional 87
11.2. Sílice cristalina 88
11.3. Metales 89
11.4. Partículas respirables 90
12. RECOMENDACIONES: 91
12.1. Control de ingeniería 91
12.2. Controles administrativos 91
12.3. Equipo de protección personal 92
13. LITERATURA CITADA 93
14. Anexos 98
14.1. Ficha de dosimetría de ruido 98
14.2. Ficha de agentes químicos 99
14.3. Reporte de análisis en laboratorio - partículas respirables 100
14.4. Reporte de análisis en laboratorio - sílice 101
14.5. Reporte de análisis en laboratorio - Metales 102

TABLAS

Tabla 1 *Principales factores físicos* 18

Tabla 2 *Principales factores químicos* 19

Tabla 3 *Límites máximos permisibles metales* 27

Tabla 4 *Límites máximos permisibles sílice cristalina y partículas respirables*..... 28

Tabla 5 *Limite permisible de exposición a ruido ocupacional*..... 34

Tabla 6 *Muestra de estudio de trabajadores*..... 46

Tabla 7: *Actividades y fuentes de sílice cristalina durante muestreo*..... 47

Tabla 8: *Resumen de resultados de muestreo de sílice cristalina en jornada de 12h y régimen de 10x10* 48

Tabla 9 *Muestra de trabajadores evaluados mediante monitoreo de metales*..... 51

Tabla 10 *Principales actividades y fuentes de metales durante monitoreo* 51

Tabla 11 *MET-01: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 53

Tabla 12 *MET-02: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 54

Tabla 13 *MET-03: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 55

Tabla 14 *MET-04: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 56

Tabla 15 *MET-05: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 57

Tabla 16 *MET-06: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 58

Tabla 17 *MET-07: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 59

Tabla 18 *MET-08: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 60

Tabla 19 *MET-09: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 61

Tabla 20 *MET-10: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 62

Tabla 21 *MET-11: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 63

Tabla 22 *MET-12: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10* 64

Tabla 23 *Actividades y fuentes de partículas respirables durante muestreo* 67

Tabla 24 *Resultados de monitoreo de partículas respirables en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10*..... 69

Tabla 25 *Principales actividades y fuentes de ruido durante en monitoreo dosimétrico* 72

Tabla 26 *Resumen de resultados del monitoreo de ruido por dosimetría*..... 76

Tabla 27 *Resumen cuantitativamente el comportamiento de cada agente medido en los 9 filtros*..... 79

Tabla 28:*Concentraciones de agentes y nivel de riesgo según el área de trabajo.* 79

Tabla 29 *Análisis frecuencial del riesgo (Con Epps vs Sin Epps)*..... 80

Tabla 30 *Tabla descriptiva consolidada para los principales metales detectados en el estudio de exposición*..... 81

Tabla 31 *Comparativa de concentraciones medias de metales por Áreas de Trabajo (Valores Medios en mg/m^3)* 82

Tabla 32 *Tabla descriptiva consolidada de polvo respirable* 83

Tabla 33 *Comparativa de concentraciones medias de metales por Áreas de Trabajo (Valores Medios en mg/m3)*..... 84

Tabla 34 *Distribución del nivel de exposición sin EPPS* 85

Tabla 35 *Distribución del nivel de exposición atenuado con EPP* 85

FIGURAS

Figura 1 *Bomba gravimétrica*..... 21

Figura 2 *Calibrador de alto flujo* 21

Figura 3 *Ciclón de nylon* 22

Figura 4 Casetes con filtros para muestreo..... 23

Figura 5 *Nivel continuo equivalente* 32

Figura 6 *Dosímetro de ruido Svantek sv 104*..... 33

Figura 7 *Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú durante el 2011-2020* .. 36

1. INFORMACIÓN DE DONDE SE EJECUTÓ LA ACTIVIDAD

1.1.Institución donde se desarrolló el proyecto

El proyecto se llevó a cabo en una unidad minera, situada en la región Cusco, dentro de la provincia de Chumbivilcas. La unidad minera de estudio corresponde a un yacimiento tipo pórfido de cobre y molibdeno, ubicado en la cordillera de los Andes, al sureste del Perú, a una altitud aproximada de 4 100 m s. n. m.

El depósito minero se encuentra entre los 4 000 y 4 500 m s. n. m. La operación minera tiene como principales productos el molibdeno y la plata, y dispone de una población laboral cercana a los 3 200 trabajadores (Cámara de Comercio Canadá Perú, 2024).

1.2.Periodo de duración de actividad.

La actividad se desarrolló entre el 8 y 22 de septiembre del 2025.

1.3.Finalidad de la entidad

La empresa adopta una política enfocada en la sostenibilidad, implementando tecnologías ambientalmente responsables y medidas orientadas a reducir las emisiones asociadas a sus operaciones. Del mismo modo, impulsa iniciativas de exploración y expansión que buscan contribuir de manera favorable al desarrollo de las comunidades cercanas y a la conservación del medio ambiente.

1.4.Profesional a cargo

Área de seguridad e higiene industrial: Ing. industrial Kevin Pezo

Correo: Kevin.Pezo@sgs.com

2. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

Organización la actividad

Personal

Supervisor y líder de actividades de monitoreo ocupacional

- Kevin Pezo

2 inspectores senior de higiene ocupacional

- Alexander Vilchez Romero

Iniciado el traslado del personal encargado del monitoreo ocupacional y supervisor hacia la unidad minera, diariamente se coordinaba y ejecutaba el plan de monitoreo en función de los requerimientos del cliente y de las áreas disponibles, definiéndose así el cronograma de actividades. Asimismo, los inspectores de higiene ocupacional realizaban la calibración y verificación de la operatividad de los equipos un día antes de cada monitoreo.

El traslado hacia las diferentes áreas de planta concentradora y operaciones mina se efectuaba desde las 5:00 a. m., distribuyendo al personal monitorista estratégicamente para instalar los equipos a los trabajadores antes del inicio de su jornada laboral, con la finalidad de cumplir con un tiempo mínimo de medición del 70 % de la jornada.

Adicionalmente, se llevaban a cabo reuniones con el área de higiene ocupacional de la unidad minera para coordinar el cumplimiento de los puntos de monitoreo establecidos y atender las observaciones identificadas en campo.

3. Resumen

El presente estudio evaluó la exposición ocupacional a ruido, sílice cristalina, metales y partículas respirables en diversos puestos de trabajo de una unidad minera ubicada en el cusco, empleando metodologías estandarizadas. En la evaluación de niveles de ruido, se identificaron niveles de riesgo que van desde menor hasta crítico, evidenciándose que un porcentaje significativo de trabajadores supera el límite máximo permisible; sin embargo, el uso de protección auditiva reduce considerablemente el riesgo a niveles aceptables. En cuanto a sílice cristalina, la mayoría de muestras se encontró por debajo del límite permisible, aunque se registraron casos puntuales con niveles significativo y mayor, principalmente asociados a cuarzo y cristobalita; no obstante, el uso de protección respiratoria adecuada disminuye la exposición efectiva. Para metales, la mayoría de los puestos evaluados presentó concentraciones por debajo del límite permisible, identificándose solo un caso crítico relacionado con plomo y algunos niveles moderados en actividades específicas. Finalmente, las partículas respirables se mantuvieron en todos los casos por debajo del límite permisible. En conjunto, los resultados evidencian que, si bien existen exposiciones relevantes, la implementación y uso adecuado de equipos de protección personal permiten controlar el riesgo ocupacional dentro de niveles aceptables.

4. INTRODUCCIÓN

En las actividades mineras implican distintos procesos operativos, entre ellos perforación, voladura, molienda, chancado. Durante estas operaciones se generan distintos agentes químicos y físicos que pueden representar riesgos significativos para la salud de los trabajadores. Entre los principales contaminantes ocupacionales se encuentran la sílice cristalina, los humos metálicos, partículas respirables en el aire y niveles de ruido altos, los cuales al encontrarse en el lugar de trabajo y debido a la intensidad de estos produce una exposición que puede afectar la salud de los trabajadores (Zhang et al., 2024).

Las enfermedades ocupacionales en minería entre los años 2011-2020 sumaron 37 899 casos, representando la hipoacusia y la neumoconiosis un 90,74% y 4,94% del total de los casos registrados respectivamente. Siendo el sexo masculino el más afectado con un 99,40%, causados por agentes químicos (4,87%) y agentes físicos (95,09%) (Aquino et al, 2022).

La prevención de enfermedades ocupacionales por parte de las empresas puede aumentar la productividad de sus empleados, ya que disminuye no solo los trastornos físicos, sino también los problemas psicosociales, como el estrés laboral. (Ponce et al, 2024).

La gestión de la seguridad y salud en el trabajo en el Perú se encuentra regulada por la Ley N.º 29783 – Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y por el Decreto Supremo N.º 024-2016-EM, los cuales promueven una cultura de prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales. Estas normas establecen que las empresas deben cumplir lineamientos de seguridad y salud ocupacional, entre ellos la

implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), con el objetivo de garantizar un entorno laboral seguro y saludable para los trabajadores (Congreso de la República del Perú, 2011).

En este contexto, la evaluación y monitoreo de estos agentes ocupacionales en las distintas áreas de trabajo de la industria minera constituye una herramienta fundamental para la gestión de riesgos químicos y físicos asociados a los puestos de trabajo, y determinar los controles respectivos y medidas de control efectivas para disminuir el grado de exposición o mejorar las barreras de protección.

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar el nivel de exposición ocupacional a agentes químicos como sílice cristalina, humos metálicos, partículas respirables y niveles de ruido mediante la aplicación de métodos de monitoreo ocupacional para evaluar y comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles establecidos según los reglamentos y leyes de seguridad y salud en el trabajo.

5. FINALIDAD Y OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD

5.1.Objetivos principales

Determinar y evaluar si existe un grado o nivel de exposición riesgosa a agentes químicos (partículas respirables, sílice cristalina, humo metálico) y físicos (ruido) de trabajadores del sector minero en la región Cusco mediante monitoreos ocupacionales.

5.2.Objetivos específicos

- Identificar las principales fuentes de generación de partículas respirables, sílice, humos metálicos y ruido al que se exponen los trabajadores tanto en planta como en el tajo abierto.

- Cuantificar las concentraciones de polvo respirable, sílice cristalina, humos metálicos y el nivel de ruido en los distintos puestos de trabajo y en las distintas áreas de la unidad minera, empleando métodos de muestreo dosimétricos validados.
- Comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa nacional vigente.
- Proponer en base a las evaluaciones efectuadas, medidas de control orientadas a reducir la exposición ocupacional.

5.3. Finalidad

Es contribuir con información que permita reducir el grado de exposición a agentes ocupacionales dentro de la unidad minera y así poder mejorar el sistema de gestión de seguridad y reducir enfermedades ocupacionales.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

6.1.Planteamiento del problema

En la minería debido a los distintos procesos de perforación, molienda, flotación, y voladura se liberan al ambiente material particulado y distintos agentes químicos como sílice cristalina, partículas respirables, humo metálico y altos niveles de ruido.

Los trabajadores que son expuestos a dichos agentes químicos presentan mayor prevalencia de síntomas respiratorios y deterioro de su función pulmonar (Abenova et al., 2023).

Los distintos procesos en una unidad minera a tajo abierto generan un gran nivel de material particulado y altos niveles de ruido, los mineros específicamente pueden

exponerse a altos niveles de sílice y generarse en ello enfermedades ocupacionales como la silicosis (García, 2019).

La exposición al ruido ocupacional es la enfermedad ocupacional más común en los entornos laborales de minería en tajo abierto a nivel mundial, (Iryna et al., 2023).

A pesar de la existencia de normas y valores límites permisibles respecto al grado de exposición a sílice, partículas respirables, humo metálico y ruido, en zonas mineras debido a su proceso productivo se siguen registrando valores por encima de los permisibles.

Al ser las partículas respirables, sílice y humos metálicos de un tamaño muy fino, no son perceptibles por los trabajadores, además de la falta de cumplimiento de las normativas de seguridad en el trabajo y el inadecuado uso de equipos de protección personal (EPPs) son factores determinantes en la generación de enfermedades ocupacionales. La minería sigue siendo, debido a la magnitud del trabajo, uno de los principales causantes de enfermedades ocupacionales (Ordóñez et al., 2023)

6.2.Justificación

La evaluación de la exposición ocupacional a agentes químicos y físicos constituye una herramienta fundamental para la prevención de enfermedades profesionales en ambientes industriales.

Desde el punto de vista **científico**, este estudio permitirá generar información relevante sobre los niveles de exposición ocupacional en una unidad minera, contribuyendo al conocimiento sobre los riesgos asociados a la presencia de material particulado, sílice cristalina, humos metálicos y ruido en ambientes laborales.

Desde el punto de vista **técnico**, los resultados permitirán identificar áreas críticas de exposición y establecer medidas de control basadas en evidencia, tales como

mejoras en los sistemas de ventilación, implementación de controles de ingeniería y optimización del uso de equipos de protección personal

Desde el punto de vista **social**, la implementación de medidas preventivas basadas en los resultados de la investigación contribuirá a mejorar las condiciones de trabajo y a reducir la incidencia de enfermedades ocupacionales en los trabajadores del sector minero.

7. MARCO TEÓRICO

7.1.Higiene ocupacional

Constituye una ciencia orientada en la identificación temprana, evaluación sistemática y el control de los distintos agentes o condiciones de riesgo que se genera en un entorno laboral, además de sus distintos efectos en las poblaciones y en el ambiente y tiene por fin prevenir enfermedades profesionales. (Villafuerte-Solís et al 2022).

7.2.Contaminantes ocupacionales en minería

7.2.1. Contaminantes o factores de riesgo físicos

Consiste en una transferencia súbita de energía entre el individuo y el ambiente, excediendo la capacidad fisiológica del organismo para tolerarla (Ministerio de salud – Dirección General de Saneamiento Ambiental - DIGESA 2005).

Principales factores físicos:

- Ruido
- Radiación no ionizante
- Vibración
- Iluminación
- Temperatura
- Radiación ionizante.

Tabla 1

Principales factores físicos

Agentes y factores físicos	Instrumento	Utilidad
Ruido	Sonómetros Dosímetros de Ruido	Registra niveles de ruido en el ambiente en decibeles (dB).
Vibración	Vibrómetros (Acelerómetros)	Evaluación el grado de exposición a vibración (m/s^2)
Temperatura – Estrés térmico	Termómetro – Equipo de medición de estrés térmico	Evalúa la temperatura del ambiente (°C, °F)
Iluminación	Luxómetro	Evalúa el grado de iluminación (Lux)
Radiación	Dosímetros de radiación	Evalúa el nivel de radiación ionizante (Rem)

Nota: Ministerio de salud – DIGESA 2005.

7.3.Contaminantes químicos o factores de riesgo químico

Sustancias orgánicas, inorgánicas de origen sintético o natural que se pueden encontrar en el ambiente en distintas formas físicas. Pueden tener efectos corrosivos, asfixiantes, intoxicantes y tóxicos, la exposición a estos agentes puede ocasionar daños a la salud y calidad de vida (Ministerio de salud – DIGESA 2005).

Tabla 2

Principales factores químicos

PRINCIPALES AGENTES QUÍMICOS	
GASEOSOS	**PARTICULADOS**
Monóxido de carbono (CO)	POLVOS
Dióxido de carbono (CO_2)	HUMOS
Cloro (Cl_2)	NEBLINAS
Dióxido de azufre (SO_2)	NEBLINAS O ROCÍO
Cianuro (HCN)	
Compuestos orgánicos volátiles, Disolventes orgánicos	
Sulfuro de hidrogeno (H_2S)	

Nota: Elaboración Propia

7.4.Polvo

El polvo es un material sólido finamente dividido que, dependiendo del tamaño de sus partículas, su concentración y composición, puede representar un riesgo para la salud de los trabajadores y para la seguridad de las operaciones, especialmente al afectar la visibilidad. Se describe también como un conjunto de partículas pequeñas, de entre 1 y 100 micras de diámetro, capaces de permanecer suspendidas en el aire por cierto tiempo (Ministerio de Salud del Perú, 2011).

7.5. Polvo Respirable

El polvo respirable corresponde a la fracción del polvo presente en el ambiente que, debido al tamaño de sus partículas, puede penetrar hasta los alvéolos pulmonares. Poseen un tamaño inferior a los 10 µm (Ministerio de Salud del Perú, 2011).

7.6.Sílice cristalina respirable (SCR)

Es la fracción del polvo que contiene oxido de silicio (SiO_2) en forma cristalina y es suficientemente pequeña para penetrar hasta los alveolos pulmonares donde se realiza el intercambio gaseoso cuando se inhala.

Principales formas (polimorfo):

- Cuarzo
- Cristobalita
- Tridimita

7.7.Humo metálico

Son partículas suspendidas en el aire en estado sólido que se origina por la condensación de una sustancia desde el estado gaseoso.

El humo metálico es un contaminante ocupacional formado por partículas muy finas de metales que se generan cuando un metal es calentado hasta evaporarse y luego se enfría rápidamente en el aire, produciendo partículas sólidas suspendidas. Estas partículas pueden ser inhaladas por los trabajadores y depositarse en el sistema respiratorio, lo que puede generar efectos adversos en la salud. Estos contaminantes suelen generarse en proceso industriales que implican fundición, cortes, soldadura de metales (Safeopedia, 2019).

7.8.Equipos y accesorios para muestreo de agentes químicos

7.8.1. Bomba gravimétrica

Es una bomba personal de muestreo de aire diseñado para el monitoreo en el lugar de trabajo, tiene un amplio rango de flujo de entre 1-5L/min además de ser un

dispositivo ligero (SKC Inc., s.f.). Su nivel de flujo es programable de acuerdo a requerimientos de la medición o agentes químicos a evaluar.

Figura 1

Bomba gravimétrica



Nota: Elaboración propia

7.8.2. Calibrador de flujo

Dispositivo que permite calibrar y ajustar el flujo la bomba gravimétrica. Opera en rangos de flujo de entre 0,50-5,0 L/min (SKC Inc., s.f.).

Figura 2

Calibrador de alto flujo



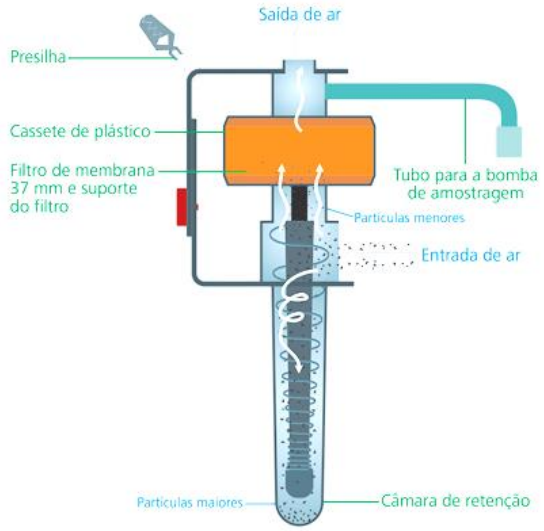
Nota: Elaboración propia

7.8.3. Ciclones de nylon 10mm de diámetro

Utilizado en higiene ocupacional para la separación y captación selectiva de la fracción respirable del polvo durante el muestreo. Permite la operación a un flujo de 1,700 L/minuto (HIMA Perú, s.f.). Su mecanismo permite que las partículas con un diámetro aerodinámico menor a 10µm se recojan en un filtro y las más grandes se depositen en un recipiente anexado por centrifugación (Hofstadler-Peixoto et al, 2013).

