

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA GESTIÓN DE LA HIGIENE
OCUPACIONAL EN UNA EMPRESA MINERA UTILIZANDO EL
MÉTODO GREY CLUSTERING”**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD
INDUSTRIAL**

**ELABORADO POR:
GRACE KELLY VALENZUELA TELLO**

**ASESOR:
Dr. KIKO ALEXI DELGADO VILLANUEVA**

LIMA, PERU

2020

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, a los que amo, mis hermanos y mi enamorado que me alentaron y tuvieron fe en mí y paciencia durante todo el camino de la investigación y sustentación.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la salud y por haber colocado en mi camino a las personas correctas en momentos precisos. Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional brindado y a todos los que colaboraron para que esta tesis sea pueda concretar.

RESUMEN

La presente tesis determinó mediante un análisis integral el impacto del desempeño en la gestión del control de la exposición a los agentes ambientales y factores de riesgo disergonómico presentes en las actividades realizadas en el área de Operaciones mina de una empresa minera mediante el uso del modelo matemático Grey Clustering para así determinar el índice y nivel de riesgo del área y los GES involucrados de una forma más objetiva y práctica para la toma de decisiones de la alta dirección de la empresa, lo que la hace aplicable para todos aquellos que tengan responsabilidad de comunicar y monitorear el desempeño de la gestión de riesgos higiénicos en sus centros de trabajo.

Para lograr esto se desarrolló la Estrategia de la Evaluación de la exposición mediante la identificación de 08 Grupos de exposición similares y 64 peligros higiénicos, así mismo se realizaron monitoreos de la exposición a estos peligros. Esta información se ingresó en la Matriz de Análisis Preliminar de Riesgos diseñada para el cálculo del nivel y valor del riesgo por peligro mediante la multiplicación de los índices de exposición, duración, frecuencia, n° de trabajadores expuestos y efectos a la salud del peligro. Los valores de riesgo se sometieron a análisis Grey clustering por GES y por área mediante la construcción y cálculo de las funciones triangulares de whitenización. Los índices de cluster obtenidos se ponderaron según la escala de niveles de riesgo establecidos en el APR-HO y luego sumados por GES y por área para la obtención de los índices respectivos.

Los resultados iniciales revelaron que 03 de los 08 GES evaluados obtuvieron como índices de cluster de 16.6, 17.1 y 18.1 catalogados como riesgo alto y el índice de cluster del área fue de 13 lo que representa un nivel de riesgo moderado.

Con esta información se determinaron los GES críticos a intervenir prioritariamente y se establecieron medidas de control de ingeniería, administrativas y de Epp's a aplicar en los peligros sílice cuarzo, vibración cuerpo entero y ruido. Se reevaluaron cuantitativamente los GES intervenidos obtuyéndose los índices 11.5,13,14.5 que representan riesgo moderado y el

índice del área 9 que significa riesgo bajo, lo que significa una reducción del 20% del Índice de riesgo a la salud del área post aplicación de las medidas de control.

Palabras clave: Evaluación de la exposición, Grey Clustering

ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine through an integral analysis the impact of performance on the management of exposure control to environmental agents and dysergonomic risk factors present in the activities carried out in the mining operations area of a mining company through the use of the mathematical model Gray Clustering in order to determine the index and level of risk of the area and the GES involved in a more objective and practical way for the decision making of the top management of the company, which makes it applicable for all those who have responsibility for communicating and monitor the performance of hygienic risk management in their work centers.

To achieve this, the Exposure Assessment Strategy was developed by identifying 08 similar exposure Groups and 64 hygienic hazards, as well as monitoring the exposure to these hazards. This information was entered in the Preliminary Risk Analysis Matrix designed for the calculation of the level and value of the hazard risk by multiplying the exposure rates, duration, frequency, number of exposed workers and health effects of the hazard. The risk values were subjected to Gray clustering analysis by GES and by area through the construction and calculation of the triangular functions of whitenization. The cluster indices obtained were weighted according to the scale of risk levels established in the APR-HO and then added by GES and by area to obtain the respective indices.

Initial results revealed that 03 of the 08 GES evaluated obtained as cluster indexes of 16.6, 17.1, 18.1 classified as high risk and the area's risk index was 13 which represents a moderate level of risk.

With this information, the critical GES were determined to intervene as a priority and engineering, administrative and Epp's control measures were established to apply silica, quartz, whole body vibration and noise hazards. The GES intervened quantitatively were reevaluated obtaining the indexes 11.5,13,14.5 that represent moderate risk and the index of the area 9 which means low risk, which means a 20% reduction of the Cluster coefficient of the area post application of the control measures .

INDICE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| ABSTRACT | vi |
| INDICE | vii |
| ABREVIATURAS | x |
| ÍNDICE DE CUADROS | xi |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiii |
| PRÓLOGO | xiv |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Problemática | 1 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.2.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 2 |
| 1.3. Hipótesis | 3 |
| 1.4. Recursos Humanos | 3 |
| 1.5. Recursos Financieros | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. Higiene Ocupacional..... | 4 |
| 2.2. Estrategia de Evaluación de la exposición | 5 |
| 2.2.1. Empezar la Estrategia | 7 |
| 2.2.2. Caracterización básica | 10 |
| 2.2.3. Evaluación de la Exposición | 13 |
| 2.2.3.1. Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por observación..... | 16 |
| 2.2.3.1.1. Clasificando por Proceso — Clasificación de Oficio — Agente Ambiental..... | 18 |
| 2.2.3.1.2. Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por Muestreo | 19 |
| 2.2.3.1.3. Combinando los Enfoques por Observación y por Muestreo..... | 21 |
| 2.2.3.2. Definiendo el Perfil de Exposición | 23 |
| 2.2.3.3. La Evaluación de Inicial de la Exposición | 24 |
| 2.2.3.1.4. Índice de Exposición | 26 |
| 2.2.3.1.5. Caracterizando las exposiciones | 28 |
| 2.2.4. Recopilación de mayor información | 31 |
| 2.2.5. Control de la Exposición..... | 35 |
| 2.2.5.1. Priorizando los Grupos de Exposición Similar (GES) para el Control de riesgo a la salud..... | 35 |
| 2.2.5.2. Jerarquía de Control | 39 |
| 2.2.6. Reevaluación | 40 |
| 2.2.6.1. Frecuencia de reevaluación | 40 |

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3. | Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO) | 41 |
| 2.4. | Análisis Grey Clustering..... | 43 |
| 3. | MARCO NORMATIVO | 47 |
| 3.1. | Normativa nacional..... | 47 |
| 3.1. | Normativa brasilera..... | 48 |
| 4. | METODOLOGÍA | 50 |
| 4.1. | Caracterización básica..... | 50 |
| 4.2. | Evaluación de la Exposición | 51 |
| 4.2.1. | Conformación de GES..... | 51 |
| 4.2.2. | Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO)..... | 52 |
| 4.2.2.1. | Probabilidad..... | 52 |
| 4.2.2.1.1. | Intensidad de la Exposición..... | 53 |
| 4.2.2.1.2. | Frecuencia de exposición..... | 56 |
| 4.2.2.1.3. | Duración de la exposición | 56 |
| 4.2.2.1.4. | Nº de Trabajadores expuestos | 56 |
| 4.2.2.2. | Efectos a la Salud..... | 57 |
| 4.2.2.3. | Matriz de riesgos..... | 57 |
| 4.2.3. | Monitoreo de agentes..... | 59 |
| 4.2.4. | Matriz de Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO)..... | 60 |
| 4.2.5. | Análisis de resultados del APR-HO previa intervención | 61 |
| 4.3. | Desarrollo de Medidas de intervención en GES críticos | 62 |
| 4.3.1.1. | Controles de Ingeniería..... | 63 |
| 4.3.1.2. | Controles administrativos | 64 |
| 4.3.1.3. | Equipo de protección personal | 64 |
| 4.3.1.3.1. | Protección respiratoria | 64 |
| 4.3.1.3.1. | Protección auditiva..... | 67 |
| 4.4. | Reevaluación de la exposición ocupacional | 68 |
| 4.5. | Matriz de Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO) post intervención..... | 69 |
| 4.6. | Análisis de resultados del APR-HO post intervención..... | 70 |
| 5. | CÁLCULOS Y RESULTADOS | 72 |
| 5.1. | Evaluación de la eficacia de los controles utilizando el Análisis Grey Clustering | 73 |
| 5.1.1. | Coeficiente de Clusterización previa intervención en higiene ocupacional | 75 |
| 5.1.1. | Coeficiente de Clusterización post intervención en higiene ocupacional..... | 79 |
| 5.2. | Análisis de resultados..... | 84 |
| 5.3. | Discusión de resultados..... | 85 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 87 |
| 6.1. | Conclusiones..... | 87 |
| 6.2. | Recomendaciones..... | 87 |
| | FUENTES DE INFORMACIÓN | 89 |

| | |
|--------------------------------------------|----|
| ANEXOS | 90 |
| ANEXO N° 01: Matriz APR-HO inicial | 90 |
| ANEXO N° 02: Matriz APR-HO reevaluada..... | 98 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------|--------------------------------------------------------------------|
| AIHA: | Asociación Americana de Higiene Industrial. |
| ACGIH: | Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales. |
| INSHT: | Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en España |
| OMS: | Organización Mundial de la Salud. |
| OSHA: | Administración de Seguridad y Salud Ocupacional en Estados Unidos. |
| TLV: | Threshold Limit Value |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 4.1 Cronograma de actividades –Programa de Higiene Ocupacional.... | 50 |
| Cuadro 4.2 Categorización de la Estimación Cuantitativa de la Intensidad de la exposición | 54 |
| Cuadro 4.3 Categorización de los Efectos a la salud | 57 |
| Cuadro 4.4 Acciones a tomar según nivel de riesgo..... | 58 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 4.1 Relación de Grupos de Exposición Similar (GES)..... | 52 |
| Tabla 4.2 Categorización de la Probabilidad..... | 52 |
| Tabla 4.3 Categorización de la Estimación Cualitativa de la Intensidad de la exposición | 53 |
| Tabla 4.4 Categorización de la Frecuencia de Exposición | 56 |
| Tabla 4.5 Categorización de la Duración de la exposición | 56 |
| Tabla 4.6 Categorización de la N° Trabajadores | 56 |
| Tabla 4.7 Matriz de riesgos a la salud..... | 58 |
| Tabla 4.8 Valoración del riesgo a la salud | 58 |
| Tabla 4.9 Resultados de la evaluación de la exposición a sílice cuarzo, ruido, vibración cuerpo entero y posturas forzadas. | 60 |
| Tabla 4.10 Niveles de riesgo inherente por Sub áreas..... | 61 |
| Tabla 4.11 Niveles de riesgo inherente por GES..... | 61 |
| Tabla 4.12 Niveles de riesgo inherente por agente | 62 |
| Tabla 4.13 Resultados de tallas de respiradores de medio rostro | 67 |
| Tabla 5.15 Resultados de la Reevaluación a la exposición a sílice cuarzo, ruido, vibración cuerpo entero y posturas forzadas. | 69 |
| Tabla 4.15 Niveles de riesgo residual por Sub áreas | 70 |
| Tabla 4.16 Niveles de riesgo residual por GES | 70 |
| Tabla 4.17 Niveles de riesgo residual por agente..... | 71 |
| Tabla 4.18 Estadísticos de valores de riesgo inherente y residual..... | 71 |
| Tabla 5.1 Clasificación de grises | 73 |
| Tabla 5.2 Puntos medios | 73 |
| Tabla 5.3 Puntos medios extendidos | 73 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 5.4 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES1 | 75 |
| Tabla 5.5 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES2 | 76 |
| Tabla 5.6 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES3 | 76 |
| Tabla 5.7 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES4 | 76 |
| Tabla 5.8 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES5 | 76 |
| Tabla 5.9 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES6 | 77 |
| Tabla 5.10 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES7 | 77 |
| Tabla 5.11 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES8 | 77 |
| Tabla 5.12 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES TOTAL..... | 77 |
| Tabla 5.13 Los pesos de los niveles de riesgo determinados en el estudio | 78 |
| Tabla 5.14 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_{ik} del estudio previa intervención..... | 78 |
| Tabla 5.15 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES1 | 80 |
| Tabla 5.16 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES2 | 80 |
| Tabla 5.17 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES3 | 80 |
| Tabla 5.18 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES4 | 81 |
| Tabla 5.19 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES5 | 81 |
| Tabla 5.20 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES6 | 81 |
| Tabla 5.21 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES7 | 81 |
| Tabla 5.22 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES8 | 82 |
| Tabla 5.23 Valores de las funciones $f_1(x)$ del TOTAL | 82 |
| Tabla 5.24 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_{ik} del estudio post intervención..... | 83 |
| Tabla 5.25 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_{ik} del estudio post intervención..... | 84 |
| Tabla 5.26 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_{ik} del estudio post intervención..... | 85 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 Estrategia para evaluar y gestionar exposiciones ocupacionales..... | 7 |
| Figura 2.2 Fuentes de información para Caracterización básica | 12 |
| Figura 2.3 Categorización del Índice de Exposición: Basado en un Estimado de la media aritmética del Perfil de exposición | 27 |
| Figura 2.4 Categorización del Índice de Exposición: Basado en un Estimado del percentil 95 en relación al NMP | 27 |
| Figura 2.5 Proceso de clasificación de las exposiciones | 28 |
| Figura 2.6 Categorización de Efectos a la salud..... | 33 |
| Figura 2.7 Categorización de la Incertidumbre | 34 |
| Figura 2.8 Matriz de priorización para la acción..... | 36 |
| Figura 2.9 Matriz de prioridad y la acción | 36 |
| Figura 2.10 Ejemplo de APR-HO..... | 42 |
| Figura 2.11 Funciones CTWF..... | 44 |
| Figura 4.1 Porcentaje de Niveles de riesgo inherente en el área..... | 62 |
| Figura 5.4 Trabajos de hermetizado de cabina de camión minero..... | 63 |
| Figura 4.3 Respirador de medio rostro reutilizable 7502 -3M..... | 65 |
| Figura 4.4 Ubicación de sonda en el respirador demedio rostro reutilizable | 65 |
| Figura 4.5 Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores con Portacount..... | 66 |
| Figura 4.6 Prueba de ajuste cuantitativo de orejeras con Earfit | 68 |
| Figura 4.7 Orejera X2- 24dB-3M | 68 |
| Figura 4.8 Niveles de riesgo residual en el área | 71 |
| Figura 4.9 Diagrama de cajas de Valores de riesgo inherente y residual | 72 |
| Figura 5.1 Funciones de whitenización del estudio | 74 |
| Figura 5.2 Ecuaciones de las funciones de whitenización..... | 74 |
| Figura 5.3 Variación porcentual de IRS por GES | 84 |