Figura 3

Ciclón de nylon



Nota: Hofstadler-Peixoto et al, 2013 (En portugués)

7.8.4. Filtro de colección de muestra

Se encuentran dentro de un casete de plástico, están hechos de policloruro de vinilo (PVC) o ésteres mixtos de celulosa dependiendo del parámetro a evaluar, tienen un diámetro de 37 mm.

Figura 4

Casetes con filtros para muestreo



Fuente: Hofstadler-Peixoto et al, 2013

7.9.Límites de exposición ocupacional

7.9.1. Valores límite umbral (Threshold Limit Values = TLV)

Concentraciones de unas sustancias químicas en el aire en la que la mayoría de personas pueden exponerse de forma rutinaria sin padecer efectos adversos en su salud. Son estándares definidos por Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governamental Industrial Hygienist = ACGIH) y sirven como guía y modelo para los límites máximos permisibles (ACGIH, s.f).

7.9.1.1. Threshold Limit Value - Time Weighted Average (TLV-TWA)

Se denomina a la concentración química promedio a los que los trabajadores pueden estar expuestos a un horario laboral convencional de 8 horas diarias o 40 horas semanales sin efectos adversos en su salud (Thate, 1992).

Cálculo de TWA:

$$TWA = \sum \frac{[(c_i)(t_i)]}{T_i}$$

Donde:

i: 1, 2,3, 4, …, n

t_i: tiempo de medición entre intervalo

C_i: concentraciones medias de contaminante durante intervalo i.

T_i: tiempo de exposición a cada concentración al contaminante al intervalo i.

7.9.1.1. Threshold Limit Value - Short-Term Exposure Limit (TLV-STEL)

Exposición de 15 minutos que no debe excederse durante la jornada laboral. Es la concentración de baja duración a la que la mayoría de personas pueden exponerse sin sufrir efectos dañinos a la salud (ACGIH, s. f.).

7.9.1.2. Límite Máximo Permisible (LMP):

Es el nivel máximo permitido de exposición acumulada a un elemento o agente físicoq uímico a lo largo de la jornada. Tienen base legal y son de cumplimiento obligatorio.

7.10. Método de corrección de LMP en jornadas de trabajo extendidas

7.10.1. Brief y Scala

El modelo Brief y Scala es reconocido por la ACGIH como una herramienta adecuada para ajustar los límites de exposición ocupacional cuando se presentan jornadas laborales prolongadas.

- Tiene en cuenta el tiempo de exposición prolongado y el tiempo recuperación reducido.
- No toma en cuenta el agente químico en el cuerpo.
- El modelo más conservador porque recomienda usar el factor de corrección más estricto.
- El factor de reducción es aplicado al límite de exposición TWA (Engelbrecht et al., 2024).

$$Factor\ de\ correccion\ diaria = \frac{8}{hd}\ x\ \frac{24 - hd}{16}$$

$$Factor\ de\ correccion\ semanal = \frac{40}{hd}\ x\ \frac{168 - hs}{1128}$$

Donde:

- *hd*: horas trabajadas por día (turno).
- *hs*: horas trabajadas por semana (ciclo completo de horario/días laborales consecutivos).

Jornada laboral atípica de 10 x10

Turno 10x10								
Semana	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	Horas semanales
sem 1	12	12	12	12	12	12	12	84
sem 2	12	12	12	0	0	0	0	36
sem 3	0	0	0	0	0	0	12	12
sem 4	12	12	12	12	12	12	12	84
sem 5	12	12	0	0	0	0	0	24
sem 6	0	0	0	0	0	12	12	24
sem 7	12	12	12	12	12	12	12	84
sem 8	12	0	0	0	0	0	0	12
sem 9	0	0	0	0	12	12	12	36
sem 10	12	12	12	12	12	12	12	84
sem 11	0	0	0	0	0	0	0	0
sem 12	0	0	0	12	12	12	12	48
sem 13	12	12	12	12	12	12	0	72
sem 14	0	0	0	0	0	0	0	0
sem 15	0	0	12	12	12	12	12	60
sem 16	12	12	12	12	12	0	0	60
sem 17	0	0	0	0	0	0	0	0
sem 18	0	12	12	12	12	12	12	72
sem 19	12	12	12	12	0	0	0	48
sem 20	0	0	0	0	0	0	0	0

7.10.2. Cálculo de factor de reducción o corrección:

Suma de horas semanales: 840

$$Hora\ semanal\ promedio = Hs = \frac{840}{20} = 42$$

$$Factor\ de\ reducion = Fr = \frac{40}{12}\ x\ \frac{168-42}{1128} = 0.9375 \approx 0.94$$

Este factor es aplicado a los LMP de los agentes químicos a evaluar (ver tabla 3 y 4)

Tabla 3

Límites máximos permisibles metales

N°	Agentes químicos	LMP D.S. N° 015-2005-SA (mg/m^3) (8 horas)	LMP D.S. N° 024-2016-EM (mg/ m^3) (8 horas)	LMP corregido (mg/m^3) (12 horas)
1	Aluminio	5,000	-	4.770
2	Antimonio	0,500	0.500	0.477
3	Arsénico	0,010	0.010	0.009
4	Bario	0,500		
5	Berilio	0,002	-	0.470
6	Boro	-	-	0.002
7	Cadmio	0,010	-	-
8	Calcio	-	-	0.009
9	Cromo	0,500	-	-
10	Cobalto	0,020	-	0.470
11	Cobre	0,200	-	0.019
12	Hierro	5,000	0.200	0.188
13	Lantano	-	-	4.700
14	Plomo	0,050	-	-
15	Magnesio	10,000	0.050	0.047
16	Manganeso	0,200	-	9.400
17	Molibdeno	10,000	2.000	0.188
18	Níquel	1,500	-	9.400
19	Fósforo	0,100	-	1.410
20	Potasio	0,100	-	0.094
21	Selenio	0,200	-	0.094
22	Sodio	0,100	0.200	0.188
23	Estroncio	-	-	0.094
24	Talio	-	-	-
25	Titanio	-	0.100	0.094
26	Vanadio	-	-	-
27	Zinc	2,000	0.100	0.094

Nota: Adaptado del D.S N° 015-2015-SA y D.S. N° 024-2016-EM

Tabla 4

Límites máximos permisibles sílice cristalina y partículas respirables

Agentes químicos (aire)	LMP D.S. N° 024-2016 EM (mg/m^3) (12 horas) Perú	LMP corregido (mg/m^3) (12 horas)
Sílice cristalina (cristobalita)	0.050	0.047
Sílice cristalina (cuarzo)	0.050	0.047
Sílice cristalina (tridimita)	0.050	0.047
Partículas respirables	3.0	2.8

Nota: Adaptado del D.S. N° 024-2016-EM

7.11. Principales fuentes de generación de polvo respirable, sílice y humos metálicos dentro de UM de tajo abierto

7.11.1. Operaciones mina

7.11.1.1. Acarreo de minerales y trasporte

El polvo de las actividades mineras es atribuido en un 65% al acarreo de minerales mediante camiones mineros y transporte sobre caminos mineros, se genera suspensión de partículas debido a la superficie no pavimentada (Chapple, 2026).

- Camiones mineros
- Perforadoras
- Camiones
- Camiones cisterna
- Camionetas.
- Equipos auxiliares.

7.11.1.2. Perforación y voladuras (minería tajo abierto)

Base principal de las operaciones mineras, permiten la fragmentación controlada y facilita la extracción de rocas mediante el uso de explosivos (Excavaciones H. Otero, S.L., 2025). Generándose debido a estas una nube de polvo de tamaños heterogéneos que es dispersada al ambiente y contiene minerales como sílice debido a la composición del macizo rocoso.

- Perforadoras
- Explosivos mineros
- Equipos auxiliares

7.11.1.3. Molienda

Se realiza una fragmentación mecánica del mineral mediante impacto y abrasión. Este proceso genera partículas finas o polvos (Elsevier, s. f.).

- Molino de bolas, molino SAG.
- Trommel
- Zarandas
- Faja trasportadora
- Chutes móviles y de transferencia
- Canaletas.
- Cajones
- Tolvas

7.11.1.4. Chancado

Durante este proceso de reducen el tamaño de las rocas de gran volumen que se extraen de operaciones mina a fragmentos de aproximadamente 15 cm, siendo el tamaño adecuando para su transporte hacia planta concentradora a través de las fajas transportadoras (Anglo American, s.f.).

- Chancadora primaria
- Faja trasportadora
- Vehículos mineros
- Ventiladores
- Motores y bombas.

7.12. Equipo de protección respiratoria

Son dispositivos que sirven como barrera permitiendo la protección contra contaminantes presentes en el aire, son seleccionados según los contaminantes del lugar de trabajo, concentraciones y requisitos específicos (3M, s. f.).

7.13. Factor de protección asignado (Assigned Protección Factor = APF) de un respirador

Indica el grado de protección respiratoria que un equipo puede brindar cuando está bien colocado y se usa adecuadamente en el entorno laboral en función de TLVs (JSP Safety, s. f.).

Los filtros con estándares de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration = OSHA) brindan protección de hasta diez veces el LMP con respiradores de media cara y hasta cincuenta veces el LMP con respiradores de cara completa “full face” (3M, s. f.

7.14. Enfermedad respiratoria ocupacional

Se refiere a los trastornos del aparato respiratorio que se desarrollan como consecuencia de la exposición continua a contaminantes presentes en el entorno laboral, tales como polvos minerales, humos, vapores y gases irritantes. Estas afecciones se producen cuando la inhalación repetida de dichos agentes genera daños progresivos en las vías respiratorias y en los pulmones, afectando la función respiratoria y la calidad de vida del trabajador. Su aparición está directamente influenciada por la intensidad y duración de la exposición (Galvis et al., 2021).

7.15. Ruido

El ruido ocupacional se define como un sonido no deseado cuya intensidad puede generar efectos adversos en la salud del trabajador, especialmente pérdida auditiva inducida por ruido.

Es cualquier sonido desagradable. Es una energía que se transmite por el aire generando vibraciones en el oído produciendo una sensación. Por ejemplo, niveles de ruido producidos en el área de molienda y el tajo, como producto de operación de molinos, motores, compresores, tránsito de vehículos, trabajos de mantenimiento, equipos de perforación entre otros (Ministerio de salud – DIGESA 2005).

7.15.1. Decibel (dB):

Es una unidad de relación entre dos cantidades utilizada en acústica (nivel de presión sonora y presión de referencia), se caracteriza por el empleo de una escala logarítmica de base 10. Utilizada para expresar el nivel de sonido asociado con las mediciones de ruido.

7.15.2. Decibel A (dBA):

Unidad adimensional del nivel de presión sonora medido con el filtro de ponderación sonora A, que permite registrar dicho nivel en relación al modo de comportamiento de la audición humana.

7.15.3. Nivel equivalente continuo de sonido (Leq):

Unidad métrica utilizada en estudios acústicos y de ruido, representa el nivel de presión sonora promedio de un periodo designado. Permite representar el ruido en distintos entornos con un valor único (Svantek, s.f.).

Donde:

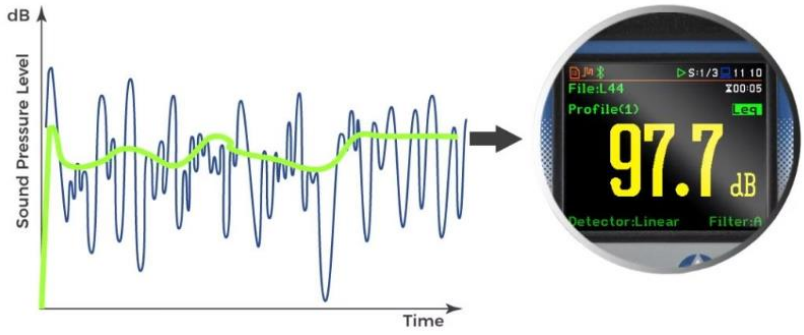
$$Leq = 10.\log\left[\frac{t_1.10^{L1/10} + t_2.10^{L2/10} + \cdots t_n.10^{Ln/10}}{t_1 + t_2 + \cdots t_n}\right]$$

t_1: tiempo que dúro evento L_1

L_1: Nivel continuo equivalente (dbA) medido para el tiempo t_1

Figura 5

Nivel continuo equivalente



Nota: Svantek. (s.f.)

7.15.4. Dosímetro de ruido (dosímetros sonoros personales):

Equipo para realizar mediciones de la exposición a ruido de manera personal. Mide la dosis y niveles de ruido y permite controlar la exposición al ruido que oscila entre 55 y 140 dB (Svantek, s.f.). El equipo calcula internamente el Leq el cual se compara con los LMP de la normativa nacional (ver tabla 25).

Tienen que cumplir los requisitos especificado en la Norma de la International Electrotechnical Commission (IEC) 61252:

- Respuesta temporal “lenta”.
- Nivel de ponderación A.
- Registro mínimo del 70% de jornada.
- Verificaciones antes y después de uso.
- Tasa de cambio de 3 dB.

Figura 6

Dosímetro de ruido Svantek sv 104



Nota: Svantek. (s.f.)

Tabla 5

Limite permisible de exposición a ruido ocupacional

Nivel de exposición en la escala "A"(dB)	Tiempo de exposición (horas/día)
82	16
85	8
88	4
91	1 1/2
94	1
97	1/2
100	1/4

- *Nota:* D. S. N° 024-2016-EM

Cálculo de valores intermedios:

$$T = \frac{8}{2^{(L-85)/3}}$$

Donde:

T: tiempo de exposición máxima para el nivel de ruido *L*

L: Nivel de ruido en decibeles en ponderación A “dbA”, es el nivel de ruido del cual se quiere conocer el tiempo de exposición máxima.

Tomando en cuenta que en minería existen jornadas de 12h diarias, el nivel de exposición máxima seria 83 dB.

7.15.5. Equipo de protección auditivo

Son dispositivos que sirven para reducir el nivel de ruido en los conductos auditivos o cubren el oído externo a fin de no producir daño en el individuo expuesto. Su nivel de protección se conoce como Nivel de Reducción de Ruido “NRR”.

7.15.6. Metodología de atenuación de ruido

Existen distintos métodos para calcular la atenuación de ruido que brinda un protector auditivo. Cada método brinda una estimación de atenuación.

7.15.6.1. Método NRR

Se requiere conocer el nivel de presión sonora en ponderación a (LeqA) y el parámetro NRR del protector auditivo (3M, s.f.).

$$LeqA\ atenuado = LeqA - (NRR - 7)$$

Donde:

LeqA: Nivel de presión sonora equivalente en ponderación A.

NRR: Nivel de reducción de ruido.

Según el instituto nacional para la seguridad y salud ocupacional de EE. UU (National Institute of Occupational Safety and Health = NIOSH) para un ajuste real en entornos de trabajo, es recomendable aplicar un factor de corrección de 30% para tapones de silicona, 50% para tapones de espuma y 75% para orejeras, el resultado del producto del NRR reducido con el factor de corrección proporciona un NRR eficaz (NIOSH, 1996).

Para protección auditiva simple:

$$LeqA\ atenuado = LeqA - [(NRR\text{-}7)\ x\ (factor\ de\ corrección)]$$

Para protección auditiva doble:

$$LeqA\ atenuado = LeqA - [(NRR\text{-}7)\ x\ (factor\ de\ corrección) + 5]$$

En ese caso se selecciona el dispositivo de protección con mayor NRR.

7.16. Enfermedades profesionales

Es una condición o estado patológico permanente o temporal que se origina como consecuencia de la exposición del trabajador a distintas condiciones de trabajo o riesgos inherentes al tipo de trabajo que realice (Ministerio de Salud – DIGESA 2005).

Figura 7

Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú durante el 2011-2020

Enfermedad Ocupacional	2011 n (%)	2012 n (%)	2013 n (%)	2014 n (%)	2015 n (%)	2016 n (%)	2017 n (%)	2018 n (%)	2019 n (%)	2020 n (%)	Total n (%)
Hipoacusia	938 (2.61)	6364 (17.73)	4790 (13.35)	4492 (12.52)	6414 (17.87)	2639 (7.35)	3505 (9.77)	3532 (9.84)	3098 (8.64)	119 (0.33)	35891 (100)
Neumoconiosis	237 (12.64)	452 (24.11)	312 (16.64)	267 (14.24)	277 (14.77)	55 (2.93)	135 (7.20)	77 (4.11)	63 (3.36)	0	1875 (100)
Intoxicación con mercurio	11 (91.66)	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (8.40)	12 (100)
Efecto tóxico: magnesio y sus compuestos	0	0	0	0	0	0	6 (54.54)	4 (36.36)	1 (9.1)	0	11 (100)
Dermatitis	0	5 (55.55)	4 (44.45)	0	0	0	0	0	0	0	9 (100)
Otros	15 (14.85)	12 (11.88)	38 (37.62)	9 (81.81)	17 (16.83)	0	3 (2.97)	1 (0.99)	5 (4.95)	1 (0.99)	101 (100)
Total	1201 (3.17)	6833 (18.02)	5144 (13.57)	4768 (12.58)	6708 (17.70)	2694 (7.11)	3649 (9.63)	3614 (9.54)	3167 (8.36)	121 (0.32)	37899 (100)

Nota: Aquino-Canchari et al, 2022

7.16.1. Nivel de acción

7.16.1.1. Nivel de acción para evaluación de ruido

Nivel de presión sonora o concentración de un contaminante donde se deben tomar medidas se seguridad para reducir el grado de exposición, funciona como un umbral preventivo.

Se definen como el 50% de dosis recomendada o 50% del LMP.

Según la normativa D.S. N° 024-2016-EM el nivel máximo de ruido en una jornada de 12 h es 83 dB. En el apartado (7.19) se requiere el 10%, 50%, 800% del LMP para la caracterización de la exposición.

Cálculo de nivel de presión sonora:

$$\%LMP = \%DOSIS = \frac{T}{8} * 2^{\frac{(L-85)}{3}}$$

Donde: D.S. N° 024-2016-EM

%LMP o porcentaje de dosis

T: tiempo de exposición de trabajador a nivel equivalente "*L*"

L: nivel equivalente de ruido en ponderación "A" obtenido luego de una medición de "*T*" horas.

Nivel al 10%LMP = 73 dB

Nivel al 50%LMP = 80 dB

Nivel al 800%LMP = 92 dB

7.17. Monitoreo de higiene ocupacional

Es la medición de agentes que se encuentran presentes en el entorno laboral y puede afectar o representar un riesgo en la salud de trabajadores.

Tienen como fin estimar el grado de magnitud o existencia de riesgos a través del análisis de concentración de las agentes ocupacionales en relación al ciclo de trabajo (Hofstadler-Peixoto et al, 2013).

Tipos de monitoreo o muestreo:

7.17.1. Personal o dosimétrico:

Acompaña al trabajador durante la jornada de trabajo.

Figura 1. Puesta de tren de muestreo en colaborador para análisis de agentes químicos



Fuente: Hofstadler-Peixoto et al, 2013

Figura 2. Medición dosimétrica de ruido



Fuente: 3M-Ciencia aplicada a la vida

7.17.2. Ambiental:

Es evaluado en una zona crítica, expuesta a agentes contaminantes.

Figura 3. Evaluación ambiental de agentes químicos



Fuente: Hofstadler-Peixoto et al, 2013

Figura 4. Evaluación ambiental de ruido por sonometría



Fuente. Elaboración propia

7.18. Base legal y estándares de referencia de seguridad y salud en el trabajo

- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783).
- Ley que Modifica la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 30222).
- Ley General de Salud. 20/07/1997. Capítulo VII. De la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo (Ley N° 26842).
- Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, (D.S. Nº 005-2012-TR).
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. N°024-2016 EM.