PRÓLOGO

Los agentes físicos, químicos, biológicos y factores de riesgos disergonómicos están presentes en la mayoría de procesos de las empresas mineras, la sobreexposición prolongada en el tiempo a estos agentes puede resultar en efectos adversos a la salud crónicos como la aparición de enfermedades profesionales.

El presente informe busca proveer información sobre cómo desarrollar la evaluación de la gestión de higiene ocupacional en el área de operaciones mina mediante el Análisis Grey Clustering como indicador de gestión para realizar el seguimiento y fortalecer la comunicación entre los responsables de la gestión de higiene ocupacional respecto a los resultados de la evaluación y control de la exposición y los riesgos higiénicos presentes en los Grupos de Exposición Similar.

En el Capítulo I “INTRODUCCIÓN” se realiza una descripción de la problemática del área de operaciones mina de la empresa, la justificación de la tesis, los objetivos planteados, la hipótesis, así como los recursos empleados para el desarrollo de la presente tesis.

En el Capítulo II “MARCO TEÓRICO” se realiza una descripción los pasos a seguir para una adecuada gestión de Higiene Ocupacional desde el enfoque de de la Estrategia de la Evaluación de la exposición , el Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional y el desarrollo del Análisis Grey Clustering.

En el Capítulo III “MARCO NORMATIVO” se mencionan las normas nacionales e internacionales, que se vienen aplicando en relación a la gestión de higiene ocupacional en el rubro minero.

En el Capítulo V “METODOLOGÍA” se muestran los pasos a seguir para desarrollar el Programa de Higiene Ocupacional del área de operaciones mina desde el enfoque de la Estrategia de la Evaluación de la exposición utilizando como herramienta principal el Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional para la evaluación de riesgos

En el Capítulo VI “CALCULOS Y RESULTADOS” se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas pre y post intervención en el control de riesgos a la salud de los Grupos de Exposición Similar con riesgos a la salud altos analizados bajo la metodología de Análisis matemático Grey Clustering. Se presenta además la discusión de los resultados obtenidos.

En el Capítulo VII se describen las “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” del trabajo de investigación, así como las recomendaciones pertinentes.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

El área de Operaciones mina de es uno de los lugares de mayor importancia para la determinación de riesgos a la salud en una empresa minera debido a la exposición prolongada a agentes químicos y físicos que tienen los trabajadores de los diferentes Grupos de Exposición Similar identificados tanto en equipos móviles como personal de piso.

Para ello es necesaria una evaluación integral de las actividades desempeñadas en cada GES con el objetivo de garantizar los principios de prevención, responsabilidad y de gestión integral.

La evaluación de riesgos a la salud es una metodología que trata de caracterizar los tipos de efectos previsibles para la salud como resultado de determinada exposición a determinado agente, y de calcular la probabilidad de que se produzcan esos efectos en la salud, con diferentes niveles de exposición y que es llevada a cabo mediante un análisis separado de cada actividad para cada puesto de trabajo.

La comunicación de resultados es un vínculo vital entre los esfuerzos del higienista ocupacional y la protección de la salud del trabajador. Los trabajadores y la administración deben entender los tipos de riesgos para la salud presente en el sitio de trabajo dado que su participación y apoyo es crucial para la implementación de los controles.

Ello conlleva a la generación de una amplia data sobre cada Grupo de Exposición Similar que resulta ser una gran labor de análisis para la gestión de riesgos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es demostrar cuantitativamente la influencia positiva de la gestión de la higiene ocupacional en la disminución de los riesgos higiénicos asociados a la exposición al ruido, sílice cuarzo y vibración cuerpo entero identificados dentro de los Grupos de Exposición Similar del área de Operaciones mina de una Empresa Minera utilizando la metodología Grey Clustering.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar y definir los perfiles de exposición de los Grupos de exposición similar del área de Operaciones mina.
- Evaluar la exposición a los agentes químicos y físicos presentes en los grupos de exposición similar.
- Desarrollar un indicador para medir la gestión de desempeño de la higiene ocupacional en la disminución de los riesgos higiénicos en los Grupos de Exposición Similar.
- Establecer medidas de control para la intervención en la reducción de la exposición a los agentes ambientales con riesgo medio y/o alto de los GES Críticos.
- Reevaluar la exposición a los agentes químicos y físicos presentes en los grupos de exposición similar intervenidos.
- Comparar variaciones porcentuales en el indicador elaborado posterior a la intervención.

1.3. Hipótesis

El coeficiente de Clustering disminuirá con respecto al coeficiente inicial hallado debido a la gestión de higiene ocupacional realizada para disminuir los niveles de riesgo de exposición a los peligros a la salud asociados a los Grupos de Exposición Similar del área.

1.4. Recursos Humanos

La presente tesis fue realizada por la investigadora a cargo del proyecto quien se encargó de las tareas de recolección de información a través de páginas web sobre los métodos y organismos certificados para la evaluación de las características de las telas y el factor de protección ultravioleta de ellas. Los resultados obtenidos de las evaluaciones a las muestras de tela fueron analizados en conjunto para elaborar las conclusiones y recomendaciones.

1.5. Recursos Financieros

La empresa minera en donde se desarrolló la presente tesis, asumió los gastos por la determinación en laboratorio de las concentraciones de los agentes químicos, las dosimetrías de ruido, de sílice cristalina, vibración cuerpo entero así como las evaluaciones de riesgo disergonómico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Higiene Ocupacional

En el contexto del Plan Regional de Salud de los Trabajadores, la OPS conjuntamente con la sede de la OMS, (Ginebra), convocó en diciembre de 1998 una reunión consultiva en FUNDECENTRO, São Paulo (Brasil), para discutir sobre el desarrollo de la higiene ocupacional en América Latina en consenso se definió la higiene ocupacional como: "la ciencia de la anticipación, reconocimiento y evaluación de riesgos y condiciones perjudiciales en el ambiente laboral, así como del desarrollo de estrategias de prevención y con el objetivo de proteger y promover la salud y el bienestar de los trabajadores, salvaguardando también la comunidad y el medio ambiente en general". Esta definición concuerda con la aceptada por la OMS y la OIT. El higienista ocupacional debe tener conocimientos en todas las áreas relevantes de la práctica profesional que se detallan a continuación. Sin embargo, pueden existir prioridades y enfoques específicos en cuanto a la aplicación de estos conocimientos, en función de las necesidades y condiciones locales, las variaciones en el ambiente laboral o de los cambios socio económicos.