7.19. Caracterización del nivel de exposición

Según la Asociación Americana de Higiene Industrial (American Industrial Hygiene Association = AIHA), los niveles de exposición a ruido y agentes químicos son:

Criterios para clasificar el nivel de exposición de ruido

ITEM	NIVELES DE EXPOSICIÓN	RANGO DE EXPOSICIÓN[2]	CRITERIO
1	MENOR	Leq < 73 dB(A)	Exposición menor que el 10% de la dosis máxima diaria recibida.
2	MODERADO	73 dB(A)≤Leq< 80 dB(A)	Exposición mayor o igual que el 10% de la dosis máxima diaria[1] recibida y menor que el 50% de la dosis.
3	SIGNIFICATIVO	80 dB(A) ≤Leq< 83 dB(A)	Exposición mayor o igual que el 50% de la dosis máxima diaria recibida **(nivel de acción)** y menor que el 100% de la dosis **(límite máximo permisible)**
4	MAYOR	83 dB(A)≤ Leq< 92 dB(A)	Exposición mayor o igual que el LMP (100% Dosis) pero menor que el 800% de la dosis máxima diaria recibida.
5	CRÍTICO	92 dB(A) < Leq	Exposición mayor o igual del 800% de la dosis máxima diaria recibida.

Fuente: Elaboración propia

Criterios para clasificar el nivel de exposición de partículas respirables

ITEM	NIVELES DE EXPOSICIÓN	RANGO DE EXPOSICIÓN	CRITERIO
1	MENOR	[C] < 0,282 mg/m³	Exposición menor al 10% LMP
2	MODERADO	0,282 mg/m³ <=[C]< 1,405 mg/m³	Exposición mayor o igual al 10% LMP y menor al 50% LMP
3	SIGNIFICATIVO	1,405 mg/m³ <= [C]< 2,82mg/m³	Exposición mayor o igual al 50%LMP y menor al LMP
4	MAYOR	2,81 mg/m³ <= [C]< 5,04 mg/m³	Exposición mayor o igual al LMP y menor al 800% LMP
5	CRÍTICO	5,04 mg/m³ <= [C]	Exposición mayor o igual al 800% LMP

Fuente: Elaboración propia

Criterios para clasificar el nivel de exposición de sílice cristalina

ITEM	NIVELES DE EXPOSICIÓN	RANGO DE EXPOSICIÓN	CRITERIO
1	MENOR	[C] < 0,00469 mg/m³	Exposición menor al 10% LMP
2	MODERADO	0,00469 mg/m³ ≤ [C]< 0,02345 mg/m³	Exposición mayor o igual al 10% LMP y menor al 50% LMP
3	SIGNIFICATIVO	0,02345 mg/m³ ≤ [C]< 0,0469 mg/m³	Exposición mayor o igual al 50%LMP y menor al LMP
4	MAYOR	0,0469 mg/m³ ≤ [C]< 0,376 mg/m³	Exposición mayor o igual al LMP y menor al 800% LMP
5	CRÍTICO	0,376 mg/m³ ≤ [C]	Exposición mayor o igual al 800% LMP

Fuente: Elaboración propia

8. ANTECEDENTES

8.1.Internacionales

Omidianidost et al. (2019) en su estudio "*Exposición ocupacional a polvo respirable y sílice cristalina y sus efectos pulmonares en trabajadores de una fábrica de cemento en Kermanshah, Irán*" tuvo como objetivo evaluar la relación entre la exposición ocupacional al polvo respirable y la función pulmonar en trabajadores de la industria del cemento. La metodología fue de tipo transversal, con mediciones ambientales de polvo respirable y evaluación de la función pulmonar mediante espirometría. Los resultados evidenciaron una disminución significativa del flujo espiratorio máximo en los trabajadores expuestos en comparación con el grupo control. Se concluyó que la exposición al polvo respirable constituye un factor de riesgo para alteraciones respiratorias, siendo necesarias medidas preventivas y de control ambiental.

He et al. (2022), en su investigación "*Exposición al polvo ocupacional y evaluación de la función pulmonar en trabajadores: estudio transversal en China"*, desarrollada en China tuvo como objetivo analizar la asociación entre la exposición prolongada al polvo ocupacional y la disminución de la función pulmonar. Se aplicó una metodología observacional con mediciones de polvo respirable y pruebas funcionales respiratorias en más de 2 000 trabajadores. Los resultados mostraron una mayor prevalencia de alteraciones respiratorias en trabajadores con mayor tiempo de exposición. Se concluyó que existe una relación directa entre la exposición al polvo respirable y el deterioro de la función pulmonar.

8.2.Nacionales

Díaz (2022) en estudio "*Relación entre exposición a material particulado y trastornos respiratorios en trabajadores de una planta de prefabricados de concreto. Arequipa, 2017 – 2019",* realizado en una planta de prefabricados de concreto en Arequipa tuvo como objetivo determinar la relación entre la exposición a polvo respirable y la presencia de trastornos respiratorios en los trabajadores. Se utilizó muestreo gravimétrico ambiental y evaluaciones médicas respiratorias. Los resultados indicaron concentraciones de polvo respirable por debajo de los límites permisibles y ausencia de asociación estadística significativa con alteraciones respiratorias. Se concluyó que, bajo las condiciones evaluadas, no se evidenció una relación directa entre exposición y enfermedad respiratoria.

Flores (2023) en su investigación "*Eficacia de la implementación de un extractor para la reducción de la exposición a polvo respirable en la actividad de corte de concreto en una empresa del sector de construcción civil – Arequipa*", en el sector construcción en Arequipa tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un sistema extractor para reducir la exposición al polvo respirable generado durante el corte de concreto. La metodología empleó el protocolo NIOSH 0600, comparando mediciones antes y después de la instalación del extractor. Los resultados mostraron una reducción significativa de las concentraciones de polvo respirable. Se concluyó que los controles de ingeniería son fundamentales para disminuir la exposición y prevenir daños respiratorios en trabajadores expuestos.

9. DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACION

En el siguiente trabajo se evaluará el grado de exposición de trabajadores a partículas respirables, sílice cristalina y niveles de ruido en distintos puestos y áreas de trabajo siguiendo métodos internacionales y se comparan los resultados de acuerda a normativas nacionales como D.S N° 024-2016-EM y D.S **N**° 015-2005-SA.

9.1.Evaluación de sílice cristalina

Para la evaluación se tomó en cuenta criterios del método NIOSH 7500 para la cuantificación de sílice cristalina en sus tres principales formas como cristobalita, tridimita y cuarzo. La muestra es de nueve trabajadores de las áreas de producción, operaciones mina, laboratorio y mantenimiento.

9.1.1. Materiales y equipos:

- 4 bombas gravimétricas marca Svantek
- 1 calibrador de flujo SKC
- Casetes con filtros de membrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 0,5µm, diámetro de 37 mm
- Casetes de PVC
- Jarra de calibración
- Ciclón 10 mm de nylon
- Mangueras de conexión

9.1.2. Método

- NIOSH 7500
- Ajuste de LMP a 12 h por método Brief & Scala
- Reglamentos nacionales D.S. N° 024-2016-EM y D.S. N°023-2017 EM

9.1.3. Procedimiento de monitoreo de sílice cristalina

- Se informa a los trabajadores sobre el procedimiento de monitoreo, el objetivo de la evaluación y se solicita la colaboración.
- Se coloca el equipo asegurado de un canguro o morral y se emplea la manguera flexible de alto rendimiento como extensión para poder alcanzar la zona respiratoria del trabajador y así poder captar los agentes químicos.
- Se comprueba y verifica que las conexiones estén bien aseguradas y ajustadas para evitar fugas de aire.
- Una vez armado el tren de muestreo se retiran los tapones de cierre de los portafiltros, se inspecciona el estado de los mismos. Posteriormente se activa la bomba gravimétrica.
- Ante de realizar el muestreo se realiza la verificación de flujo por medio de un calibrador de flujo (1,700 L/min para sílice cristalina) con un ±5% de precisión (NIOSH, 2003). Se registra la hora de inicio del muestreo.
- Se registrarán las principales fuentes de contaminación y las diferentes actividades realizadas por los trabajadores durante la medición.
- Para una evaluación significativa se evaluará como mínimo el 70% de la jornada laboral.
- Finalizado el muestreo se apaga la bomba y se registra la hora de término, se retira el portafiltro del conjunto y se cierran los orificios con los tapones.

9.1.4. Determinación de cantidad de filtros para muestreo de 12 horas

Flujo de muestreo: 1,700 Litros/min

Volumen máximo antes de saturación del filtro: 1 000 Litros

$$\text{Tiempo de muestreo máximo} = \frac{1\,000\ Litros}{1.700\ Litros/min} = 588 \text{ minutos aproximadamente}$$

Tiempo mínimo de muestreo de 12 h al 70%: 504 minutos

$$\text{Numero minimo de filtros} = \frac{504 \text{ minutos}}{588 \text{ minutos}} = 1 \text{ filtro por muestreo aproximadamente}$$

Tabla 6

Muestra de estudio de trabajadores

AREA	PUESTO DE TRABAJO	NOMBRE DE TRABAJADOR
PRODUCCION	OPERADOR DE MOLINOS	Pedro Suri J.
PRODUCCION	OPERADOR DE FAJA TRANSPORTADORA	Wilfren Surco Q.
OPERACIONES MINA	OPERADOR DE MOTONIVELADORA - MINA	Beltrán Córdova S.
OPERACIONES MINA	OPERADOR DE CAMION - MINA	David Guerrero M.
OPERACIONES MINA	OPERADOR DE PERFORADORA – MINA	Rafael López T.
LABORATORIO	PREPARADOR DE GEOLOGÍA	Jorge Valencia C.
LABORATORIO	PREPARADOR DE MUESTRA-LABORATORIO	Yojan Ccapa T.
MANTENIMIENTO MECÁNICO	TÉCNICO ELECTRICISTA	Clener Cruz C.
MANTENIMIENTO MECÁNICO	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	Josué Maximiliano C.

Nota: Elaboración propia

Tabla 7

Tabla 7: *Actividades y fuentes de sílice cristalina durante muestreo*

CODIGO	AREA	PUESTO	ACTIVIDADES DURANTE MUESTREO	FUENTES DE CONTAMINACION
SIL-01	PRODUCCION	OPERADOR DE MOLINOS	- Monitoreo e inspección de equipos	- Fajas y chutes
			- Limpieza de área	- Vías de transporte
				- Molino de bolas
SIL-02	PRODUCCION	OPERADOR DE FAJA TRANSPORTADORA	- Operación de faja trasportadora en sala de control	- Sala de lubricación
			- Inspección de faja transportadora	- Faja transportadora
			- Monitoreo de faja transportadora	- Chancadora primaria
SIL-03	OPERACIONES MINA	OPERADOR DE MOTONIVELADORA - MINA	- Operación de motoniveladora	- Motoniveladora
			- Nivelación de vías de acarreo	- Camiones mineros
			- Apertura de vías	- Polvo en vías de acarreo
SIL-04	OPERACIONES MINA	OPERADOR DE CAMION - MINA	- Acarreo de mineral	- Vías de acarreo
			- Operación de camión minero	- Minerales y material
			- Transporte de mineral a chancadora	- Camiones mineros
SIL-05	LABORATORIO	PREPARADOR DE GEOLOGÍA	- Chancado, cuarteo y pulverizado de muestra	- Chancadora
			- Recepción de muestras	- Muestra de mineral
			- Orden de muestras	- Ollas de muestreo
SIL-06	LABORATORIO	PREPARADOR DE MUESTRA	- Preparación de compósitos	- Pulverizadoras
			- Limpieza de ollas	- Ollas, Manguera de aire a presión
			- Recepción de muestras	- Filtros
			- Preparación de muestras puntuales	- Muestras de mineral
SIL-07	MANTENIMIENTO MECÁNICO	TÉCNICO ELECTRICISTA	- Inspección de equipos y tableros eléctricos	- Chancadora
			- Mantenimiento de equipos eléctricos	- Polvo de sala eléctrica 100, 150
			- Verificaciones de equipos en planta procesos	- Motores, equipos planta
SIL-08	MANTENIMIENTO MECÁNICO	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	- Inspección y mantenimiento programados de equipos	- Motores, equipos planta
			- Verificación de equipos y parámetros	- Equipos de planta procesos
			- Reconexión de clientes 10, 11, 12 en sala CCI	- Polvo de sala eléctrica 10,11 y 12
SIL-09	OPERACIONES MINA	OPERADOR DE PERFORADORA	- Operación de perforadora	- Perforación de roca
				- Transito de equipos mineros
				- Detritos de perforación
				- Emisión por aire comprimido

Nota: Elaboracion propia

Tabla 8: *Resumen de resultados de muestreo de sílice cristalina en jornada de 12h y régimen de 10x10*

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Agentes	Concentración	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	EPPs	LMP corregido atenuado (12 h)	Nivel de exposición con EPPS
SIL-01	25-0203374	582	CUARZO	0,005	0,047	**MODERADO**	Respirador de media cara reutilizable - 3M - 7502 - CARTUCHO 7093 – 10xTLV	0,47	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,005	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,020	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
SIL-02	25-0203361	570	CUARZO	0,019	0,047	**MODERADO**	Respirador de media cara reutilizable - 3M - 7502 - CARTUCHO 7093 – 10xTLV	0,47	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,005	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,021	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
SIL-03	25-0183938	736	CUARZO	0,004	0,047	**MENOR**	No usa	--	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,004	0,047	**MENOR**			**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,016	0,047	**MODERADO**			**MODERADO**
SIL-04	25-0183944	699	CUARZO	0,004	0,047	**MENOR**	No usa	--	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,004	0,047	**MENOR**			**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,017	0,047	**MODERADO**			**MODERADO**
SIL-05	25-0121043	708	CUARZO	0,021	0,047	**MODERADO**	Respirador de cara completa reutilizable - 3M - 7502 - CARTUCHO 60923 – 50xTLV	2,35	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,005	0,047	**MODERADO**		2,35	**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,017	0,047	**MODERADO**		2,35	**MENOR**
SIL-06	25-0203373	735	CUARZO	0,059	0,047	**MAYOR**	Respirador de cara completa reutilizable - 3M - 7502 - CARTUCHO 60923 – 50xTLV	2,35	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,008	0,047	**MODERADO**		2,35	**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,032	0,047	**SIGNIFICATIVO**		2,35	**MENOR**
SIL-07	25-0121062	599	CUARZO	0,018	0,047	**MODERADO**	Respirador de media cara reutilizable - 3M - 7502 - CARTUCHO 7093 – 10xTLV	0,47	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,005	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,020	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
SIL-08	25-0121025	710	CUARZO	0,004	0,047	**MENOR**	Respirador de media cara reutilizable - 3M - 7502 - CARTUCHO 60923 – 10xTLV	0,47	**MENOR**
			TIRIMIDITA	0,004	0,047	**MENOR**		0,47	**MENOR**
			CRISTOBALITA	0,017	0,047	**MODERADO**		0,47	**MENOR**
SIL-09	25-0150485	739	CUARZO	0,020	0,047	**MODERADO**	No usa	--	**MODERADO**
			TIRIMIDITA	0.005	0.047	**MODERADO**			**MODERADO**
			CRISTOBALITA	0.016	0.047	**MODERADO**			**MODERADO**

Nota: Elaboracion propia

9.2.Evaluación de metales

Para la evaluación se tomó en cuenta criterios del método NIOSH 7300 para la cuantificación de metales, específicamente 27 de estos. La muestra es de doce trabajadores de las áreas de mantenimiento mecánico planta, producción, laboratorio y electricidad e instrumentación.

9.2.1. Materiales y equipos:

- 4 bombas gravimétricas marca Svantek
- 1 calibrador de flujo SKC
- Casetes con filtros de membrana de éster de celulosa de 0,8 µm, diámetro de 37 mm
- Holder
- Mangueras de conexión

9.2.2. Método

- NIOSH 7300
- Ajuste de LMP a 12 h por método Brief & Scala
- Reglamentos nacionales D.S. N° 024-2016-EM y D.S. N°023-2017 EM

9.2.3. Procedimiento de monitoreo de sílice metales

- Se informa a los trabajadores sobre el procedimiento de monitoreo, el objetivo de la evaluación y se solicita la colaboración.
- Se coloca el equipo asegurado de un canguro o morral y se emplea la manguera flexible de alto rendimiento como extensión para poder alcanzar la zona respiratoria del trabajador y así poder captar los agentes químicos.
- Se comprueba y verifica que las conexiones estén bien aseguradas y ajustadas para evitar fugas de aire.

- Una vez armado el tren de muestreo se retiran los tapones de cierre de los portafiltros, se inspecciona el estado de los mismos. Posteriormente se activa la bomba gravimétrica.
- Ante de realizar el muestreo se realiza la verificación de flujo por medio de un calibrador de flujo (2.000 L/min para metales) con un ±5% de precisión (NIOSH, 2003). Se registra la hora de inicio del muestreo.
- Se registrarán las principales fuentes de contaminación y las diferentes actividades realizadas por los trabajadores durante la medición.
- Para una evaluación significativa se evaluará como mínimo el 70% de la jornada laboral.
- Finalizado el muestreo se apaga la bomba y se registra la hora de termino, se retira el portafiltro del conjunto y se cierran los orificios con los tapones.

9.2.4. Determinación de cantidad de filtros para muestreo de 12 horas

Flujo de muestreo: 2,000 Litros/min

Volumen máximo antes de saturación del filtro: 3 300 Litros

$$\text{Tiempo de muestreo máximo} = \frac{3\,300\ Litros}{2{,}0\ Litros/min} = 1\,500 \text{ minutos}$$

Tiempo mínimo de muestreo de 12 h al 70%: 504 minutos

$$\text{Numero minimo de filtros} = \frac{504 \text{ minutos}}{1500 \text{ minutos}} = 1 \text{ filtro por muestreo aproximadamente}$$

Tabla 9

Muestra de trabajadores evaluados mediante monitoreo de metales

CODIGO	AREA DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	NOMBRE DE TRABAJADOR
MET-01	PLANTA MOLIBDENO	SUPERVISOR DE FLOTACION MOLIBDENO	Julio Rodriguez
MET-02	PRODUCCION	OPERADOR DE MOLINOS	Mario Quispe A.
MET-03	PRODUCCION	OPERADOR DE FAJA TRASPORTADORA	Wilfren Surco Q.
MET-04	PRODUCCION	OPERADOR DE FLOTACION DE COBRE	Yefferson Serrano C.
MET-05	METALURGIA	OPERADOR DE MUESTRAS	Marcos Quispe A.
MET-06	LABORATORIO	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDICION	Max Sucatricona P.
MET-07	LABORATORIO	ANALISTA LABORATORIO FUNDICION	Larry Humpire A.
MET-08	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	MECÁNICO DE PLANTA	Dany Beltran P.
MET-09	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	SOLDADOR	John Maqui N.
MET-10	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION	TÉCNICO ELECTRICISTA	Jairo Corimanya S.
MET-11	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	ANALISTA DE LUBRICACION	Edwin Chambi M.
MET-12	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	SOLDADOR	Vitaliano Cossi A.