- **Anticipación:** Prever los riesgos potenciales para la salud provenientes de los procesos de trabajo, maquinas, herramientas, materiales etc. y tomar las medidas necesarias para prevenirlos ya en las etapas de planificación, diseño y/o de selección.
- **Reconocimiento:** La identificación de agentes y factores peligrosos, reales o potenciales, en los locales de trabajo así como los posibles efectos adversos que pueden causar en la población trabajadora expuesta. Por tal motivo, es necesario realizar, entre otros, estudios sobre los procesos industriales y las materias primas que se usan, realizar visitas a las empresas, así como obtener información por parte de los trabajadores y gerentes sobre los posibles riesgos existentes.

- **Evaluación:** El proceso de valorar los riesgos identificados y llegar a conclusiones sobre el nivel de los mismos. En general, estas están basadas en la comparación de los resultados de mediciones con los valores límites de exposición recomendados y/o legales. En caso de que no existan dichos valores, el higienista ocupacional debe tener la capacidad de establecer sus propios criterios de evaluación.
- **Prevención y control:** El diseño y la implantación de medidas de prevención y de control para los riesgos que, según su valoración, requieren ser eliminados o minimizados. Estas medidas pueden ser de ingeniería (p.ej. sistemas de ventilación) o administrativas (p.ej. organización del trabajo), o bien mejoras de las prácticas laborales o uso de equipos de protección personal. Las medidas de control establecidas deben ser supervisadas y su eficiencia periódicamente evaluada.

Es esencial que se desarrollen actividades de protección y promoción de la salud de los trabajadores con un enfoque multidisciplinario que incluya, además de la higiene ocupacional, la medicina del trabajo, la ergonomía y la seguridad laboral, entre otros. En este sentido, es importante que el higienista ocupacional sepa reconocer situaciones en las cuales sea necesario consultar o llevar a cabo acciones conjuntas con los profesionales de otras disciplinas (OPS, 2001).

2.2. Estrategia de Evaluación de la exposición

El enfoque primario del higienista ocupacional no solo es el monitoreo de cumplimiento de las regulaciones. La estrategia de la evaluación de la exposición es cíclica por naturaleza y es utilizada más efectivamente de una manera iterativa que conduce al mejoramiento continuo (AIHA, 2010).

Los ciclos iniciales pueden comenzar con la recolección de información fácil y disponible. Los resultados de la evaluación de la exposición inicial basada en esos resultados pueden ser utilizados para priorizar, hacer seguimiento de controles y secuenciar los esfuerzos en búsqueda de la siguiente información. Los recursos deben enfocarse en aquellas

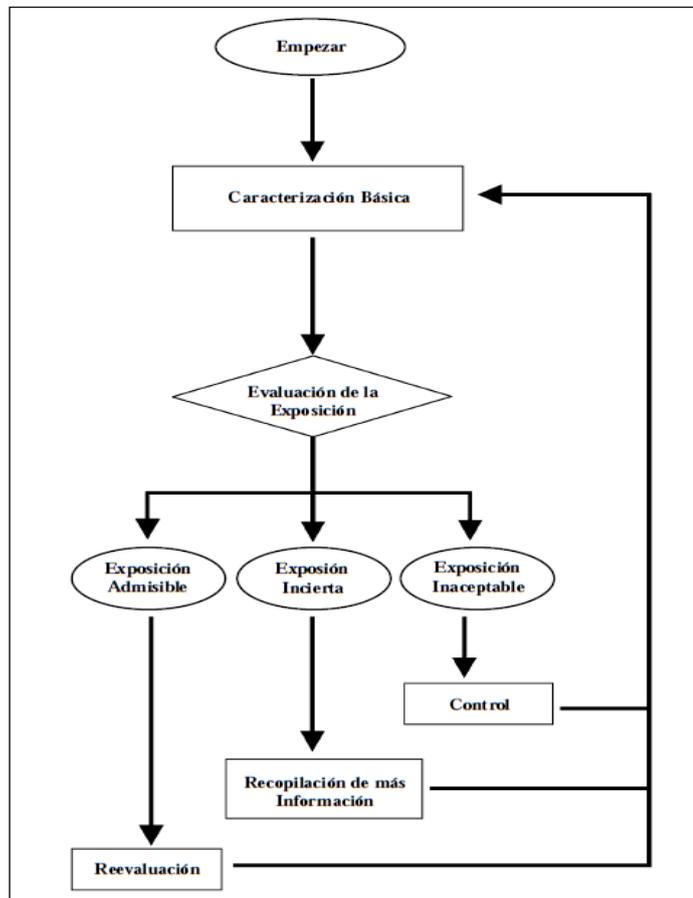
exposiciones con la mayor prioridad basada en el riesgo potencial a la salud que pueda presentarse (de moderado a alto). Cuando estas exposiciones son mejor conocidas y controladas, entonces disminuirán en prioridad (riesgo) y así el siguiente ciclo a través de la estrategia se enfocará en el siguiente estadio de prioridades (AIHA, 2010).

Los principales pasos de esta estrategia son:

- a) Inicio: Establecer la estrategia de evaluación de la exposición.
- b) Caracterización básica: Búsqueda de información con el propósito de identificar el lugar de trabajo, la fuerza laboral y los agentes de riesgo.
- c) Evaluación de la Exposición: Evaluar la exposición en el lugar de trabajo en función de la información disponible obtenida en el punto 2.
Los resultados de la evaluación deben incluir:
 - i. Grupo de trabajadores con exposiciones similares (GES);
 - ii. Definición del perfil de exposiciones para cada GES; y toma de decisiones (criterio profesional) acerca de la aceptación de cada perfil de exposición.
- d) Búsqueda de información adicional: Implementar monitoreos para determinar la prioridad de la exposición o la recolección de mayor información de manera que la incertidumbre acerca de las exposiciones tenga un mayor grado de confiabilidad.
- e) Control de los riesgos: Implementar una estrategia de controles prioritarios para las exposiciones inaceptables.
- f) Reevaluación: Periódicamente llevar a cabo una evaluación de las exposiciones. Determinar cuándo se requiere un monitoreo rutinario para verificar que las exposiciones que son aceptables se mantienen en ese nivel.
- g) Comunicación y documentación: A pesar de que no existe ningún elemento en la Figura 2.1, la comunicación de los hallazgos de la

evaluación de la exposición y el mantenimiento de la data relacionada se asumen como implícitas en la estrategia.

Figura 2.1 Estrategia para evaluar y gestionar exposiciones ocupacionales



Fuente: AIHA,2010

2.2.1. Empezar la Estrategia

Para establecer una estrategia exitosa para la evaluación de la exposición en una organización, hay que tener un enfoque que incluya identificar e involucrar las varias partes interesadas, especialmente aquellas asociadas con las actividades relacionadas con salud ocupacional de la organización, aquellas que establecen los objetivos para la evaluación de la exposición, y las que desarrollan el programa escrito para la evaluación de la exposición.

Antes de “empezar” el proceso, se debe de determinar los objetivos de la evaluación de la exposición. Estos objetivos se deben articular claramente y deben llevarnos a una de las dos estrategias generales de la evaluación de la exposición: la Estrategia Integral o la Estrategia de Cumplimiento.

La Estrategia Integral se enfoca en la evaluación y control de las exposiciones a agentes químicos, físicos y biológicos para todos los trabajadores durante todos los días. Ya que es estadísticamente imposible asegurar que todas las exposiciones están por debajo de un Nivel Máximo Permisible (NMP) cuando en realidad sólo se toman muestras de una pequeña fracción del total de las exposiciones, se tiene que definir la “Estadística para la Decisión “ para identificar el umbral de la exposición que se definirá como aceptable (AIHA, 2010).

Además de asegurar el cumplimiento con los NMP existentes, la Estrategia Integral evalúa a agentes que no tienen un NMP establecido. Las conclusiones de la evaluación de la exposición se pueden usar para entender las distribuciones de las exposiciones del día a día, tomar acciones sobre riesgos actuales a la salud, y construir un historial de la exposición. Una base de datos con el historial de la exposición se puede usar para abordar futuras preguntas sobre la salud de trabajadores individuales o grupos de trabajadores. En este último caso, los datos se pueden utilizar para respaldar estudios epidemiológicos. Todos estos beneficios adicionales son los que estimulan a las organizaciones a adoptar la Estrategia Integral.

Los objetivos de un sistema de evaluación integral de la exposición incluyen:

- i. Caracterizar las exposiciones a todos los agentes químicos, físicos, y biológicos potencialmente peligrosos, incluyendo a aquellos sin un NMP establecido.

- ii. Caracterizar la intensidad de la exposición y su variabilidad temporal (hora a hora/día a día) a la cual se exponen todos los trabajadores.
- iii. Evaluar los riesgos potenciales (por ejemplo, el riesgo potencial de daño a la salud de un empleado o el riesgo de incumplimiento de las regulaciones gubernamentales) documentando cada juicio de valor sobre la exposición y la certidumbre de acuerdo al NMP u otros límites de exposición provisionales.
- iv. Priorizar y controlar exposiciones que presentan riesgos inaceptables.
- v. Identificar las exposiciones que necesitan recolección adicional de Estableciendo la Estrategia para la Evaluación de la Exposición información (por ejemplo, monitoreo de línea base).
- vi. Documentar las exposiciones, las acciones para controlarlas, y comunicar los resultados de la evaluación de la exposición a todos los trabajadores afectados y a aquellos involucrados en la protección de la salud del trabajador (por ejemplo, la gerencia, representantes laborales, personal médico, personal de ingeniería, etc.).
- vii. Mantener el historial de las exposiciones de todos los trabajadores para poder abordar y gestionar futuras preguntas sobre la salud relacionadas con información sobre la exposición.
- viii. Lograr los pasos precedentes con el uso eficiente y eficaz de tiempo y recursos.

La Estrategia de Cumplimiento, que es el enfoque tradicional que se le da a la evaluación de la exposición, tiene como objetivo evaluar si se cumplen o no los NMP oficiales y/o voluntarios establecidos. La determinación de si una exposición cumple con un NMP se puede basar en un número limitado de muestras, como es el monitoreo durante el peor de los casos, o puede estar basado en un número de muestras

representativas usadas para calcular la “Estadística para la Decisión “ que se escoja. Entre las limitaciones asociadas con el uso de un monitoreo durante el peor de los casos se incluyen la poca información que se obtiene sobre la variación de niveles de exposición en el día a día y las restricciones en el desarrollo de un historial de exposiciones que refleje con exactitud las exposiciones y riesgos sobre la salud. Al conducir un monitoreo representativo, el higienista ocupacional comprenderá mejor las variaciones de la exposición y también desarrollará una rudimentaria base de datos para la evaluación de dicha exposición. La estrategia de cumplimiento no examina la exposición de agentes que no tienen NMP reconocidos, impidiendo que el higienista ocupacional evalúe todos los riesgos a la salud en el lugar de trabajo. Sin embargo, muchas organizaciones con un presupuesto limitado pueden usar la estrategia de cumplimiento como un primer paso hacia un enfoque integral.

Dado que la estrategia de evaluación integral proporciona un mejor entendimiento de las exposiciones que la estrategia de cumplimiento, ésta permite una mejor gestión de los riesgos relacionados con la higiene industrial. Esos riesgos incluyen no sólo el cumplimiento de las regulaciones o los límites de la exposición, pero también el daño potencial a la salud del empleado a corto o largo plazo, la responsabilidad legal, y las quejas de la sociedad y de la comunidad. Ésta también le asegura a la gerencia, los clientes, y los empleados de la organización (y las comunidades en donde opera), que dicha organización entiende cuáles son los riesgos laborales a la salud y que se han tomado los pasos apropiados para gestionar dichos riesgos (AIHA, 2010).

2.2.2. Caracterización básica

El higienista ocupacional debe crear la caracterización básica como el fundamento de toda la evaluación de la exposición. La información de la caracterización básica permite crear el contexto para la evaluación y

permite unir varias partes. Los futuros higienistas industriales, epidemiólogos, y otros científicos se apoyarán en esta información para descifrar los datos y garantizar que las interpretaciones son relevantes y correctas.

Los higienistas industriales deben conocer muchos actores suficientemente como para determinar las exposiciones y evaluar los riesgos a la salud. Como mínimo, debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los agentes químicos, físicos, y biológicos en el lugar de trabajo?
- ¿Qué efectos sobre la salud están asociados con las exposiciones excesivas a los agentes ambientales?
- ¿Cuáles son los niveles máximos permisibles (NMP) para cada agente?
- ¿Cómo se emplea y organiza la fuerza laboral, cómo se asignan tareas?
- ¿Cuáles son las fuentes significativas de exposición?
- ¿Qué procesos y operaciones, además de tareas y prácticas, presentan un potencial significativo de exposición de trabajadores a agentes ambientales?
- ¿Qué controles existen, cómo se usan y cuán efectivos son?