Nota: Elaboración propia

Tabla 10

Principales actividades y fuentes de metales durante monitoreo

CODIGO	AREA DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE MUESTREO	FUENTES DE CONTAMINACION
MET-01	PLANTA MOLIBDENO	SUPERVISOR DE FLOTACION MOLIBDENO	- Supervisión de operaciones en planta molibdeno, informes y reportes	- Equipos procesos planta, polución de procesos
MET-02	PRODUCCION	OPERADOR DE MOLINOS	- Operación de minicargador	- Emisión de polvo metálico
			- Limpieza de área, monitoreo de condición de equipos	- Minicargador
			- Inspección de celdas de flotación	- Exposición a trabajos esmerilado y soldadura
MET-03	PRODUCCION	OPERADOR DE FAJA TRASPORTADORA	- Inspección y monitoreo de faja trasportadora	- Polución faja transportadora
			- Monitoreo de condición de equipos	- Chancadora primaria
			- Inspección de equipos	- Emisión de polvo metálico de procesos
			- Operación de faja transportadora en sala de control	- Exposición a trabajos esmerilado y soldadura
MET-04	PRODUCCION		- Operación y control de celdas de flotación	- Polución de celdas de flotación

CODIGO	AREA DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	ACTIVIDADES RESALIZADAS DURANTE MUESTREO	FUENTES DE CONTAMINACION
		OPERADOR DE FLOTACION DE COBRE	- Monitoreo de condición de equipos	
			- Operación de equipos de remolienda	- Molinos y celdas de flotación
			- Control y monitoreo de parámetros de flotación y remolienda	- Emisión de polvo metálico de procesos remolienda
MET-05	METALURGIA	OPERADOR DE MUESTRAS	- Operación y control de celdas de flotación	- Polución de celdas de flotación
			- Monitoreo de condición de equipos	- Molinos y celdas de flotación
			- Operación de equipos de remolienda	- Emisión de polvo metálico de procesos remolienda
			- Control y monitoreo de parámetros de flotación y remolienda	
				- Bombas, motores y otros
			- Inspección de parámetros de campo	- Exposición polución de campo
MET-06	LABORATORIO	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDICION	- Fundición de muestras, pesado de muestras	- Humo metálicos por fundición
			- Ataque químico de muestras	- Volatilización de muestras
			- Digestión y análisis químico de muestras	- Hornos, estufas
			- Copelación de plomo	- Oxidación de plomo
MET-07	LABORATORIO	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDICION	- Fundición de muestras, pesado de muestras	- Humo metálicos por proceso de fundición
			- Ataque químico de muestras	- Volatilización de muestras
			- Digestión y análisis químico de muestras	- Hornos, estufas
			- Copelación de muestras, partición de muestras	- Oxidación de plomo
			- Homogenización de muestras	- Manipulación de muestras
MET-08	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	MECÁNICO DE PLANTA	- Mantenimiento PM1	- Manipulación de herramientas y equipos
			- Alineamiento y reparación de filtros larox	- Procesos planta (motores, bombas)
MET-09	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	SOLDADOR	- Regulado de estopas	- Exposición a Soldadura 6011-electrodo
			- Reparación de tubería de agua de procesos de ciclón de línea 2, Soldadura de tuberías	- Manipulación de herramientas y equipos
				- Revestimientos de electrodo, metal base
MET-10	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION	TÉCNICO ELECTRICISTA	- Pruebas eléctricas dinámicas y descargas parciales, inspecciones de tableros	- Polución procesos planta
			- Pruebas eléctricas - pruebas estativas	- Manipulación de herramientas y equipos
MET-11	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	ANALISTA DE LUBRICACION	- Muestreo y análisis de aceite	- Equipos procesos planta
			- Cambios de aceite en equipos, inspección de lubricantes en campo	- Exposición a trabajos mecánicos de soldadura
			- Monitoreo de condición de equipos	- Lubricantes en campo
MET-12	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	SOLDADOR	- Corte de pernos en interior de molino de bolas	- Humo metálico por equipos oxicorte
				- Exposición a trabajos mecánicos de soldadura, oxiflama, molino de bolas

Nota: Elaboración propia

Tabla 11

MET-01: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. filtros	TIEMPO (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPs	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPs
MET-01	25-0205646	550 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0035	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0005	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0003	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 12

MET-02: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-02	25-0205607	555 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0014	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0075	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0000	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0002	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 13

MET-03: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	TIEMPO (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-03	25-0205610	559 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0400	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0011	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0190	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0000	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0009	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0002	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 14

MET-04: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-04	25-0205635	587 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0067	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0100	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0008	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0004	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0002	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 15

MET-05: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-05	25-0205633	589 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0026	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0005	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0002	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0003	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 16

MET-06: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-06	25-0205621	606 min	Aluminio	0,0077	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0003	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0032	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0170	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0002	-	-	-	-
			Plomo	0,0430	0,047	**SIGNIFICATIVO**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0140	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0007	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0003	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 17

MET-07: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-07	25-0205625	635 min	Aluminio	0,0000	4,7	MENOR	47	MENOR
			Antimonio	0,0000	0,47	MENOR	4,7	MENOR
			Arsénico	0,0000	0,0094	MENOR	0,094	MENOR
			Bario	0,0000	0,47	MENOR	4,7	MENOR
			Berilio	0,0000	0,00188	MENOR	0,0188	MENOR
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	MENOR	0,094	MENOR
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	MENOR	4,7	MENOR
			Cobalto	0,0000	0,0188	MENOR	0,188	MENOR
			Cobre	0,0021	0,188	MENOR	1,88	MENOR
			Hierro	0,0096	4,7	MENOR	47	MENOR
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0630	0,047	MAYOR	0,47	MODERADO
			Magnesio	0,0000	9,4	MENOR	94	MENOR
			Manganeso	0,0003	0,188	MENOR	1,88	MENOR
			Molibdeno	0,0000	9,4	MENOR	94	MENOR
			Níquel	0,0000	1,41	MENOR	14,1	MENOR
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	MENOR	0,94	MENOR
			Potasio	0,0000	0,094	MENOR	0,94	MENOR
			Selenio	0,0000	0,188	MENOR	1,88	MENOR
			Sodio	0,0000	0,094	MENOR	0,94	MENOR
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	MENOR	0,94	MENOR
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	MENOR	0,94	MENOR
			Zinc	0,0000	1,88	MENOR	18,8	MENOR

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 18

MET-08: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/ m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-08	25-0205611	645 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0380	0,188	**MODERADO**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0340	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0040	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0006	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0069	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 19

MET-09: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-09	25-0205640	630 min	Aluminio	0.0000	4.7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0.0000	0.47	**MENOR**	4.7	**MENOR**
			Arsénico	0.0000	0.0094	**MENOR**	0.094	**MENOR**
			Bario	0.0000	0.47	**MENOR**	4.7	**MENOR**
			Berilio	0.0000	0.00188	**MENOR**	0.0188	**MENOR**
			Boro	0.0000	-	-	-	-
			Cadmio	0.0000	0.0094	**MENOR**	0.094	**MENOR**
			Calcio	0.0000	-	-	-	-
			Cromo	0.0000	0.47	**MENOR**	4.7	**MENOR**
			Cobalto	0.0000	0.0188	**MENOR**	0.188	**MENOR**
			Cobre	0.0007	0.188	**MENOR**	1.88	**MENOR**
			Hierro	0.0000	4.7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0.0000	-	-	-	-
			Plomo	0.0000	0.047	**MENOR**	0.47	**MENOR**
			Magnesio	0.0000	9.4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0.0002	0.188	**MENOR**	1.88	**MENOR**
			Molibdeno	0.0000	9.4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0.0000	1.41	**MENOR**	14.1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Potasio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Selenio	0.0000	0.188	**MENOR**	1.88	**MENOR**
			Sodio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Estroncio	0.0000	-	-	-	-
			Talio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Titanio	0.0000	-	-	-	-
			Vanadio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Zinc	0.0000	1.88	**MENOR**	18.8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 20

MET-10: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m^3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-10	25-0205609	662 min	Aluminio	0.0000	4.7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0.0000	0.47	**MENOR**	4.7	**MENOR**
			Arsénico	0.0000	0.0094	**MENOR**	0.094	**MENOR**
			Bario	0.0000	0.47	**MENOR**	4.7	**MENOR**
			Berilio	0.0000	0.00188	**MENOR**	0.0188	**MENOR**
			Boro	0.0000	-	-	-	-
			Cadmio	0.0000	0.0094	**MENOR**	0.094	**MENOR**
			Calcio	0.0000	-	-	-	-
			Cromo	0.0000	0.47	**MENOR**	4.7	**MENOR**
			Cobalto	0.0000	0.0188	**MENOR**	0.188	**MENOR**
			Cobre	0.0003	0.188	**MENOR**	1.88	**MENOR**
			Hierro	0.0000	4.7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0.0000	-	-	-	-
			Plomo	0.0000	0.047	**MENOR**	0.47	**MENOR**
			Magnesio	0.0000	9.4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0.0000	0.188	**MENOR**	1.88	**MENOR**
			Molibdeno	0.0000	9.4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0.0000	1.41	**MENOR**	14.1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Potasio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Selenio	0.0000	0.188	**MENOR**	1.88	**MENOR**
			Sodio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Estroncio	0.0000	-	-	-	-
			Talio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Titanio	0.0000	-	-	-	-
			Vanadio	0.0000	0.094	**MENOR**	0.94	**MENOR**
			Zinc	0.0000	1.88	**MENOR**	18.8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 21

MET-11: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-11	25-0205626	564 min	Aluminio	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0000	-	-	-	-
			Cromo	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0000	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0007	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	0,0000	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0000	0,047	**MENOR**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0002	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0000	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0000	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0000	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

Tabla 22

MET-12: Resultados de monitoreo de metales en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Cód. Filtros	Tiempo (minutos)	Parámetro	Concentración (mg/m3)	LMP corregido (12 h)	Nivel de exposición sin EPPS	LMP con uso de epps (10xTLV)	Nivel de exposición con EPPS
MET-12	25-0205617	677 min	Aluminio	0,0062	4,7	**MENOR**	47	**MENOR**
			Antimonio	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Arsénico	0,0016	0,0094	**MODERADO**	0,094	**MENOR**
			Bario	0,0000	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Berilio	0,0000	0,00188	**MENOR**	0,0188	**MENOR**
			Boro	0,0000	-	-	-	-
			Cadmio	0,0000	0,0094	**MENOR**	0,094	**MENOR**
			Calcio	0,0450	-	-	-	-
			Cromo	0,0095	0,47	**MENOR**	4,7	**MENOR**
			Cobalto	0,0005	0,0188	**MENOR**	0,188	**MENOR**
			Cobre	0,0093	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Hierro	1,5000	4,7	**MODERADO**	47	**MENOR**
			Lantano	0,0000	-	-	-	-
			Plomo	0,0220	0,047	**MODERADO**	0,47	**MENOR**
			Magnesio	0,0060	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Manganeso	0,0085	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Molibdeno	0,0120	9,4	**MENOR**	94	**MENOR**
			Níquel	0,0018	1,41	**MENOR**	14,1	**MENOR**
			Fósforo (particulado)	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Potasio	0,0300	0,094	**MODERADO**	0,94	**MENOR**
			Selenio	0,0000	0,188	**MENOR**	1,88	**MENOR**
			Sodio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Estroncio	0,0000	-	-	-	-
			Talio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Titanio	0,0000	-	-	-	-
			Vanadio	0,0000	0,094	**MENOR**	0,94	**MENOR**
			Zinc	0,0160	1,88	**MENOR**	18,8	**MENOR**

*Nota***:** Elaboración propia

9.3.Evaluación de partículas respirables

Para la evaluación se tomó en cuenta criterios del método NIOSH 0600 para la cuantificación de partículas respirables. La muestra es de doce trabajadores de las áreas de mantenimiento mecánico planta, producción, laboratorio y electricidad e instrumentación.

9.3.1. Materiales y equipos:

- 4 bombas gravimétricas marca Svantek
- 1 calibrador de flujo SKC
- El casete de filtro de 37 mm de PVC
- Jarra de calibración
- Ciclón 37 mm de nylon
- Mangueras de conexión

9.3.2. Método

-NIOSH 0600

-Ajuste de LMP a 12 h por método Brief & Scala

-Reglamentos nacionales D.S. N° 024-2016-EM y D.S. N°023-2017 EM

9.3.3. Procedimiento de monitoreo de partículas respirables

- Se informa a los trabajadores sobre el procedimiento de monitoreo, el objetivo de la evaluación y se solicita la colaboración.
- Se coloca el equipo asegurado de un canguro o morral y se emplea la manguera flexible de alto rendimiento como extensión para poder alcanzar la zona respiratoria del trabajador y así poder captar los agentes químicos.

- Se comprueba y verifica que las conexiones estén bien aseguradas y ajustadas para evitar fugas de aire.
- Una vez armado el tren de muestreo se retiran los tapones de cierre del portafiltro, se inspecciona el estado de los mismos. Posteriormente se activa la bomba gravimétrica.
- Ante de realizar el muestreo se realiza la verificación de flujo por medio de un calibrador de flujo (1,700 L/min para partículas respirables) con un ±5% de precisión (NIOSH, 2003). Se registra la hora de inicio del muestreo.
- Se registrarán las principales fuentes de contaminación y las diferentes actividades realizadas por los trabajadores durante la medición.
- Para una evaluación significativa se evaluará como mínimo el 70% de la jornada laboral.
- Finalizado el muestreo se apaga la bomba y se registra la hora de término, se retira el portafiltro del conjunto y se cierran los orificios con los tapones.

9.3.4. Determinación de cantidad de filtros para muestreo de 12 horas

Flujo de muestreo: 1,700 Litros/min

Volumen máximo antes de saturación del filtro: 400 Litros (NIOSH 0600)

$$\text{Tiempo de muestreo máximo} = \frac{400\ Litros}{1{,}7\ Litros/min} = 235 \text{ minutos aproximadamente}$$

Tiempo mínimo de muestreo de 12 h al 70%: 504 minutos

$$\text{Numero minimo de filtros} = \frac{504 \text{ minutos}}{235 \text{ minutos}} = 3 \text{ filtros por muestreo aproximadamente}$$

Tabla 23

Actividades y fuentes de partículas respirables durante muestreo

Código	Puesto	Actividades	Fuentes	Área
PAR-1	OPERADOR DE FILTRADO MOLIBDENO	- Limpieza de celda de flotación, limpieza de embalsadora	- Polvo general de planta, celdas de flotación	PLANTA MOLIBDENO
PAR-2	OPERADOR DE FLOTACION MOLIBDENO	- Monitoreo de equipos para flotación, flotación molibdeno	- Polvo general de planta, celdas de flotación	PLANTA MOLIBDENO
PAR-3	TÉCNICO METALURGISTA	- Despacho de cobre, muestreo de concentrado de molibdeno, preparación mecánica de muestras, análisis gravimétrico de muestras.	- Muestras de cobre, celdas de flotación	METALURGIA
PAR-4	TÉCNICO METALURGISTA	- Muestreo de planta cobre	- Muestras de cobre y otros minerales, extractores, polución general de análisis	METALURGIA
PAR-5	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVES	- Monitoreo de pozos y líneas de relave	- Pozos, relaves, polución general	RELAVE
PAR-6	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVES	- Monitoreo de pozos y líneas de relave	- Pozos, relaves, polución general	RELAVE
PAR-7	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES Y GRUAS	- Montaje de estructuras en celdas de flotación	- Celdas de flotación, equipos auxiliares, polución de planta	MANTENIMIENTO PLANTA
PAR-8	TÉCNICO MUESTRERO-GEOLOGÍA	- Muestreo de ripios de blastholde	- Minerales muestreados, tránsito de vehículos, proceso perforación	GEOLOGÍA MINA
PAR-9	TÉCNICO MUESTRERO-GEOLOGÍA	- Muestreo de ripios de blastholde, muestreo de densidad	- Minerales muestreados, tránsito de vehículos, proceso perforación	GEOLOGÍA MINA
PAR-10	ANALISTA DE LABORATORIO	- Pesado de muestras, digestión de muestras, pesado de muestras de geología	- Proceso de pesado de muestras	LABORATORIO
PAR-11	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVES	- Inspección y monitoreo de líneas de agua, relave y pozas	- Transito de equipos livianos y pesados	RELAVES

Código	Puesto	Actividades	Fuentes	Área
PAR-12	OPERADOR DE PERFORADORA	- Operación de perforadora	- Polvo de proceso de perforación, tránsito de camiones y equipos auxiliares, polución de ambiente	OPERACIONES MINA
PAR-13	TOPOGRAFO 1 MINA	- Replanteo de puntos de perforación, límites de malla, diseño de rampa, control de perfilado de talud	- Tránsito de camiones, actividades de perforación, polución general de ambiente	TOPOGRAFIA
PAR-14	OPERADOR DE AGUAS	- Control de niveles de estanque, monitoreo de operación de bombas	- Movimiento de equipos, polución de ambiente	RELAVES
PAR-15	OPERADOR ESPESADOR DE RELAVES	- Inspección de bombas, manejo de sala de control, dosificación de floculantes	- Floculantes, extractor, bombas, polvo general de planta	RELAVES
PAR-16	OPERADOR DE MUESTRA	- Toma de muestra de pulpa, inspección de líneas de muestreos y bombas, reportes en oficina	- Polvo general en planta, tránsito de vehículos, ventiladores	METALURGIA
PAR-17	MECÁNICO DE PLANTA	- Armado de revestimiento de bomba	- Tránsito de vehículos (cargadores, camioneta, equipos auxiliares)	MANTENIMIENTO MECÁNICO
PAR-18	TÉCNICO MECÁNICO MINA	- Mantenimiento preventivo de camión minero	- Arranque de camión, uso de pistola neumática, herramientas manuales	MANTENIMIENTO MINA
PAR-19	ANALISTA DE LABORATORIO VIA HUMEDA	Digestión química de muestras (50 muestras, pesado de muestras (150 muestras)	Muestra de mineral, proceso de pesado	LABORATORIO
PAR-20	PREPARADOR DE GEOLOGÍA	Recepción, secado, chancado, tamizado, cuarteo, pulverizado y desecho de muestras	Proceso de chancado, cuarteo y pulverizado, uso de pistola de aire a presión	LABORATORIO
PAR-21	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDICION	Fundición de muestras, pesado de muestras, ataque químico de muestras, digestión y análisis de muestras, homogenización, copelación y partición de muestras	Polvo de proceso fundición, volatilización de muestras, hornos y estufas, oxidación de plomo, manipulación de muestras	LABORATORIO
PAR-22	PREPARADOR DE PLANTA	- Preparación de muestras en planta, filtrado, secado, pesado, homogenizado y cuarteo, pulverizado, limpieza y lavado	- Proceso de homogenizado, cuarteo, pulverizado, secado, filtrado	LABORATORIO

Nota: *Elaboración propia*

Tabla 24

Resultados de monitoreo de partículas respirables en jornada de 12 horas y en régimen de 10x10

Código	Puesto	Área	Código de filtros	tiempo muestreo (minutos)	Concentración (mg/cm^3)	Promedio	Nivel de exposición sin EPPs	LMP corregido (12 h) (mg/cm^3)	Nivel de exposición sin EPPs promedio
PAR-1	OPERADOR DE FILTRADO MOLIBDENO	PLANTA MOLIBDENO	25-0278394	186	0,18	0,15	MENOR	2,82	MENOR
			25-0278409	201	0,15		MENOR		
			25-0278416	212	0,14		MENOR		
PAR-2	OPERADOR DE FLOTACION MOLIBDENO	PLANTA MOLIBDENO	25-0278383	181	0,16	0,15	MENOR	2,82	MENOR
			25-0278403	188	0,16		MENOR		
			25-0278414	207	0,14		MENOR		
PAR-3	TÉCNICO METALURGISTA	METALURGIA	25-0205678	241	0,12	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0150509	177	0,17		MENOR		
			25-0183943	235	0,13		MENOR		
PAR-4	TÉCNICO METALURGISTA	METALURGIA	25-0278397	235	0,13	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0183931	190	0,15		MENOR		
			25-0278406	220	0,14		MENOR		
PAR-5	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVES	RELAVE	25-0205663	227	0,13	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0150436	195	0,15		MENOR		
			25-0150417	215	0,14		MENOR		
PAR-6	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVES	RELAVE	25-0278421	235	0,13	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0278418	190	0,15		MENOR		
			25-0278390	230	0,13		MENOR		
PAR-7	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES Y GRUAS	MANTENIMIENTO PLANTA	25-0150456	242	0,12	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0150476	241	0,12		MENOR		
			25-0150478	167	0,18		MENOR		
PAR-8	TÉCNICO MUESTRERO-GEOLOGÍA	GEOLOGÍA MINA	25-0278405	305	0,10	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0778419	180	0,16		MENOR		
			25-0278404	200	0,15		MENOR		
PAR-9	TÉCNICO MUESTRERO-GEOLOGÍA	GEOLOGÍA MINA	25-0278388	280	0,10	0,13	MENOR	2,82	MENOR
			25-0278389	208	0,14		MENOR		
			25-0278385	225	0,13		MENOR		
PAR-10	ANALISTA DE LABORATORIO	LABORATORIO	25-0205671	185	0,17	0,18	MENOR	2,82	MENOR
			25-0150435	203	0,14		MENOR		
			25-0205659	217	0,24		MENOR		
PAR-11	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVES	RELAVES	25-0278399	215	0,14	0,14	MENOR	2,82	MENOR
			25-0205668	230	0,13		MENOR		
			25-0205656	187	0,16		MENOR		

Código	Puesto	Área	Código de filtros	tiempo muestreo (minutos)	Concentración (mg/m^3)	Promedio	Nivel de exposición sin EPPS	LMP corregido (12 h) (mg/m^3)	Nivel de exposición sin EPPS promedio
PAR-12	OPERADOR DE PERFORADORA	OPERACIONES MINA	25-0150468	336	0,13	0,105	MENOR	2,82	MENOR
			25-0183936	399	0,08		MENOR		
PAR-13	TOPOGRAFO 1 MINA	TOPOGRAFIA	25-0150447	215	0,13	0,200	MENOR	2,82	MENOR
			25-0150475	285	0,27		MENOR		
PAR-14	OPERADOR DE AGUAS	RELAVES	25-0205675	205	0,14	0,137	MENOR	2,82	MENOR
			25-0205679	250	0,12		MENOR		
			25-0205661	192	0,15		MENOR		
PAR-15	OPERADOR ESPESADOR DE RELAVES	RELAVES	25-0205662	195	0,15	0,140	MENOR	2,82	MENOR
			25-0205665	252	0,12		MENOR		
			25-0150466	200	0,15		MENOR		
PAR-16	OPERADOR DE MUESTRA	METALURGIA	25-0205666	270	0,11	0,330	MENOR	2,82	MENOR
			25-0205657	225	0,31		MODERADO		
			25-0150469	185	0,57		MODERADO		
PAR-17	MECÁNICO DE PLANTA	MANTENIMIENTO MECÁNICO	25-0278420	245	0,12	0,133	MENOR	2,82	MENOR
			25-0278384	230	0,13		MENOR		
			25-0278422	195	0,15		MENOR		
PAR-18	TÉCNICO MECÁNICO MINA	MANTENIMIENTO MINA	25-0278400	239	0,12	0,137	MENOR	2,82	MENOR
			25-0205658	168	0,18		MENOR		
			25-0278408	265	0,11		MENOR		
PAR-19	ANALISTA DE LABORATORIO VIA HUMEDA	LABORATORIO	25-0205677	240	0,28	0,313	MENOR	2,82	MENOR
			25-0205664	225	0,13		MENOR		
			25-0150455	190	0,53		MODERADO		
PAR-20	PREPARADOR DE GEOLOGÍA	LABORATORIO	25-0205667	240	0,15	2,113	MENOR	2,82	MENOR
			25-0278415	190	0,49		MODERADO		
			25-0205673	165	5,70		MAYOR		
PAR-21	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDICION	LABORATORIO	25-0205671	185	0,17	0,187	MENOR	2,82	MENOR
			25-0150435	203	0,15		MENOR		
			25-0205659	217	0,24		MENOR		
PAR-22	PREPARADOR DE PLANTA	LABORATORIO	25-0278392	210	0,32	0,200	MODERADO	2,82	MENOR
			25-0278410	180	0.16		MENOR		
			25-0278398	240	0.12		MENOR		

Nota: *Elaboración propia*

9.1.Evaluación de ruido ocupacional

Para la evaluación se tomó en cuenta criterios de la Norma Técnica Peruana (NTP-9612:2009) para la determinación de la exposición al ruido laboral. La muestra es de 52 trabajadores de las áreas de mantenimiento mecánico planta, producción, laboratorio, gestión de relaves, metalurgia, operaciones mina, ingeniería y planificación y electricidad e instrumentación.

9.1.1. Materiales y equipos:

- 4 dosímetros de ruido Svantek
- 1 calibrador acústico

9.1.2. Método y normativa de referencia

- NTP – 9612:2009 – ACÚSTICA. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería.

--Reglamentos nacionales D.S. N° 024-2016-EM y D.S. N°023-2017 EM

9.2.Procedimiento para monitoreo de ruido por dosimetría

9.2.1. Dosimetría de ruido:

- Se informa a los trabajadores sobre el procedimiento de monitoreo, el objetivo de la evaluación y se solicita la colaboración.
- Se instala el equipo (dosímetro de ruido) en el trabajador a la altura del hombro (zona de audición), asegurando los ganchos y evitando obstrucciones o contacto de ropa con sensor. Se programa, activa el equipo y se registra la hora inicial de medición.
- Antes de realizar el muestreo se realiza una verificación inicial usando un calibrador acústico.
- La medición de realiza en escala de ponderación “A” y en nivel de respuesta lento (“slow”).

- Durante medición se tomarán registros de tareas realizadas y las diferentes fuentes de ruido al que es expuesto el trabajador.
- Luego de instalado, el dosímetro de ruido debe operar durante un tiempo no menor al 70 % de la jornada laboral del trabajador, con fines representativos.
- Finalizada la medición, se retira el equipo del trabajador, se registra la hora de finalización del monitoreo y se realiza la verificación final.

Tabla 25

Principales actividades y fuentes de ruido durante en monitoreo dosimétrico

	PUESTO	ÁREA	ACTIVIDADES	FUENTES DE RUIDO
RU-01	MECÁNICO DE PLANTA	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Mantenimiento mecánico de ciclones, equipos en planta	- Equipo puente grúa, pistola neumática, tránsito de vehículos, alarmas de planta, ciclones, bombas, herramientas manuales
RU-02	OPERADOR DE ESPESADOR DE RELAVES	GESTION DE RELAVES	- Inspección de espesador de relaves y sistema de bombeo	- Sistema blowar, bombas, tránsito de vehículos
RU-03	OPERADOR DE MUESTRA	METALURGIA	- Muestreo en planta de cobre, verificación y monitoreo de operatividad de equipos	- Molinos, celdas químicas, motores, bombas, tránsito de vehículos, alarmas de planta
RU-04	OPERADOR DE MUESTRA	METALURGIA	- Desarenamiento de Líneas, despacho de cobre	- Molinos, celdas de flotación, motores, extractores, alarmas de planta, tránsito de vehículos
RU-05	OPERADOR DE AGUAS	GESTION DE RELAVES	- Monitoreo y operación de sistema de aguas	- Motores, equipos móviles, bombas
RU-06	TÉCNICO METALURGISTA	METALURGIA	- Muestreo de celdas de flotación	- Molinos, celdas de flotación, motores, alarmas de planta
RU-07	OPERADOR PLANTA REACTIVOS	PRODUCCION	- Monitoreo, inspecciones y control de equipos de operación planta	- Tanques, motores, molinos, bombas, motores, alarmas de planta
RU-08	PREPARADOR DE MUESTRA GEOLOGÍA	LABORATORIO	- Chancado, cuarteo y pulverizado de muestra, orden y recepción de muestras	- Pulverizadora, chancadora, extractores, campanas, ventiladores
RU-09	PREPARADOR DE MUESTRA PLANTA	LABORATORIO	- Preparación de muestras puntuales, preparación de compositos, recepción de muestras	- Pulverizadora, filtros, ollas, aire a presión
RU-10	ANALISTA DE LABORATORIO DE ABSORCION ATOMICA	LABORATORIO	- Análisis de muestras con equipos de absorción atómica	- Campanas de extracción, Equipos de absorción atómica, equipo leco

CÓDIGO	PUESTO	ÁREA	ACTIVIDADES	FUENTES DE RUIDO
RU-11	ANALISTA DE LABORATORIO VIA HUMEDA	LABORATORIO	- Neutralizado de efluentes, lavado de materiales, digestión de muestras	- Compresora, campanas extractoras, extractores
RU-12	OPERADOR DE SALA DE CONTROL	PRODUCCION	- Control y monitoreo de chancadora primaria desde sala de control	- Faja transportadora, chancadora primaria
RU-13	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES	PRODUCCION	- Operación de cargador frontal	- Cargador frontal, motor, alarmas
RU-14	OPERADOR DE FLOTACION COBRE Y MOLIENDA	PRODUCCION	- Inspección de equipos de operación y control de área de flotación	- Celdas de flotación, motores, bombas, molinos de bolas
RU-15	OPERADOR DE MOLINOS	PRODUCCION	- Trabajo de limpieza, monitoreo e inspección de equipos cerca de molinos	- Molinos de bolas, motores, bombas
RU-16	ANALISTA DE LUBRICACION	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Cambio de aceite, lubricación de componentes	- Equipos de procesos planta, bombas, tránsito de vehículos
RU-17	TÉCNICO MECÁNICO	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Cambio de pernos en molino	- Pistola neumática, Molinos de bolas, motores
RU-18	TÉCNICO MECÁNICO	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Cambio de motor en chancado	- Tránsito de vehículos, herramientas manuales, alarmas de planta, motores
RU-19	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Izaje y traslado de componentes operando camión grúa y montacarga	- Motores, bombas, celdas de flotación, camión grúa, montacarga, alarmas de planta
RU-20	SOLDADOR	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Trabajo de soldadura en componentes de molino	- Equipo de soldadura, herramientas metálicas, molinos de bolas, alarmas de planta
.RU-21	MECÁNICO DE PLANTA	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Cambio de pernos en molino de bolas	- Pistola neumática, Molinos de bolas, motores, alarmas de planta, herramientas manuales
RU-22	TÉCNICO ELECTRICISTA	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION	- Inspección, mantenimiento, verificación de motores media y baja, variadores, termógrafos de motores	- Motores, variadores, bombas, alarmas de planta, tránsito de vehículos
RU-23	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION	- Mantenimiento, revisión y monitoreo y verificación de condición de equipos de planta	- Molinos, celdas, motores, bombas, alarmas de planta, chancadora
RU-24	OPERADOR DE ESPESADOR DE RELAVES	GESTION DE RELAVES	- Inspección y operación de equipos	- Motores eléctricos, ruido planta relaves, tránsito de vehículos

CÓDIGO	PUESTO	ÁREA	ACTIVIDADES	FUENTES DE RUIDO
RU-25	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVE	GESTION DE RELAVES	- Monitoreo cisterna de relaves de agua	- Motores de bombas, ruido planta relaves
RU-26	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION	- Mantenimiento, revisión, monitoreo, verificación de condición de equipos planta	- Molinos, celdas de flotación, chancadora, bombas, motores, alarmas de planta
RU-27	TÉCNICO ELECTRICISTA	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACION	- Inspección, mantenimiento, verificación de motores media y baja, variadores, termógrafos de motores entre otros equipos	- Motores, variadores, bombas, alarmas de planta, tránsito de vehículos
RU-28	OPERADOR DE CAMION MINERO	OPERACIONES MINA	- Operación de camión minero, acarreo de minerales	- Camión Cat 793, tránsito de vehículos, radio
RU-29	OPERADOR DE CAMION MINERO	OPERACIONES MINA	- Operación de camión minero, acarreo de minerales	- Camión Cat 793 - 01, tránsito de vehículos, radio
RU-30	OPERADOR DE PERFORADORA	OPERACIONES MINA	- Operador de perforadora	- Perforadora, tránsito de vehículos, radio
RU-31	OPERADOR DE PERFORADORA	OPERACIONES MINA	- Operador de perforadora	- Perforadora, tránsito de vehículos, radio
RU-32	TÉCNICO MECÁNICO	MANTENIMIENTO MECÁNICO PLANTA	- Cambios de tornos en bomba de molinos bolas	- Bomba principal, motores, 4 molino de bolas
RU-33	OPERADOR DE MOLINOS	PRODUCCION	- Control de parámetros de operatividad de molinos, monitoreo de área de trabajo (inspecciones y supervisiones de equipos)	- Molinos de bolas, motores, aire a presión, tránsito de vehículos, alarmas de planta
RU-34	OPERADOR MULTIFUNCIONAL	PRODUCCION	- Control de parámetros, inspecciones de equipos, monitoreos multifuncionales	- Molino de bolas x4, bombas, motores, alarmas de planta, tránsito de vehículos
RU-35	OPERADOR FILTRO COBRE	PRODUCCION	- Monitoreo de proceso y filtrado de cobre (cabina), inspección de equipos, limpieza de chute	-Motor hidráulico, filtros, bombas, aire a presión, alarmas de planta
RU-36	SUPERVISOR DE PROCESOS	PLANTA MOLIBDENO	- Supervisión de área de molibdeno	- Zona de compresores x2, planta de nitrógeno
RU-37	ASISTENTE DE PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO	INGENIERIA Y ´PLANIFICACION	- Revisión de repuestos de almacén, revisión de repuestos en oficinas EPCM, Revisión de equipos de campo	- Tránsito de vehículos, radio, chancadora, 4 molino de bolas, alarmas de planta, motores
RU-38	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDIDOR	LABORATORIO	- Fundición de muestras (52 muestras), apoyo en área de geología, pesado de muestras, homogenizado de muestras	- Ducto de extracción de plomo, extractores de polvo

CÓDIGO	PUESTO	ÁREA	ACTIVIDADES	FUENTES DE RUIDO
RU-39	OPERADOR DE REACTIVOS	PRODUCCION	- Preparación de cal, trasvase y traslado de reactivos (colectores y espumantes), descarga de sacos de planta molibdeno, preparación de silicatos	- Motores, bombas, colectores, alarmas de planta, ruido general de planta, sacos
RU-40	TÉCNICO MECÁNICO	MANTENIMIENTO MECÁNICO MINA	- Mantenimiento programado y correctivos en cargador frontal	- Arranque y encendido del cargador frontal
RU-41	TÉCNICO MECÁNICO	MANTENIMIENTO MECÁNICO MINA	- Mantenimiento programado en camión minero	- Encendido del camión minero, motor, tránsito de vehículos
RU-42	TÉCNICO ELECTRICISTA	MANTENIMIENTO MECÁNICO MINA	- Mantenimiento programado de camión 14 y correctivo de camión 15	- Arranque de equipo, pistola eléctrica y neumática, prueba de presiones
RU-43	INGERIERO DE GEOLOGÍA	GEOLOGÍA MINA	- Recolecciones diarias de mineral, avances de minado diario, actualización de stocks de mineral	- Procesos de carga de mineral
RU-44	OPERADOR DE FAJA TRANSPORTADORA	PRODUCCION	- Operación, supervisión de faja transportadora, inspecciones, limpieza de chutes	- Faja transportadora, chancadora primaria, alarmas de planta, motores, bombas, manguera de aire a presión
RU-45	OPERADOR DE TRACTOR	OPERACIONES MINA	- Operación de tractor, empuje de materiales	- Tractor, motores, equipos auxiliares, rocas
RU-46	OPERADOR DE PERFORADORA	OPERACIONES MINA	- Operación de perforadora	- Perforadora, equipos auxiliares, motores, camiones mineros
RU-47	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES	OPERACIONES MINA	- Carguío de materiales con cargador frontal	- Cargador frontal, tránsito de camiones
RU-48	OPERADOR DE CAMION MINERO	OPERACIONES MINA	- Operar tractor de ruedas y camión minero	- Equipos auxiliares, camiones, perforadores, motores, tractor
RU-49	OPERADOR DE EXCAVADORA	OPERACIONES MINA	- Operador de excavadora	- Excavadora, equipos auxiliares, perforadoras, tránsito de vehículos, camiones
RU-50	OPERADOR DE FILTRADO COBRE	PRODUCCION	- Monitoreo de procesos y filtrado de cobre (en cabina), inspección de equipos	- Filtros, motor hidráulico, alarma de planta, bombas
RU-51	OPERADOR FAJA TRANSPORTADORA	PRODUCCION	- Operación, supervisión de faja transportadora, inspecciones, limpieza de chutes	- Faja transportadora, chancadora primaria, alarmas de planta, motores, bombas, manguera de aire a presión
RU-52	OPERADOR DE MOLINOS	PRODUCCION	- Monitoreo de equipos, control de operación, limpieza de área	- 04 Molino de bolas, bombas, motores, alarmas de planta, tránsito de vehículos, compresores, herramientas manuales

Nota: Elaboración propia

Tabla 26

Resumen de resultados del monitoreo de ruido por dosimetría

CÓDIGO	PUESTO	TIEMPO	LEQ	NIVEL DE EXPOSICIÓN	EPP	NRR	NRR EFICAZ	LEQ ATENUEADO	NIVEL DE EXPOSICIÓN ATENUADO
RU-01	MECÁNICO DE PLANTA	10:37	80	SIGNIFICATIVO	OREJERA 3M X5P3	31	18	62	MENOR
RU-02	OPERADOR DE ESPESADOR DE RELAVES	09:00	79,3	MODERADO	OREJERA 3M X5P3	31	18	61	MENOR
RU-03	OPERADOR DE MUESTRA	10:47	75,6	MODERADO	OREJERA 3M X5P3	31	18	58	MENOR
RU-04	OPERADOR DE MUESTRA	10:40	75,9	MODERADO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	61	MENOR
RU-05	OPERADOR DE AGUAS	09:00	84,3	MAYOR	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	69	MENOR
RU-06	TÉCNICO METALURGISTA	09:11	87,7	MAYOR	OREJERA MSA HPE	26	14	73	MODERADO
RU-07	OPERADOR PLANTA REACTIVOS	09:23	82,8	SIGNIFICATIVO	OREJERA 3M X5P3	31	18	65	MENOR
RU-08	PREPARADOR DE MUESTRA GEOLOGÍA	10:04	85,7	MAYOR	OREJERA 3M - OPTIME	23	12	74	MODERADO
RU-09	PREPARADOR DE MUESTRA PLANTA	10:00	86	MAYOR	OREJERA 3M - OPTIME	23	12	74	MODERADO
RU-10	ANALISTA DE LABORATORIO DE ABSORCION ATOMICA	09:00	80,1	SIGNIFICATIVO	OREJERA 3M - OPTIME	23	12	68	MENOR
RU-11	ANALISTA DE LABORATORIO VIA HUMEDA	09:00	80,4	SIGNIFICATIVO	OREJERA 3M - OPTIME	23	12	68	MENOR
RU-12	OPERADOR DE SALA DE CONTROL	09:01	68,8	MENOR	OREJERA 3M PELTOR X4A	27	15	54	MENOR
RU-13	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES	09:20	78,8	MODERADO	OREJERA MSA HPE	26	14	65	MENOR
RU-14	OPERADOR DE FLOTACION COBRE Y MOLIENDA	09:00	90,3	MAYOR	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	75	MODERADO
RU-15	OPERADOR DE MOLINOS	09:00	87,8	MAYOR	OREJERA 3M X5P3	31	18	70	MENOR