Al llevar a cabo la fase de caracterización básica, el higienista ocupacional debe buscar ayuda y consultar con colegas profesionales en disciplinas relacionadas con la gestión de operaciones, ingeniería, seguridad industrial, protección del medio ambiente, toxicología, epidemiología y medicina ocupacional. Fuentes importantes de información y métodos de recolección se listan en la Tabla 1.1 (AIHA, 2010).

Figura 2.2 Fuentes de información para Caracterización básica

| <i>Método de Recolección</i> | <i>Tipo de Información</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inspección visual (por ej.: visita a las instalaciones y observación) | Operaciones Procesos Tareas Equipo de Protección Personal Controles de Exposición División de Tareas Agentes Ambientales Mediciones de instrumentos de lectura directa |
| Entrevistas a los trabajadores, gerentes, e ingenieros | Tareas Prácticas de trabajo Problemas de salud Procesos Controles de Exposición Mantenimiento Agentes ambientales |
| Entrevistas al personal médico y de seguridad | Problemas de salud Patrones de problemas Prácticas laborales Historial de exposición Agentes ambientales |
| Registros Estándares de Proceso Estándar de Procedimientos Operacionales Producción Personal Médico Ingeniería Reportes Ambientales Diagramas de flujo de proceso | Historial de condiciones Inventario de químicos Registro de cantidades utilizadas Tareas Historial de trabajo Eficiencia de controles de ingeniería Resultados de monitoreos ambientales pasados Resultados de monitoreos biológicos pasados |
| Estándares gubernamentales y no oficiales | Límites de exposición actuales Límites de exposición propuestos |
| Literatura | Estudios epidemiológicos Estudios toxicológicos Nuevos aspectos |
| Materiales y Sustancias Químicas | Reportes ambientales del gobierno Bases de datos de MSDS Sistema de compras PHA (Análisis de riesgos en procesos) |
| Tareas de Exposición Importante | Programas PSM (gestión de seguridad en procesos), programas de conductas seguras, otros programas de salud y seguridad |
| Equipos | Bases de datos de ingeniería, bases de datos de mantenimiento y mantenimiento preventivo |
| Empleados | Bases de datos de recursos humanos |

Fuente: AIHA, 2010

Se debe de reunir información sobre el lugar de trabajo, la fuerza laboral, y los agentes ambientales. Esta información se usa para establecer grupos de trabajo y después evaluar exposiciones al trabajador. Como mínimo, la información recolectada debe de incluir un entendimiento de:

- Operaciones, procesos, y instalaciones;
- Fuerza laboral, tareas, divisiones de trabajo;
- Agentes químicos, físicos, y biológicos en el lugar de trabajo;
- Cómo y cuántos trabajadores están expuestos a los agentes ambientales;
- Controles de exposición presentes en el lugar de trabajo, incluyendo controles técnicos, controles administrativos, controles de prácticas de trabajo, y equipo de protección personal;
- Cantidades de los agentes ambientales;
- Propiedades químicas y físicas de los agentes ambientales; y
- Efectos potenciales sobre la salud de los agentes ambientales; el mecanismo de toxicidad; y el NMP asociado con cada agente.

2.2.3. Evaluación de la Exposición

Para el higienista industrial, el objetivo es evaluar las exposiciones ocupacionales y riesgos sobre la salud de todos los trabajadores a todos los agentes ambientales durante todos los días. El reto es hacer esto con precisión y de manera eficiente, a pesar de la diversidad de exposiciones en todos los trabajadores y a través del tiempo (AIHA, 2010).

En la mayoría de los lugares de trabajo es difícil medir la exposición de cada trabajador, y aún si fuera posible, medir todos los días casi nunca es factible. Aunque se puede superar estas dificultades (por ejemplo, con el uso diario de dosímetros que miden la exposición a radiación ionizante) la medición de exposiciones para cada trabajador durante todos los días no es muy práctica. Esta realidad dicta los recursos disponibles en la mayoría de los lugares de trabajo y el estado actual de los equipos relacionados a la higiene industrial. Una estrategia para cumplir con estos

retos es el de agrupar a trabajadores que se cree tienen exposiciones similares. La caracterización cualitativa o cuantitativa de la exposición de uno o unos en el grupo se considera “representativa” de la exposición de todos. Esta estratificación de los trabajadores en “grupos de exposición similar” permite que se distribuyan los limitados recursos de mejor manera para que todas las exposiciones presentes en un lugar de trabajo particular se puedan caracterizar (AIHA, 2010).

Un Grupo de Exposición Similar (GES) se define como “Un grupo de trabajadores que generalmente tienen el mismo perfil de exposición a un agente por la similitud y frecuencia de la(s) tarea(s) que realizan, la similitud de los materiales y procesos con los cuales trabajan, y la similitud de la manera en que llevan a cabo la(s) tarea(s).” El concepto de los GES examina a los agentes usados y tareas llevadas a cabo en la organización y agrupa a los trabajadores basado en su perfil de exposición a esos agentes. Los trabajadores se colocan en estos grupos por la similitud y frecuencia de las tareas que ellos llevan a cabo, los materiales y proceso con que trabajan, y la similitud en la manera en que realizan sus tareas. Los grupos se diseñan para mantenerse dinámicos y flexibles. Los trabajadores se pueden asignar a uno o más GES y los grupos pueden ser borrados o redefinidos si el proceso y los trabajadores asignados a ellos cambian (AIHA, 2010).

Los grupos de exposición similar se forman y definen basados en los objetivos de la estrategia de evaluación de la exposición e incógnitas en la exposición que necesiten resolverse. Los tipos de GES y las reglas de cómo estos se manejan podrían ser diferentes dependiendo de la información que se necesite, por ejemplo, una evaluación de la exposición de línea base versus un estudio epidemiológico. El GES puede comenzar como un grupo grande donde los trabajadores llevan a cabo tareas y procesos similares, comparten clasificaciones de oficios, o exposiciones a los mismos agentes. Estos grandes grupos se pueden dividir en

subgrupos donde las exposiciones a los agentes son similares. Un ejemplo podría ser el tener un proceso involucrando a químicos con dos clasificaciones de oficio: operadores y asistentes (AIHA, 2010).

El proceso involucrando compuestos químicos es totalmente cerrado, con el único potencial de exposición a compuestos químicos cuando se toman muestras; ambas posiciones llevan a cabo la misma cantidad de muestras bajo las mismas condiciones. También existe el potencial de exposiciones a ruido; las fuentes de ruido pueden ser bombas ubicadas por toda el área de proceso. Los operadores pasan la mayoría de su tiempo en un cuarto de control, mientras que los asistentes pasan la mayoría de su tiempo en el área de proceso. Por ende, los asistentes tienen una mayor exposición a ruido. Los operadores y los asistentes tienen el mismo potencial de exposición a químicos. Puede haber un GES para las dos posiciones, basado en la exposición a químicos, con el grupo más grande dividido en dos sub-GES por la exposición a ruido.

Se usan dos metodologías para definir a los GES: el enfoque por observación (o cualitativo) y el enfoque por muestreo (o cuantitativo). En el enfoque tradicional por observación, a los trabajadores se le asigna un GES basado en un examen de las actividades que ellos realizan y en un juicio sobre que tan similar se espera que sean sus exposiciones. El monitoreo de la exposición no es necesaria. En el enfoque por muestreo, se miden las exposiciones de muchos trabajadores y se le asigna un GES a cada trabajador basado en un análisis estadístico de los datos de exposición. En la mayoría de los casos, se usa una combinación de los dos métodos. Mientras se obtienen resultados de muestras, el juicio cualitativo se torna más refinado o se valida (AIHA, 2010).

Los dos enfoques tienen sus ventajas y desventajas. Cada uno tiene un lugar en una estrategia de evaluación completa de la exposición que se mantiene cíclica y superándose continuamente:

- Use el enfoque por observación como el enfoque principal para definir un GES.
- Evalúe las exposiciones cualitativamente y utilice datos de monitoreo existentes cuando estén disponibles para el GES que se definió por observación.
- Identifique a los GES críticos para los cuales las consecuencias de clasificar erróneamente a un trabajador son muy severas.
- Use el monitoreo de la exposición y análisis estadístico para verificar y perfeccionar los GES críticos usando el enfoque por muestreo (AIHA, 2010).

2.2.3.1. Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por observación

Los grupos de exposición similar se establecen por observación usando los datos recopilados durante la caracterización básica del lugar de trabajo, fuerza laboral y agentes ambientales. El higienista ocupacional revisa estos datos y usa su entrenamiento y experiencia para agrupar a los empleados que se creen tienen exposiciones similares. Los GES que se establecen por observación se describen generalmente por los siguientes parámetros: proceso, oficio, tarea y agente ambiental (AIHA, 2010).

El enfoque por observación permite que el higienista ocupacional haga juicios iniciales sobre la exposición para formar GES y les da prioridad para llevar a cabo acciones adicionales — ya sea acción en términos de monitoreo de exposición o acción en términos de controles. También le permite al higienista industrial usar su entrenamiento y experiencia para maximizar los limitados recursos de monitoreo para comenzar a

caracterizar las exposiciones de los empleados. Estos limitados recursos usados para llevar a cabo evaluaciones de la exposición, en conjunto con la necesidad de actuar con rapidez al dar prioridad a los controles y actividades de monitoreo, prácticamente fuerza al higienista industrial a usar un enfoque por observación para formar GES al comienzo de un programa (AIHA, 2010).

El otro gran aporte al identificar los GES es el inventario de agentes ambientales recopilados durante la caracterización básica del proceso. El inventario debe de incluir cada producto químico en uso y sus componentes. (La información sobre los componentes se encuentra en las hojas de seguridad o MSDS). El inventario debe ser exhaustivo y debe incluir todos los agentes químicos relacionados a la producción y mantenimiento, productos intermedios, subproductos (por ejemplo, volatilización), agentes físicos, y agentes biológicos de importancia. En última instancia, todo agente ambiental identificado en la caracterización básica debe ser vinculado a uno o más GES (AIHA, 2010).

Existen varias estrategias jerárquicas que se han sugerido para establecer GES por observación. Lo que se debe recalcar es la importancia de una completa caracterización básica del lugar de trabajo usando no solo una revisión de los documentos, sino también tiempo en el área de proceso conversando con los trabajadores y examinando los procesos de trabajo. Este total entendimiento, en conjunto con un sólido juicio profesional, debe ayudar a disminuir las probabilidades de clasificar erróneamente a algún trabajador. AIHA sugiere estas estrategias para establecer GES:

- Clasificando por tarea y agente ambiental
- Clasificando por tarea, proceso y agente ambiental

- Clasificando por tarea, proceso, clasificación (descripción) de oficio y agente ambiental
- Clasificando por equipos de trabajo y
- Clasificando por tareas o trabajos no repetitivos.

2.2.3.1.1. Clasificando por Proceso — Clasificación de Oficio — Agente Ambiental

El higienista ocupacional debe revisar el esquema oficial de clasificación de oficio para el sitio laboral, disponible a través de personal de recursos humanos de la organización. Aunque el esquema oficial de clasificación de oficio es muchas veces una herramienta útil para identificar a los GES, estos oficios (y sus agentes ambientales asociados) no deben ser automáticamente aceptados como GES. Se debe tener mucho cuidado al considerar la similitud o diferencia entre los oficios en cada proceso. En muchos lugares de trabajo, los empleados son asignados a clases de oficio para propósitos de plantilla, y estas clases de oficios puede que no representen un GES. Puede haber una necesidad de establecer una versión modificada de la clase de oficios ya estructurada para tener a GES que asocian correctamente a los trabajadores con sus exposiciones.

Por ejemplo, una clase de oficio definida por recursos humanos puede incluir varios grupos de oficio distintos con perfiles de exposición muy diferentes. Los trabajadores en el turno de día pueden tener exposiciones muy diferentes a aquellos haciendo el mismo oficio en los turnos de tarde o noche. El higienista ocupacional debe observar todos los turnos de trabajo y entrevistar a los trabajadores de cada turno. (AIHA, 2010)

El higienista ocupacional también debe de preguntar si las exposiciones para algunas clasificaciones de oficio son únicas. Por ejemplo, las clasificaciones de oficio pueden haber sido organizadas alrededor de grados salariales, reflejando antigüedad más que una división en el trabajo. Quizás, dos o más oficios se pueden unir para formar un solo GES por que tienen esencialmente el mismo perfil de exposición.

Obviamente, si no existe una clasificación de oficio por parte de recursos humanos, el higienista ocupacional necesitará respaldarse en la información recopilada en el lugar de trabajo, sobre la fuerza laboral y los agentes ambientales. La industria está usando cada vez más títulos de oficio genéricos. No es raro que todos los empleados en un departamento sean identificados como “técnicos.” El higienista ocupacional debe investigar más allá de la estructura organizacional y llegar a las divisiones reales en el trabajo. Normalmente, trabajos de producción y mantenimiento están bien organizados y los GES se pueden establecer por las divisiones de trabajo que se pueden observar (AIHA, 2010).

2.2.3.1.2. Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por Muestreo

En el enfoque por muestreo, para establecer grupos de exposición similar, la recolección de datos de monitoreo precede a la formación del GES. Los valores de exposición medidos que se obtienen se usan para clasificar a los trabajadores en un GES. Dado que se llevan a cabo las mediciones suficientes, los trabajadores se pueden agrupar con un alto nivel de homogeneidad y confianza usando alguna técnica estadística como el análisis de varianza (ANOVA).

Los criterios por desarrollar que son apropiados de acuerdo a al tipo de exposiciones, son los objetivos de la estrategia de la

evaluación de la exposición y sus recursos disponibles. Si las exposiciones promedio de los trabajadores difieren en más del doble en un GES, donde las exposiciones están clasificadas entre la mitad y el valor del NMP, puede existir un riesgo sobre la salud alto para los trabajadores en la cola alta de la distribución de exposición con promedios altos.