CÓDIGO	PUESTO	TIEMPO	LEQ	NIVEL DE EXPOSICIÓN	EPP	NRR	NRR EFICAZ	LEQ ATENUEADO	NIVEL DE EXPOSICIÓN ATENUADO
RU-16	ANALISTA DE LUBRICACION	09:31	92,9	CRÍTICO	OREJERA MSA HPE	26	14	79	MODERADO
RU-17	TÉCNICO MECÁNICO	09:00	84,8	MAYOR	OREJERA 3M X5P3	31	18	67	MENOR
RU-18	TÉCNICO MECÁNICO	11:08	78,6	MODERADO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	64	MENOR
RU-19	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES	10:57	78,8	MODERADO	OREJERA 3M X5P3	31	18	61	MENOR
RU-20	SOLDADOR	11:04	85,2	MAYOR	OREJERA 3M X5P3	31	18	67	MENOR
RU-21	MECÁNICO DE PLANTA	09:00	96	CRÍTICO	OREJERA 3M X5P3	31	18	78	MODERADO
RU-22	TÉCNICO ELECTRICISTA	11:21	79,3	MODERADO	OREJERA 3M X5P3	31	18	61	MENOR
RU-23	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	10:16	81,7	SIGNIFICATIVO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	67	MENOR
RU-24	OPERADOR DE ESPESADOR DE RELAVES	09:00	71,1	MENOR	OREJERA 3M - OPTIME	23	12	59	MENOR
RU-25	OPERADOR DE DISPOSICION DE RELAVE	09:00	78,8	MODERADO	OREJERA MSA HPE	26	14	65	MENOR
RU-26	TÉCNICO INSTRUMENTISTA	10:08	78	MODERADO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	63	MENOR
RU-27	TÉCNICO ELECTRICISTA	11:16	78,5	MODERADO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	64	MENOR
RU-28	OPERADOR DE CAMION MINERO	12:07	81,9	SIGNIFICATIVO	OREJERA MSA HPE	26	14	68	MENOR
RU-29	OPERADOR DE CAMION MINERO	10:16	81,7	SIGNIFICATIVO	OREJERA MSA HPE	26	14	67	MENOR
RU-30	OPERADOR DE PERFORADORA	10:00	78	MODERADO	OREJERA MSA HPE	26	14	64	MENOR
RU-31	OPERADOR DE PERFORADORA	11:21	79,3	MODERADO	OREJERA MSA HPE	26	14	65	MENOR
RU-32	TÉCNICO MECÁNICO	11:45	81,5	SIGNIFICATIVO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	67	MENOR
RU-33	OPERADOR DE MOLINOS	10:05	94,4	CRÍTICO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	79	MODERADO
RU-34	OPERADOR MULTIFUNCIONAL	09:50	83,8	MAYOR	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	69	MENOR
RU-35	OPERADOR FILTRO COBRE	11:19	77,4	MODERADO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	62	MENOR

CÓDIGO	PUESTO	TIEMPO	LEQ	NIVEL DE EXPOSICIÓN	EPP	NRR	NRR EFICAZ	LEQ ATENUEADO	NIVEL DE EXPOSICIÓN ATENUADO
RU-36	SUPERVISOR DE PROCESOS	09:57	83,9	MAYOR	OREJERA MSA HPE	26	14	70	MENOR
RU-37	ASISTENTE DE PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO	10:44	78,4	MODERADO	Tapones 3m 1270	24	4	74	MODERADO
RU-38	ANALISTA DE LABORATORIO FUNDIDOR	11:03	87,2	MAYOR	OREJERA 3M - OPTIME y tapones 3M 1270 (NRR 24 dB)	23	17	70	MENOR
RU-39	OPERADOR DE REACTIVOS	10:09	88,3	MAYOR	OREJERA 3M X5P3	31	18	70	MENOR
RU-40	TÉCNICO MECÁNICO	11:06	74,9	MODERADO	3M PELTOR X5P6	37	23	52	MENOR
RU-41	TÉCNICO MECÁNICO	10:51	79,6	MODERADO	3M PELTOR X5P6	31	18	62	MENOR
RU-42	TÉCNICO ELECTRICISTA	11:06	80,8	SIGNIFICATIVO	tapones 3m 1270	24	4	77	MODERADO
RU-43	INGERIERO DE GEOLOGÍA	10:43	72,1	MENOR	OREJERA MSA HPE	26	5	67	MENOR
RU-44	OPERADOR DE FAJA TRANSPORTADORA	09:40	76,4	MODERADO	OREJERA MSA HPE	26	5	72	MENOR
RU-45	OPERADOR DE TRACTOR	11:42	86,3	MAYOR	tapones 3m 1270	24	4	82	SIGNIFICATIVO
RU-46	OPERADOR DE PERFORADORA	12:04	79,1	MODERADO	tapones 3m 1270	24	4	75	MODERADO
RU-47	OPERADOR DE EQUIPOS AUXILIARES	12:01	86,8	MAYOR	tapones 3m 1270	24	4	83	SIGNIFICATIVO
RU-48	OPERADOR DE CAMION MINERO	11:57	81	SIGNIFICATIVO	tapones 3m 1270	24	4	77	MODERADO
RU-49	OPERADOR DE EXCAVADORA	11:28	79,2	MODERADO	tapones 3m 1270	24	4	75	MODERADO
RU-50	OPERADOR DE FILTRADO COBRE	10:38	77,2	MODERADO	OREJERA MSA - V-GARD Y TAPONES 3M 1270 (24 dB)	27	20	57	MENOR
RU-51	OPERADOR FAJA TRANSPORTADORA	10:57	80,4	SIGNIFICATIVO	OREJERA MSA - V-GARD	27	15	65	MENOR
RU-52	OPERADOR DE MOLINOS	11:18	87,1	MAYOR	OREJERA MSA - V-GARD Y TAPONES 3M 1270 (24 dB)	27	20	67	MENOR

Nota: Elaboración propia

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1. Sílice

A partir de resultados de tabla 8 se realiza un análisis estadístico descriptivo de resultados.

Tabla 27

Resumen cuantitativamente el comportamiento de cada agente medido en los 9 filtros

Parámetro	Media (mg/m^3)	Mediana (mg/m^3)	Desviación estándar	Máximo (mg/m^3)	Mínimo (mg/m^3)
Cuarzo	0.017	0.018	0.017	0.059	0.004
Tridimita	0.005	0.005	0.001	0.008	0.004
Cristobalita	0.02	0.017	0.005	0.032	0.016

Nota: Elaboración propia

Según la tabla 27, El cuarzo presentó una concentración promedio de 0.017 mg/m^3 registrando el valor máximo más alto de todo el estudio (0.059 mg/m^3), el cual supera el LMP corregido para 12 horas (0.047 $mg/m^{3)}$. Por su parte, la cristobalita mostró la media más alta (0.019 mg/m^3), aunque manteniéndose por debajo del LMP en todas sus mediciones (máx. = 0.032 mg/m^3). Finalmente, la tridimita exhibió los niveles más bajos y estables, con una media de 0.005 mg/m^3 y una dispersión mínima (DE = 0.001 mg/m^3).

Tabla 28:*Concentraciones de agentes y nivel de riesgo según el área de trabajo.*

Área de Trabajo	Puestos evaluados	Agente con mayor promedio (mg/m^3)	Nivel de riesgo predominante (Sin EPP)	Nivel de riesgo predominante (Con EPPs)	¿Supera LMP (0.047 mg/m^3)?
Producción	Operador de Molinos Operador de Faja	Cristobalita (0.020)	**MODERADO**	**MENOR**	No
Operaciones Mina	Operador de motoniveladora, camión y perforadora	Cristobalita (0.016)	**MODERADO** / Menor	**No usa EPPs**	No

Laboratorio	Prep. de Geología Prep. de Muestras	Cuarzo (0.040)	**MODERADO / MAYOR**	**MENOR**	***Si (En SIL-06)**
Mantenimiento	Tec. Electricista Tec. Instrumentista	Cristobalita (0.018)	**MODERADO** / Menor	**MENOR**	No

Nota: Elaboración propia

Nota de tabla (*): En **Laboratorio**, la concentración de cuarzo (0.059 mg/m^3) en el puesto de preparador de geología supera el LMP (0.047 mg/m^3), pero al usar EPPs no supera el LMP atenuado de (0.47 mg/m^3)

Tabla 29

Análisis frecuencial del riesgo (Con Epps vs Sin Epps)

Muestra de la eficacia de usa de respiradores, mediante frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%), se tienen 3 agentes evaluados por filtro, el total de evaluaciones (muestras) son 27.

Nivel de Exposición	Sin EPP (n)	Sin EPP (%)	Con EPP (n)	Con EPP (%)
Menor	6	22.22%	22	81.48%
Moderado	19	70.37%	5	18.52%
Significativo	1	3.70%	0	0.00%
Mayor	1	3.70%	0	0.00%
Total	**27**	**100%**	**27**	**100%**

Nota: Elaboración propia

La Tabla 29 exhibe la distribución de frecuencias de los niveles de exposición al riesgo ocupacional antes y después de la consideración del uso Epps. Sin la implementación de EPP, se observa que la condición predominante es el riesgo "Moderado**"** con un 70.37% (n = 18) de los casos, identificándose además un 3.7% (n = 1) en riesgo Significativo y un 3.7% (n = 1) en riesgo "Mayor" (asociado al cuarzo en el filtro SIL-06).

En contraste, al evaluar el escenario con EPP, se evidencia una mitigación crítica del riesgo: las categorías de riesgo "Mayor" y "Significativo" se reducen al 0.0%, mientras que el nivel de

riesgo “Menor” pasa a ser el dominante, abarcando el 81.48% (n = 23) de las evaluaciones. Las únicas muestras que mantuvieron un riesgo "Moderado" (18.52%) corresponden a los puntos de muestreo donde explícitamente se registró que el trabajador "No usa" protección respiratoria (filtros SIL-03, SIL-04 y SIL-09 para Cristobalita).

10.2. Metales

De un total de 12 muestras (N=12) se realizó el análisis estadístico descriptivo avanzado y la comparación técnica. El enfoque se realizará en los parámetros clave detectables que presentaron variabilidad u observaciones críticas (plomo, cobre, hierro y manganeso), omitiendo los analitos cuyos valores fueron uniformemente cero (0.0000 mg/m^3) en todo el muestreo.

Tabla 30

Tabla descriptiva consolidada para los principales metales detectados en el estudio de exposición

Parámetro	Media (mg/m^3)	Mediana (mg/m^3)	Desviación estándar	Máximo (mg/m^3)	Mínimo (mg/m^3)
Plomo (Pb)	0.0111	0.0003	0.0197	0.063	0
Cobre (Cu)	0.0056	0.0018	0.0105	0.038	0.0003
Hierro (Fe)	0.1308	0.0018	0.4314	1.5	0
Manganeso (Mn)	0.0009	0.0002	0.0024	0.0085	0

Nota: Elaboración propia

Según la tabla 30:

Plomo (Pb): Es el agente de mayor criticidad operativa. Aunque la mediana es sumamente baja (0.0003 mg/m3), la media (0.0111 mg/m^3) se encuentra fuertemente sesgada debido a picos severos de exposición (máximo de 0.0630 mg/m^3). La desviación estándar (0.0197) duplica el valor medio, confirmando una altísima variabilidad entre puestos.

Hierro (Fe): Presenta la desviación estándar más drástica (0.4314), inducida casi en su totalidad por un evento puntual extremo de 1.5000 mg/m^3 en el área de mantenimiento, distorsionando el promedio general.

Tabla 31

Comparativa de concentraciones medias de metales por Áreas de Trabajo (Valores Medios en mg/m³)

Área de Trabajo	N	Plomo (Pb)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)
Laboratorio	2	0.053	0.0027	0.0133	0.0005
Mantenimiento Mecánico	4	0.0065	0.012	0.3844	0.0053
Producción	3	0.0003	0.001	0.0088	0.0004
Planta Molibdeno	1	0.0005	0.0035	0	0
Electricidad e Instrumentación	1	0	0.0003	0	0

Nota: Elaboración propia

Análisis comparativo según tabla 31:

- **Laboratorio (Analistas de laboratorio fundición - MET-06, MET-07)**

Es el área con el perfil de riesgo más severo. Registra la media de plomo más alta de todo el muestreo con 0.0530 mg/m^{3}superando el LMP corregido de 0.047 mg/m^3. El puesto ocupado por Larry Humpire A. *(*MET-07*)* arrojó el máximo absoluto de 0.0630 mg/m^3 (Clasificación "MAYOR" sin EPPS y "MODERADA" con EPPS).

- **Mantenimiento Mecánico Planta (mecánicos / soldadores / lubricadores)**

Esta área destaca por una exposición a atmósferas mixtas complejas. Registra la mayor concentración promedio de hierro (0.3844 mg/m^3) y Cobre (0.0120 mg/m^3). El caso del Soldador Vitaliano Cossi A. (MET-12) es el más agudo del sector, mostrando indicios claros de humos de soldadura metálica con 1.5000 mg/m^3 de hierro, 0.0220 mg/m^3 de plomo y presencia concurrente de arsénico, cromo, potasio y zinc en niveles moderados.

- **Producción y Planta Molibdeno (operadores de Molinos, Fajas y Flotación)**

Todas sus medias se posicionan muy por debajo de los LMP establecidos, clasificándose uniformemente como niveles de exposición MENOR. Las fajas y los procesos de flotación (tanto de cobre como de molibdeno) no representan focos de dispersión crítica para este set de analitos evaluados.

10.3. Partículas respirables

Basándonos en la matriz consolidada de polvo respirable (N = 22 muestras), códigos (PAR-01 al PAR-22).

Tabla 32

Tabla descriptiva consolidada de polvo respirable

Parámetro	Media (mg/m^3)	Mediana (mg/m^3)	Desviación estándar	Máximo (mg/m^3)	Mínimo (mg/m^3)
Polvo Respirable	0.252	0.14	0.4287	5.7	0.08

Nota: Elaboración propia

Interpretación:

- **Comportamiento General:** La concentración del 50% de los puestos evaluados (Mediana = 0.1400 mg/m^3 se encuentra en niveles basales sumamente seguros y controlados.
- **Sesgo y Dispersión:** Existe una diferencia drástica entre la mediana y la media (0.2520 mg/m^3 Esto, sumado a una desviación estándar que casi duplica al promedio (0.4287 mg/m^3).

Tabla 33

Comparativa de concentraciones medias de metales por Áreas de Trabajo (Valores Medios en mg/m3)

Área de Trabajo	N	LMP Corregido	Promedio de Exposición	Nivel de exposición promedio
Laboratorio	5	2.82	**0.590**	**Menor**
Geología Mina	2	2.82	**0.135**	**Menor**
Relaves / Relave	6	2.82	**0.142**	**Menor**
Metalurgia	3	2.82	**0.202**	**Menor**
Mantenimiento (Mecánico / Mina / Planta)	4	2.82	**0.145**	**Menor**
Planta Molibdeno	2	2.82	**0.155**	**Menor**

Nota: Elaboración propia

10.3.1. Análisis Comparativo Específico:

- **Laboratorio**

- Se convierte en la zona de mayor concentración de polvo respirable, elevando su promedio global a 0.5900 mg/m^3. Esto ocurre porque el puesto PAR-20 (Preparador de Geología), que registró el valor de 5.70 mg/m^3 (Nivel de exposición "MAYOR"), pertenece orgánicamente a esta área. Asimismo, el Analista de Vía Húmeda (PAR-19) aporta a esta tendencia con su pico de 0.53 mg/m^3 ("MODERADO"). Queda en evidencia que las tareas de preparación y análisis químico por vía húmeda/fuego concentran la mayor dispersión de partículas respirables.

- **Geología Mina**

Los puestos asignados estrictamente a Geología Mina (PAR-08 y PAR-09 - Técnicos Muestreros) registran un promedio de 0.1350 mg/m^3. Su exposición no supera el 5% del LMP corregido.

- **Metalurgia**

Con una media de 0.2023 mg/m^3, esta área se mantiene en niveles seguros, pero muestra un ligero incremento debido al puesto PAR-16 (Operador de Muestra), el cual reportó valores individuales de 0.31 y 0.57 mg/m^3 con calificación "MODERADA". Esto la posiciona un escalón por encima de las áreas basales de la planta.

- **Relaves, mantenimiento y planta molibdeno**

Estas tres áreas operativas de gran volumen muestran promedios notablemente homogéneos y controlados (entre 0.1420 mg/m^3 y 0.1550 mg/m^3). Ninguno de los perfiles analizados en fajas, flotación, filtrado o mantenimiento mecánico de la planta presenta desviaciones considerables; los controles actuales en estas zonas son altamente eficientes.

10.4. Ruido

N = 52 puestos evaluados, códigos **RUI-01 al RUI-52**. Para este estudio se contrastan los niveles sonoros continuos equivalentes (Leq) frente al límite legal permitido de **83 dB** para jornadas de 12 horas.

Tabla 34

Distribución del nivel de exposición sin EPPS

Nivel de exposición	Cantidad de puestos	Porcentaje (%)
Menor	3	5.77%
Moderado	20	38.46%
Significativo	11	21.15%
Mayor	15	28.85%
Crítico	3	5.77%
Total	**52**	**100%**

Nota: Elaboración propia

Tabla 35

Distribución del nivel de exposición atenuado con EPP

Nivel de exposición atenuado	Cantidad	Porcentaje (%)
Menor	39	75.00%
Moderado	11	21.20%
Significativo	2	3.80%
Mayor	0	0%
Crítico	0	0%
Total	**52**	**100%**

Nota: Elaboración propia

Después de aplicar la reducción correspondiente al NRR eficaz de los EPP, se observa una disminución considerable de la exposición sonora ocupacional. El 75 % de los puestos evaluados pasó a clasificarse en nivel **menor**, mientras que el 21.2 % permaneció en nivel **moderado** y únicamente el 3.8 % continuó en nivel **significativo**.

Los puestos con mayor contribución a las categorías “mayor” y “crítico” corresponden principalmente a actividades operativas y de mantenimiento vinculadas a maquinaria pesada, procesos de molienda y equipos mecánicos.

11. CONCLUSIONES

11.1. Ruido ocupacional

- El monitoreo de ruido por dosimetría se realizó a cincuenta y dos puestos de trabajo en una jornada laboral donde en base a la evaluación se determinó lo siguiente:
- 3 trabajadores con nivel de riesgo Menor, es decir menor al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM
- 20 trabajadores con nivel de riesgo Moderado, es decir menor al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM
- 11 trabajadores con nivel de riesgo Significativo, es decir menor al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM
- 15 trabajadores con nivel de riesgo Mayor, es decir supera al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM
- 3 trabajadores con nivel de riesgo crítico, es decir supera al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM.

  Sin embargo, cuando los trabajadores usan su protección auditiva, se obtienen los siguientes resultados mediante la metodología NIOSH:
- 38 trabajadores con nivel de riesgo Menor, es decir menor al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM.
- 11 trabajadores con nivel de riesgo Moderado, es decir menor al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM.
- 2 trabajadores con nivel de riesgo Significativo, es decir menor al LMP mencionados en el DS 024-2016-EM.
- Los resultados demuestran que el uso de protección auditiva reduce considerablemente la exposición efectiva al ruido ocupacional, disminuyendo la cantidad de puestos clasificados en niveles de riesgo elevado.

11.2. Sílice cristalina

- El monitoreo de sílice cristalina se realizó a nueve puestos de trabajo en una jornada laboral donde en base a la evaluación se determinó lo siguiente:

De los nueve (9) muestras evaluadas para sílice, nueve (09) presentan exposición por debajo del límite máximo permisible, según el siguiente detalle:

- 01 de las 9 muestras presentan un nivel de riesgos MAYOR, para el parámetro Cuarzo, es decir (0.0470 mg/m^3 <= [C] < 0.376 mg/m^3), mayor al LMP mencionado en el D.S. N 024-2016-EM (Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería).
- 01 de las 9 muestras presentan un nivel de riesgos SIGNIFICATIVO, para el parámetro Cristobalita, es decir (0.0235 mg/m^3 <= [C] < 0.0470 mg/m^3), menor al LMP mencionado en el D.S.N 024-2016-EM.
- 05 de las 9 muestras presentan un nivel de riesgo MODERADO, para parámetro de Cuarzo, es decir (0.00470 $mg/m^3 \leq [C] < 0.0235\ mg/m^3$), menor al LMP mencionado en el D.S.N 024-2016-EM. (Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería).
- 08 de las 9 muestras presentan un nivel de riesgo MODERADO, para parámetro de Cristobalita, es decir (0.00470 $mg/m^3 \leq [C] < 0.0235\ mg/m^3$), menor al LMP mencionado en el D.S.N 024-2016-EM.
- 05 de las 9 muestras presentan un nivel de riesgo MODERADO, para parámetro de Tridimita, es decir (0.00470 mg/m3 ≤ [C] < 0.0235 mg/m3), menor LMP mencionado en el D.S.N 024-2016-EM.

El puesto donde se han presentado desviaciones (Niveles de exposición MAYOR y SIGNIFICATIVO) el personal hace uso de protección respiratoria de cara completa (respirador 3M-Modelo 7502 + cartucho/ filtros mixtos 60923) que protege 50 veces el LMP, con ello el nivel de exposición se encuentra menor al nivel de acción.

11.3. Metales

El servicio de Monitoreo Ocupacional de humos metálicos realizado de los siguientes parámetros: Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Plomo, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Selenio, Talio, Vanadio, Óxido de Hierro, Fósforo, Potasio, Óxido de Zinc y sodio. Se evaluaron doce puestos de trabajo por exposición a metales de las áreas de producción, laboratorio, planta molibdeno, metalurgia, mantenimiento mecánico planta y electricidad e instrumentación. En la cual se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- De los doce (12) puestos de trabajo evaluados, 11 puestos de trabajo presentan niveles de exposición a polvo metálico menor al LMP.
- Se obtuvo un resultado de exposición a metales con nivel MAYOR en 01puesto de laboratorio químico - Analista de laboratorio de fundición (para plomo) según comparación con los LMP del D.S.N 024-2016 EM y D.S. 015-2005-SA.
- Se presento un resultado de exposición a metales con nivel SIGNIFICATIVO en 01 puesto de laboratorio químico- Analista de laboratorio de fundición (plomo) según comparación con los LMP del D.S.N 024-2016 EM y D.S. 015-2005-SA.
- Se presentaron dos resultados de exposición a metales con nivel MODERADO en 02 puestos de mantenimiento mecánico planta - mecánico de planta (Cobre) y mantenimiento mecánico planta – soldador (arsénico, hierro, plomo y potasio) según comparación con los LMP del D.S.N 024-2016 EM y D.S. 015-2005-SA.

- En todos los puestos donde se han presentado desviaciones (Niveles de exposición MAYOR y SIGNIFICATIVO) el personal hace uso de protección respiratoria de media cara (Respirador 3M- Modelo 7502 + Filtros P100) que protege 10 veces el LMP y cara completa (3M Modelo 6000 + Filtros P100) que protege 50 veces el LMP, con ello el nivel de exposición se encuentra en nivel MENOR.

11.4. Partículas respirables

En el monitoreo de polvo respirable a una muestra de 22 trabajadores de distintos puestos de trabajo en la cual se obtuvieron las siguientes conclusiones:

De los 22 puestos de trabajo evaluados, los 22 se encuentran por debajo del LMP según el detalle:

22 de los 22 puestos de trabajo evaluados presentan un nivel de riesgo MENOR, para parámetro de polvo respirable, es decir ([C] < 0.14 mg/m^3), menor al LMP mencionado en el D.S.N 024-2016-EM.

12. RECOMENDACIONES:

12.1. Control de ingeniería

- Ventilaciones localizadas en molinos y fajas.
- Realizar mantenimientos preventivos de las herramientas de poder y equipos.
- Garantizar la hermeticidad de cabina de manejo de camiones minero y perforador a fin de reducir la exposición a ruido y polvos.
- Encapsulamiento acústico de equipos mediante la implementación de barreras acústicas y aislamiento de vibraciones.
- Continuar con el riego periódico de vías de acarreo en operaciones mina, con la finalidad de minimizar la generación y dispersión de material particulado por tránsito vehicular.
- Evaluar en nivel de atenuación acústica de la cabina de manejo de camiones y perforadoras mineras realizando evaluaciones simultaneas de los niveles de ruido por dentro y fuera de la cabina.

12.2. Controles administrativos

- Informar al personal expuesto sobre los resultados de monitoreo de ruido ocupacional, metales, sílice cristalina y partículas respirables y difundirlos en reuniones de seguridad.
- Capacitar al personal sobre el uso correcto, continuo y la importancia del protector auditivo y respiradores.
- Continuar con el programa de vigilancia médica y los monitoreos periódicos de ruido ocupacional y evaluación de agentes químicos.
- Realizar prueba de ajuste de respiradores, pruebas de audiometría de forma periódica y mayor rotación de personal en actividades que generan mayor exposición a contaminantes y ruido.
- Ningún trabajador debe realizar trabajos que superen los 105 dB, indiferente del tiempo que este expuesto.

12.3. Equipo de protección personal

- Se recomienda el cambio de los protectores auditivos con mayor NRR en aquellos puestos donde el nivel de exposición atenuado es moderado, significativo o mayor, así como el uso de respiradores de cara completa en laboratorios.
- Usar doble protección auditiva durante trabajos en molino de bolas y cuando se use pistola neumática.
- Uso obligatorio de doble protección auditiva en actividades que superen los 100 dB y sean menos a 105 dB.
- Se recomienda el uso de mascarilla de cara completo durante actividades en laboratorio a fin de reducir el nivel de exposición de polvos y metales.
-

13. LITERATURA CITADA

Abenova, A., Vinnikov, D., Raushanova , A., & Rapisarda, V. (2023). *Exposición ocupacional a material particulado fino en la industria minera tiene asociación con síntomas respiratorios y función pulmonar*. PUBMED.

Garcia, Jose. (2019, mayo 8). *Consecuencias para la salud de la sobrexposición al polvo respirable de carbón y sílice* | NIOSH | CDC. Recuperado 13 de diciembre de 2025, de https://www.cdc.gov/spanish/niosh/mining/topics/respirable.html

Iryna, M., Małgorzata , P., Adán , D., & Alicja , B. (2024). *Health Risks Due to Co-Exposure to Noise and Respirable Crystalline Silica Among Workers in the Open-Pit Mining Industry—Results of a Preliminary Study*. TOXICS

Galvis, S. A., León-Barraza, I. R., Padilla-Urueta, K. del S., Pombo-Navas, M. Y., Rada-Carrillo, M. B., Vera-Brand, J., & Rebolledo-Cobos, R. C. (2021). *Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas*: Una revisión narrativa. Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo, 30(3), 362-372.

Díaz, J. A. (2022). *Relación entre exposición a material particulado y transtornos respiratorios en trabajadores de una planta de prefabricados de concreto*. Arequipa, 2017—2019. Recuperado de https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12034

Omidianidost, A., Gharavandi, S., Azari, M. R., Hashemian, A. H., Ghasemkhani, M., Rajati, F., & Jabari, M. (2019). *Occupational Exposure to Respirable Dust, Crystalline Silica and Its Pulmonary Effects among Workers of a Cement Factory in Kermanshah*, Iran. Tanaffos, 18(2), 157-162.

Flores, D. (2023). *Eficacia de la implementación de un extractor para la reducción de la exposición a polvo respirable en la actividad de corte de concreto en una empresa del sector de construcción civil* – Arequipa.

Ordóñez Guaycha, C. A., Carranco López, J. A., Bustos Pulluquitin, S. P., & Toalombo Vargas, V. M. (2023). *Estudio sobre la afectación del ruido en la minería, una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores.* Tesla Revista Científica, 3(2), e251. https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e251

Zhang, B., Yin, X., Guo, Y., Tong, R. (2024). *What occupational risk factors significantly affect miners' health: Findings from meta-analysis and association rule mining*. *Elsevier*, 89(1), 197-209. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.02.010

Franco-Yoza, J. A., Loor-Sáenz, A. V., Villafuerte-Solís, S. A. (2022). *Seguridad Ocupacional y el Desempeño Laboral del Personal, Caso: Unidad de Higiene del Gobierno Autónomo Descentralizado. Dominio de Ciencias* Revista científica., 8(1), 361-371. http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2576

Dirección General de Salud Ambiental- DIGESA (2005). *Manual de salud Ocupacional*. 1(1), 18-25. manual_deso.PDF

Aquino-Canchari, C., Huamán-Castillón, k. M., Jiménez-Mozo, F. (2022). *Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú*, 2011-2020. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2022; 31(3): 275-282.

Hofstadler-Peixoto, N., Silveira-Ferreira, L. (2013). *Higiene ocupacional III.* __higiene_ocupacional_III.indb

Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Decreto Supremo N.° 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Diario Oficial El Peruano. https://www.gob.pe/

Ernesto Ponce-López, E., Saldías-Pérez, D., Ponce-Saldías, M., Tosetti-Calvo, F., León-Valladares, D. & Barrio-Mateu, L. (2024). *Breve análisis de la salud ocupacional en la minería chilena.* ARS médica (Santiago), 49(4), 59-66. https://dx.doi.org/10.11565/arsmed.v49i4.2088

Congreso de la República del Perú. (2011). Ley N° 29783, *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*. https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/462576-29783

Ministerio de Salud del Perú. (2011). *Guía de práctica clínica para la evaluación médica a trabajadores de actividades con exposición a polvo mineral respirable*. https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/314100-guia-de-practica-clinica-para-evaluacion-medica-a-trabajadores-de-actividades-con-EXPOSICIÓN-a-polvo-mineral-respirable

Safeopedia. (2019). *Metal fumes*. https://www.safeopedia.com/definition/593/metal-fumes

Chapple, C. (2026). *Las tareas pendientes en control de polvo*. Revista Nueva Minería y Energía.https://www.nuevamineria.com/revista/las-tareas-pendientes-en-control-de-polvo/

Excavaciones H. Otero, S.L. (2025). *Voladuras: ¿qué son y en qué excavaciones son necesarias?* .https://www.hermanosotero.com/voladuras-que-son-y-en-que-excavaciones-son-necesarias_fb266358.html

Elsevier. (s. f.). *Powder Milling*. En *Materials Science* (ScienceDirect Topics). Recuperado de https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/powder-milling

Anglo American. (s.f.). *El ABC de Quellaveco: El chancador primario*. https://peru.angloamerican.com/quellaveco/el-abc-de-quellaveco/el-abc-de-quellaveco-el-chancador-primario.aspx

Engelbrecht, I., Horn, S., Badenhorst, C. J., & du Plessis, J. L. (2024). *Beyond the clock: Revisiting occupational exposure limits (OELs) for unusual work schedules in the South African mining industry*. *Safety Science, 176*, 106542. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106542.

Thate, J. E. (1992). *Health and safety procedures manual for hazardous waste sites*. U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information. https://www.osti.gov/servlets/purl/10181609

JSP Safety. (s. f.). *¿Qué significa el factor de protección asignado (FPA) de un respirador?* https://support.jspsafety.com/es_ES/respiratory-protection/what-does-the-assigned-protection-factor-apf-of-a-respirator-mean-including-disposable-masks

3M. (s. f.). *Guía de selección de respiradores*. https://multimedia.3m.com/mws/media/323331O/respirator-selection-guide-spanish.pdf

3M. (s. f.). *Protección respiratoria – producto 3M*. https://www.3m.com.pe/3M/es_PE/p/d/b5005545004/

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (s. f.). *TLV chemical substances introduction*. https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction/

Svantek**. (s.f.).** *Nivel equivalente continuo de sonido (Leq).* Recuperado de https://svantek.com/es/academia/nivel-equivalente-continuo-de-sonido-leq

3M**. (s.f.).** *Uso y cuidado del protector auditivo.* Recuperado de https://www.3m.com.mx/3M/es_MX/epp-la/soluciones-de-seguridad/centro-proteccion-auditiva-3M/programa-de-proteccion-auditiva/proteccion-auditiva/uso-y-cuidado-proteccion-auditiva

National Institute for Occupational Safety and Health**.** (1996). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure (Revised criteria 1996).* Recuperado de https://www.nonoise.org/library/niosh/criteria.htm

Svantek. (s.f.). *SV 104 – Dosímetro de ruido*. https://svantek.com/es/productos/sv-104-dosimetro-de-ruido/

SKC Inc. (s.f.). *AirChek XR5000 pump with high power battery (210-5001).* https://international.skcinc.com/airchek-xr5000-pump-with-high-power-battery-210-5001

HIMA Perú. (s.f.). *Ciclón Dorr-Oliver de nylon 10 mm para monitoreo de material particulado*. https://hima.com.pe/productos/ciclon-dorr-oliver-de-nylon-10-mm-para-monitoreo-de-material-particulado-compatible-con-metodos-niosh-600-7500-7501-7601-7602/

Cámara de Comercio Canadá Perú. (2024). *Misión Mina Constancia – Agosto* [PDF]. https://canadaperu.org/sites/default/files/public/7980/Educaci%C3%B3n/Empresas/MEMBRES%C3%8DAS/09.07.24/MISI%C3%93N%20MINA%20CONSTANCIA%20-%20AGOSTO.pdf

14. Anexos

14.1. Ficha de dosimetría de ruido

CLIENTE	Nombre del Cliente				OL	
	Lugar de inspección				Fecha	
TRABAJADOR	Nombre del trabajador				DNI	
	Cargo o puesto de trabajo				Edad	
	Área de trabajo				Rég. Laboral	
	Horario de trabajo		N° de personas expuestas		Refrigerio	

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de ruido
			Continua (C), Cíclica (I), Fluctuante (F)

AREA Y CLIMA	Nivel de producción	☐ Bajo	☐ Promedio	☐ Alto	Sustentar: _____		
	Tipo de suelo	☐ Concreto	☐ Losa	☐ Tierra	☐ Plataforma metálica	☐ Vinilo	Otros: _____
	Condiciones climáticas	☐ Soleado	☐ Nublado	☐ Lluvioso	☐ Vientos Fuertes	Otros: _____	

CONTROLES ACTUALES	Ingeniería	☐ Aislamiento del ruido	☐ Encerramiento de la fuente	Mantenimiento **correctivo / preventivo** (frecuencia): _____		
		☐ Pantalla acústica	☐ Cabina acústica	Otros: _____		
	Administrativos	☐ Procedimiento de trabajo	☐ Capacitación en ruido	☐ Rotación de personal	Otros: _____	
		☐ Señalización de uso de protector auditivo		☐ Señalización informativa sobre decibeles de fuentes o en el área		
	EPP	Usa protector Auditivo: Si ( ) No ( )		Estado: ☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo
		☐ Tapones	Marca: _____	Modelo: _____	NRR: _____	
		☐ Orejeras	Marca: _____	Modelo: _____	NRR: _____	
	Controles recomendados por el trabajador:					

MEDICION Y EQUIPO	Tipo de Medición		☐ Dosimetría de Ruido			☐ Sonometría	
	Dosímetro / Sonómetro	Marca		Código		Serie	
	Calibrador	Marca		Código		Serie	

DATOS DE MEDICION	Tiempo de muestreo (hh:mm)	Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial	
		Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final	
		T de muestreo		T de muestreo		T de muestreo		T de muestreo	
	Resultados del equipo	Leq. dB (A)		Leq. dB (A)		Leq. dB (A)		Leq. dB (A)	
		Lpico dB (C)		Lpico dB (C)		Lpico dB (C)		Lpico dB (C)	
		Lmáx dB (A)		Lmáx dB (A)		Lmáx dB (A)		Lmáx dB (A)	
		Lmin dB (A)		Lmin dB (A)		Lmin dB (A)		Lmin dB (A)	
	Registro	N° de archivo		N° de archivo		N° de archivo		N° de archivo	
	Verificación en campo (dB)	V. Inicial		V. Inicial		V. Inicial		V. Inicial	
		V. Final		V. Final		V. Final		V. Final	
	Ubicación del equipo (solo para sonometría)								

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS	Observaciones y / o recomendaciones:

Nombre del Inspector: Firma: _____	Firma del Trabajador / Cliente: _____

FORMATO DE CAMPO MONITOREO DE RUIDO OCUPACIONAL INS-R-M/E-ENV/77 Rev. 03 F.A. Marzo 2021

14.2. Ficha de agentes químicos

FORMATO DE CAMPO MONITOREO DE AGENTES QUIMICOS SUSCEPTIBLES DE VIGILANCIA EN EL PERU V.06 Rev. 03 F.A. Marzo 2021

CLIENTE

Nombre del Cliente		OL	
Lugar de inspección		Fecha	

TRABAJADOR

Nombre del trabajador		DNI	
Cargo o puesto de trabajo		Edad	
Área de trabajo		Rég. Laboral	
Horario de trabajo		Refrigerio	
Tiempo en el Cargo	N° de personas expuestas	T. exposición	

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes generadoras del agente

AREA Y CLIMA

Nivel de producción	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	Sustentar:				
Ambiente de trabajo	☐ Superficie ☐ Socavón ☐ Tajo abierto	Otros:				
Condiciones Climáticas	Presión atmosférica (mmHg)		Altitud (msnm)		Temperatura (°C)	
	☐ Soleado ☐ Nublado ☐ Lluvioso ☐ Vientos Fuertes	Otros:				

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	☐ Campanas extractoras ☐ Ventilación forzada ☐ Ventilación natural ☐ Mangas extractoras ☐ Métodos húmedos				
	☐ Encerramiento del proceso	Otros:			
Administrativo	☐ Capacitación en riesgos químicos asociados al puesto ☐ Rotación de personal / tareas ☐ Capacitación en protección respiratoria				
	☐ Señalización de uso obligatorio de respirador ☐ Mantenimiento de Equipos	Otros:			
EPP	☐ Respirador de media cara descartable ☐ Respirador de cara completa / full face	Otros:			
	☐ Respirador de media cara reutilizable	Código de Filtro / Cartucho:		Frecuencia de cambio:	
	Respirador marca:	modelo:		talla:	
Controles recomendados por el trabajador:					

AGENTE Y EQUIPO

Tipo de Agente Químico	☐ P.Respirable ☐ Sílice ☐ Mercurio ☐ Metales ☐ COVs Otros:								
	☐ P.Inhalable / Totales ☐ F. Asbesto ☐ Plomo ☐ Ácidos ☐ Gases Otros:								
Bomba de muestreo / Analizador	Marca		Código		Serie				
Calibrador	Marca		Código		Serie				

DATOS DE MEDIOS CAPTADORES

Código de medio captador									
Tiempo de Muestreo (hh:mm)	Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial	
	Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final	
Flujo de equipo (l / min)	Flujo Inicial		Flujo Inicial		Flujo Inicial		Flujo Inicial		Flujo Inicial	
	Flujo Final		Flujo Final		Flujo Final		Flujo Final		Flujo Final	

DATOS DE EQUIPOS DE LECTURA DIRECTA

Agente químico (Gases)									
N° de archivo									
Tiempo de muestreo (hh:mm)	Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial		Hora Inicial	
	Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final		Hora Final	
Resultados del equipo (ppm, %)	AVG		AVG		AVG		AVG		AVG	
	TWA		TWA		TWA		TWA		TWA	
	Peak		Peak		Peak		Peak		Peak	
	STEL (15min)		STEL (15min)		STEL (15min)		STEL (15min)		STEL (15min)	

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones:

Nombre del Inspector:	Firma del Trabajador / Cliente:
Firma: _____	_____

14.3. Reporte de análisis en laboratorio - partículas respirables

(315) 432-5227
FAX: (315) 437-0571
www.sgsgalson.com

Date Sampled : 16-SEP-25 - 21-SEP-25
Date Received : 05-NOV-25

Date Analyzed : 07-NOV-25
Report ID : 1531389

Respirable Dust

Sample ID	Lab ID	Air Vol liter	Total mg	Conc mg/m3
25-0278394	L678282-1	314.805	0.057	0.18
25-0278409	L678282-2	340.1925	<0.050	<0.15
25-0278416	L678282-3	358.81	<0.050	<0.14
25-0278383	L678282-4	307.9715	<0.050	<0.16
25-0278403	L678282-5	319.882	<0.050	<0.16
25-0278414	L678282-6	352.2105	<0.050	<0.14
25-0205678	L678282-7	409.218	<0.050	<0.12
25-0150509	L678282-8	300.546	<0.050	<0.17
25-0183943	L678282-9	399.03	<0.050	<0.13
25-0278397	L678282-10	391.04	<0.050	<0.13
25-0183931	L678282-11	316.16	<0.050	<0.16
25-0278406	L678282-12	366.08	<0.050	<0.14
25-0205663	L678282-13	386.581	<0.050	<0.13
25-0150436	L678282-14	332.085	<0.050	<0.15
25-0150417	L678282-15	366.145	<0.050	<0.14
25-0278421	L678282-16	394.9175	<0.050	<0.13

COMMENTS: Please see attached lab footnote report for any applicable footnotes.

Level of Quantitation: 0.050 mg
Analytical Method : mod. NIOSH 0600; Gravimetric

Submitted by: EAP/LJV
Date : 12-NOV-25

Approved by: CMP

(315) 432-5227
FAX: (315) 437-0571
www.sgsgalson.com

Date Sampled : 16-SEP-25 - 21-SEP-25
Date Received : 05-NOV-25

Date Analyzed : 07-NOV-25
Report ID : 1531389

Respirable Dust

Sample ID	Lab ID	Air Vol liter	Total mg	Conc mg/m3
25-0278418	L678282-17	319.295	<0.050	<0.16
25-0278390	L678282-18	386.515	<0.050	<0.13
25-0150456	L678282-19	405.35	<0.050	<0.12
25-0150476	L678282-20	403.675	0.053	0.13
25-0150478	L678282-21	279.725	<0.050	<0.18
25-0278405	L678282-22	516.06	<0.050	<0.097
25-0778419	L678282-23	304.56	<0.050	<0.16
25-0278404	L678282-24	338.4	<0.050	<0.15
25-0278388	L678282-25	483.84	<0.050	<0.10
25-0278389	L678282-26	359.424	<0.050	<0.14
25-0278385	L678282-27	406.08	<0.050	<0.12
25-0205671	L678282-28	308.95	0.052	0.17
25-0150435	L678282-29	339.01	<0.050	<0.15
25-0205659	L678282-30	362.39	0.088	0.24

COMMENTS: Please see attached lab footnote report for any applicable footnotes.

Level of Quantitation: 0.050 mg
Analytical Method : mod. NIOSH 0600; Gravimetric
Collection Media : PVC PW 37mm

Submitted by: EAP/LJV
Date : 12-NOV-25
Supervisor : HVN

Approved by: CMP

14.4. Reporte de análisis en laboratorio - sílice

(315) 432-5227
FAX: (315) 437-0571
www.sgsgalson.com

Date Sampled : 19-SEP-25
Date Received : 05-NOV-25

Date Analyzed : 10-NOV-25
Report ID : 1531834

Respirable Crystalline Silica (RCS): Quartz, Cristobalite, Tridymite

Sample ID	Lab ID	Analyte	Air Vol l	ug	ug/m3
25-0183938	L678278-3	Quartz	1247.152	<5.0	<4.0
		Cristobalite	1247.152	<5.0	<4.0
		Tridymite	1247.152	<20	<16
		RCS	1247.152	<5.0	<4.0
25-0183944	L678278-4	Quartz	1191.795	<5.0	<4.2
		Cristobalite	1191.795	<5.0	<4.2
		Tridymite	1191.795	<20	<17
		RCS	1191.795	<5.0	<4.2
25-0150485	L678278-5	Quartz	1259.6255	25	20
		Cristobalite	1259.6255	<6.0	<4.8
		Tridymite	1259.6255	<20	<16
		RCS	1259.6255	25	20

COMMENTS: Please see attached lab footnote report for any applicable footnotes.

Level of quantitation: Q:5.0ug C:5.0ug T:20.ug
Analytical Method : mod. NIOSH 7500/mod. OSHA ID-142; XRD
Collection Media : PVC PW 37mm

Submitted by: MLF
Date : 11-NOV-25
Supervisor : AFB

Approved by: NLO

(315) 432-5227
FAX: (315) 437-0571
www.sgsgalson.com

Date Sampled : 17-SEP-25 - 20-SEP-25
Date Received : 05-NOV-25

Date Analyzed : 08-NOV-25 - 10-NOV-25
Report ID : 1531551

Respirable Crystalline Silica (RCS): Quartz, Cristobalite, Tridymite

Sample ID	Lab ID	Analyte	Air Vol l	ug	ug/m3
25-0203374	L678278-1	Quartz	983.871	<5.0	<5.1
		Cristobalite	983.871	<5.0	<5.1
		Tridymite	983.871	<20	<20
		RCS	983.871	<5.0	<5.1
25-0203361	L678278-2	Quartz	956.745	18	19
		Cristobalite	956.745	<5.0	<5.2
		Tridymite	956.745	<20	<21
		RCS	956.745	18	19
25-0121043	L678278-6	Quartz	1210.68	110	89
		Cristobalite	1210.68	<12	<9.9
		Tridymite	1210.68	<40	<33
		RCS	1210.68	110	89

COMMENTS: Please see attached lab footnote report for any applicable footnotes.

Level of quantitation: Q:5.0ug C:5.0ug T:20.ug
Analytical Method : mod. NIOSH 7500/mod. OSHA ID-142; XRD
Collection Media : PVC UW 37mm

Submitted by: MLF/CKB
Date : 11-NOV-25
Supervisor : AFB

Approved by: NLO

(315) 432-5227
FAX: (315) 437-0571
www.sgsgalson.com

Date Sampled : 17-SEP-25 - 20-SEP-25
Date Received : 05-NOV-25

Date Analyzed : 08-NOV-25 - 10-NOV-25
Report ID : 1531551

Respirable Crystalline Silica (RCS): Quartz, Cristobalite, Tridymite

Sample ID	Lab ID	Analyte	Air Vol l	ug	ug/m3
25-0203373	L678278-7	Quartz	1260.525	75	59
		Cristobalite	1260.525	<10	<7.9
		Tridymite	1260.525	<40	<32
		RCS	1260.525	75	59
25-0121062	L678278-8	Quartz	1024.5895	19	18
		Cristobalite	1024.5895	<5.0	<4.9
		Tridymite	1024.5895	<20	<20
		RCS	1024.5895	19	18
25-0121025	L678278-9	Quartz	1202.03	<5.0	<4.2
		Cristobalite	1202.03	<5.0	<4.2
		Tridymite	1202.03	<20	<17
		RCS	1202.03	<5.0	<4.2

COMMENTS: Please see attached lab footnote report for any applicable footnotes.

Level of quantitation: Q:5.0ug C:5.0ug T:20.ug
Analytical Method : mod. NIOSH 7500/mod. OSHA ID-142; XRD
Collection Media : PVC UW 37mm

Submitted by: MLF/CKB
Date : 11-NOV-25
Supervisor : AFB

Approved by: NLO

14.5. Reporte de análisis en laboratorio - Metales

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muest	Volumen (L)
ANALISTA DE LUBRICACION	25-0205646	2.005	2.031	08:50	18:00	2.018	550.00	1109.900
	LOQ	UG	concentracion					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0068	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00081	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000014	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0014	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00014	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.027	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00041	mg/m3	0			
Cobre	0.3	3.9	0.00350	mg/m3	0.0035			
Hierro	7.5	<7.5	<0.0068	mg/m3	0			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00014	mg/m3	0			
Plomo	0.38	0.58	0.00052	mg/m3	0.00052			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0068	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	<0.15	<0.00014	mg/m3	0			
Molibdeno	0.15	0.32	0.00029	mg/m3	0.00029			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.014	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.014	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.068	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00014	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0014	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00068	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00041	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0034	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
OPERADOR DE MOLINOS	25-0205607	2.008	2.003	08:30	17:45	2.006	555.00	1113.053
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0067	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00081	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000013	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.027	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00040	mg/m3	0			
Cobre	0.3	1.6	0.00140	mg/m3	0.0014			
Hierro	7.5	8.4	0.00750	mg/m3	0.0075			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Plomo	0.38	<0.38	<0.00034	mg/m3	0			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0067	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.23	0.00020	mg/m3	0.0002			
Molibdeno	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.067	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00067	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00040	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0034	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
OPERADOR DE FAJA TRASPORTADORA	25-0205610	2.001	2.003	08:56	18:15	2.002	559.00	1119.118
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0067	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00080	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000013	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Calcio	30	45.000	0.04000	mg/m3	0.04			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00040	mg/m3	0			
Cobre	0.3	1.200	0.00110	mg/m3	0.0011			
Hierro	7.5	22.000	0.01900	mg/m3	0.019			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Plomo	0.38	<0.38	<0.00034	mg/m3	0			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0067	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.960	0.00086	mg/m3	0.00086			
Molibdeno	0.15	0.210	0.00019	mg/m3	0.00019			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.067	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00067	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00040	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0034	mg/m3	0			

OPERADOR DE FLOTACION DE COBRE	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
	25-0205635	1.999	1.970	08:08	17:55	1.985	587.00	1164.902
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0064	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00077	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00026	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00026	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000013	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.026	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0019	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00039	mg/m3	0			
Cobre	0.3	7.900	0.00670	mg/m3	0.0067			
Hierro	7.5	12.000	0.01000	mg/m3	0.01			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Plomo	0.38	0.880	0.00075	mg/m3	0.00075			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0064	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.420	0.00036	mg/m3	0.00036			
Molibdeno	0.15	0.230	0.00019	mg/m3	0.00019			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00026	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0019	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.064	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00064	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00039	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0032	mg/m3	0			

OPERADOR DE MUESTRAS	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
	25-0205633	2.000	2.005	07:36	17:25	2.003	589.00	1179.473
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0064	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00076	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00025	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00025	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000013	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.025	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0019	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00038	mg/m3	0			
Cobre	0.3	3.100	0.00260	mg/m3	0.0026			
Hierro	7.5	<7.5	<0.0064	mg/m3	0			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Plomo	0.38	0.560	0.00047	mg/m3	0.00047			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0064	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.200	0.00017	mg/m3	0.00017			
Molibdeno	0.15	0.370	0.00032	mg/m3	0.00032			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00025	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0019	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.064	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00064	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00038	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0032	mg/m3	0			

ANALISTA DE LABORATORIO FUNDICION	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
	25-0205621	2.003	1.936	07:14	17:20	1.970	606.00	1193.517
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	9.200	0.00770	mg/m3	0.0077			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00075	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00025	mg/m3	0			
Bario	0.3	0.300	0.00025	mg/m3	0.00025			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000013	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.025	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0019	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00038	mg/m3	0			
Cobre	0.3	3.800	0.00320	mg/m3	0.0032			
Hierro	7.5	20.000	0.01700	mg/m3	0.017			
Lantano	0.15	0.210	0.00017	mg/m3	0.00017			
Plomo	0.38	51.000	0.04300	mg/m3	0.043			
Magnesio	7.5	16.000	0.01400	mg/m3	0.014			
Manganeso	0.15	0.780	0.00065	mg/m3	0.00065			
Molibdeno	0.15	0.350	0.00030	mg/m3	0.0003			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00025	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0019	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.063	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00063	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00038	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0031	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
ANALISTA LABORATORIO FUNDICION	25-020562	2.000	2.050	17:05	06:30	2.025	635.00	1285.875
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0058	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00070	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000012	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0012	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.023	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00035	mg/m3	0			
Cobre	0.3	2.700	0.00210	mg/m3	0.0021			
Hierro	7.5	12.000	0.00960	mg/m3	0.0096			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Plomo	0.38	81.000	0.06300	mg/m3	0.063			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0058	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.440	0.00034	mg/m3	0.00034			
Molibdeno	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.012	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.012	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.058	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0012	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00058	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00035	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0029	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
MECANICO DE PLANTA	25-0205611	1.998	2.000	07:05	17:50	1.999	645.00	1289.355
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0058	mg/m3	0.0000			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00070	mg/m3	0.0000			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0.0000			
Bario	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0.0000			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000012	mg/m3	0.0000			
Boro	1.5	<1.5	<0.0012	mg/m3	0.0000			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0.0000			
Calcio	30	<30	<0.023	mg/m3	0.0000			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0.0000			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00035	mg/m3	0.0000			
Cobre	0.3	49.000	0.03800	mg/m3	0.0380			
Hierro	7.5	44.000	0.03400	mg/m3	0.0340			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0.0000			
Plomo	0.38	5.100	0.00400	mg/m3	0.0040			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0058	mg/m3	0.0000			
Manganeso	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0.0000			
Molibdeno	0.15	0.800	0.00062	mg/m3	0.0006			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0.0000			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.012	mg/m3	0.0000			
Potasio	15	<15	<0.012	mg/m3	0.0000			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0.0000			
Sodio	75	<75	<0.058	mg/m3	0.0000			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0.0000			
Talio	1.5	<1.5	<0.0012	mg/m3	0.0000			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00058	mg/m3	0.0000			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00035	mg/m3	0.0000			
Zinc	3.8	8.800	0.00690	mg/m3	0.0069			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
SOLDADOR	25-0205640	2.001	1.992	07:15	17:45	1.997	630.00	1257.795
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0060	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00072	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00024	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00024	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000012	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0012	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.024	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0018	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00036	mg/m3	0			
Cobre	0.3	0.860	0.00068	mg/m3	0.00068			
Hierro	7.5	<7.5	<0.0060	mg/m3	0			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Plomo	0.38	<0.38	<0.00030	mg/m3	0			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0060	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.240	0.00019	mg/m3	0.00019			
Molibdeno	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00024	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.012	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.012	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0018	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.060	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00012	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0012	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00060	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00036	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0030	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
TECNICO ELECTRICISTA	25-0205609	2.003	2.007	07:25	18:27	2.005	662.00	1327.310
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0057	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00068	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000011	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0011	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	o			
Calcio	30	<30	<0.023	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00034	mg/m3	0			
Cobre	0.3	0.330	0.00025	mg/m3	0.00025			
Hierro	7.5	<7.5	<0.0057	mg/m3	0			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0			
Plomo	0.38	<0.38	<0.00028	mg/m3	0			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0057	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0			
Molibdeno	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00023	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.011	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.011	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.057	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0011	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00057	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00034	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0028	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muesti	Volumen (L)
ANALISTA DE LUBRICACION	25-0205626	2.004	2.008	07:56	17:20	2.006	564.00	1131.384
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	<7.5	<0.0066	mg/m3	0			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00080	mg/m3	0			
Arsénico	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Bario	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000013	mg/m3	0			
Boro	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Calcio	30	<30	<0.027	mg/m3	0			
Cromo	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Cobalto	0.45	<0.45	<0.00040	mg/m3	0			
Cobre	0.3	0.820	0.00073	mg/m3	0.00073			
Hierro	7.5	<7.5	<0.0066	mg/m3	0			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Plomo	0.38	<0.38	<0.00033	mg/m3	0			
Magnesio	7.5	<7.5	<0.0066	mg/m3	0			
Manganeso	0.15	0.260	0.00023	mg/m3	0.00023			
Molibdeno	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Níquel	0.3	<0.30	<0.00027	mg/m3	0			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Potasio	15	<15	<0.013	mg/m3	0			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0020	mg/m3	0			
Sodio	75	<75	<0.066	mg/m3	0			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00013	mg/m3	0			
Talio	1.5	<1.5	<0.0013	mg/m3	0			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00066	mg/m3	0			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00040	mg/m3	0			
Zinc	3.8	<3.8	<0.0033	mg/m3	0			

	CODIGO 1	flujo inicial	flujo final	hora inicial	hora final	flujo promedio (L/MIN)	tiempo muestı	Volumen (L)
SOLDADOR	25-0205617	2.003	1.984	07:05	18:22	1.994	677.00	1349.600
	LOQ	UG	concentr					
Aluminio	7.5	8.3	0.0062	mg/m3	0.0062			
Antimonio	0.9	<0.90	<0.00067	mg/m3	0.00067			
Arsénico	0.3	2.1	0.0016	mg/m3	0.0016			
Bario	0.3	<0.30	<0.00022	mg/m3	0.00022			
Berilio	0.015	<0.015	<0.000011	mg/m3	0.000011			
Boro	1.5	<1.5	<0.0011	mg/m3	0.0011			
Cadmio	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0.00011			
Calcio	30	60	0.045	mg/m3	0.045			
Cromo	2.3	13	0.0095	mg/m3	0.0095			
Cobalto	0.45	0.64	0.00047	mg/m3	0.00047			
Cobre	0.3	13	0.0093	mg/m3	0.0093			
Hierro	75	2000	1.5	mg/m3	1.5			
Lantano	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0.00011			
Plomo	0.38	29	0.022	mg/m3	0.022			
Magnesio	7.5	8.1	0.006	mg/m3	0.006			
Manganeso	0.15	11	0.0085	mg/m3	0.0085			
Molibdeno	0.15	16	0.012	mg/m3	0.012			
Níquel	0.3	2.4	0.0018	mg/m3	0.0018			
Fósforo (particulado)	15	<15	<0.011	mg/m3	0.011			
Potasio	15	40	0.03	mg/m3	0.03			
Selenio	2.3	<2.3	<0.0017	mg/m3	0.0017			
Sodio	75	<75	<0.056	mg/m3	0.056			
Estroncio	0.15	<0.15	<0.00011	mg/m3	0.00011			
Talio	1.5	<1.5	<0.0011	mg/m3	0.0011			
Titanio	0.75	<0.75	<0.00056	mg/m3	0.00056			
Vanadio	0.45	<0.45	<0.00033	mg/m3	0.00033			
Zinc	3.8	22	0.016	mg/m3	0.016			

AVALADO POR ASESOR:





---------- ----------

Alexander Ivan Vilchez Romero
Código Estudiante N° 17070019
DNI: 72889815

Jorge Luis Cárdenas Ruiz
Código Docente N° 078786