Por otro lado, si las exposiciones promedio de los trabajadores difieren en un factor mayor a 10 en un GES donde el perfil de exposición está alrededor de 1/100 parte del NMP (por ejemplo, exposición de 7 ppm de acetona comparado a un NMP de 750 ppm), todavía no debe haber causa para preocuparse. Ya sea que el higienista ocupacional escoja perfeccionar este GES con el propósito de mantener un historial de exposiciones para futuros estudios epidemiológicos (u otros propósitos) dependerá, por lo menos, del número de personas en el grupo. Puede que no sea productivo perfeccionar el GES al punto que sólo exista una persona en el subconjunto del GES.

Otros factores importantes son los recursos disponibles y las prioridades de la evaluación de la exposición y el programa de higiene industrial.

El enfoque por muestreo para establecer los GES tiene la ventaja de ser imparcial; sin embargo, para un agrupamiento con precisión se requieren un gran número de muestras aleatorias y se debe de recopilar múltiples mediciones de trabajadores para calcular los componentes de la variabilidad temporal (entre-turnos) y entre-trabajadores de la exposición. Bajo prácticas actuales, rara vez hay suficientes resultados de monitoreo; sin embargo, avances en simples y baratos dispositivos de medición personal (por ejemplo, monitores pasivos de vapores orgánicos y tubos indicadores por difusión) empiezan a hacer la recolección de datos más fácil.

Estableciendo los grupos de exposición similar por muestreo puede ser un método más exacto que la clasificación por observación cuando las prácticas de los trabajadores tienen un efecto significativo en la variabilidad entre-trabajador. El recopilar datos de monitoreo para muchos empleados brinda una caracterización cuantitativa de la variabilidad de las prácticas de trabajo y disminuye la clasificación errónea de los trabajadores. Sin embargo, una vez que se recopilen suficientes datos para establecer un GES de esta manera, la razón por la cual en primer lugar se forma un GES (para economizar en la caracterización de las exposiciones) se hace menos importante. Al recopilar datos de monitoreo para cada trabajador, se disminuye la necesidad de formar grupos ya que la exposición de cada individuo ha sido caracterizada cuantitativamente.

Al depender exclusivamente y de manera estricta en el enfoque por muestreo, no se permite al higienista industrial tener flexibilidad de dar prioridad a los grupos de trabajo durante la evaluación u otra acción a falta de datos cuantitativos. También, como se verá más tarde en este texto, los datos cuantitativos muchas veces no son necesarios para resolver la evaluación de la exposición (en otras palabras, para juzgar exposiciones aceptables o inaceptables) (AIHA, 2010).

2.2.3.1.3. Combinando los Enfoques por Observación y por Muestreo

Un programa de evaluación de la exposición que es práctico y preciso combina los dos enfoques, por observación y por muestreo, para definir a los GES. La variabilidad y ambientales, y prácticas de trabajo. El enfoque por observación se aplica más cuando la variabilidad surge principalmente por el proceso; el mismo se aplica menos cuando la variabilidad surge

principalmente por las prácticas individuales de cada trabajador. Estos dos componentes de la variabilidad deben ser evaluados a través de la observación del lugar de trabajo, y la cuidadosa investigación y seguimiento de los datos obtenidos a través del monitoreo de la exposición.

El determinar a los GES por observación requiere menos muestras para juzgar la exposición que el enfoque por muestreo. También le brinda una oportunidad para resolver la evaluación de la exposición cualitativamente, algo que no es posible exclusivamente a través del enfoque por muestreo. Además, los parámetros que se usan en el enfoque por observación (proceso–oficio–tarea–agente ambiental) son los mismos que se usan para enfocar los controles contra los peligros sobre la salud (por ejemplo, ingeniería, protección auditiva, etc.) cuando la evaluación revela exposiciones inaceptables (AIHA, 2010).

Una vez que se define el perfil de exposición, se debe comparar con el NMP para determinar la aceptabilidad del riesgo. En otras palabras, el perfil de exposición (con su incertidumbre asociada) se compara con el NMP (con su incertidumbre asociada) y el higienista ocupacional debe decidir si el riesgo presentado por la exposición es aceptable. Cabe notar que por cada NMP se debe llevar a cabo una única evaluación de exposición. Si, por ejemplo, un agente ambiental tiene ambos NMPs, uno promedio ponderado sobre tiempo (TWA) - ocho horas y además un NMP pico (límite de exposición de corto plazo o límite máximo), es apropiado realizar dos evaluaciones, una para cada NMP (AIHA, 2010).

Inicialmente, la exposición de cada GES debe ser clasificado como “aceptable”, “inaceptable”, o “indeterminada.” Las exposiciones clasificadas como aceptables son documentadas como tales, pero éstas se deben de reevaluar periódicamente para verificar que su estatus

continúa siendo aceptable. Exposiciones clasificadas como inaceptables deben de ser controladas (AIHA, 2010).

Mientras que el ciclo de evaluación de exposiciones continúa, se deben resolver las exposiciones “indeterminadas” mediante la recolección de información adicional para reducir la incertidumbre en el perfil de exposición o la incertidumbre en el NMP. Más aún, se puede recolectar información adicional sobre exposiciones aceptables para verificar la decisión tomada sobre la aceptabilidad, y se puede recopilar información adicional sobre exposiciones inaceptables para guiar la selección de controles de riesgos a la salud.

A medida que se lleva a cabo una evaluación de la exposición, el higienista ocupacional debe evaluar toda la información disponible para determinar el mejor estimado del perfil de exposición, basado en su juicio profesional. Generalmente, esta información de exposiciones varía en cantidad y calidad: puede ser compuesta casi enteramente por información descriptiva, o puede constar de mediciones de exposición cuantitativas de alta calidad. El NMP pudo haber sido establecido por una organización con una buena reputación basado en un mecanismo toxicológico, o pudo ser un NMP presente establecido con datos limitados sobre sus efectos a la salud. En cualquier caso, para clasificar la exposición, el higienista ocupacional tiene que comparar el perfil de exposición (y sus incertidumbres) con el NMP (y sus incertidumbres).

2.2.3.2. Definiendo el Perfil de Exposición

Un perfil de la exposición es la caracterización de la variabilidad temporal (día a día) de niveles de exposición para un GES. Para caracterizar un perfil de exposición se requiere un estimado de la exposición y su variabilidad, además de cierto juicio sobre qué tan buenos son estos estimados. El estimado del perfil de exposición puede ser altamente

cuantitativo — complementado por promedios de exposición, desviaciones estándares, y límites de confianza — o puede ser más cualitativo, dependiendo del conocimiento, experiencia y juicio profesional, tal como se ha presentado en este capítulo.

Un higienista industrial, por ejemplo, puede confiar en que una decisión acerca de las exposiciones a plomo (Pb) para un grupo de soldadores es certera basado en experiencias previas con diferentes operaciones de soldadura. Esta experiencia pasada le da al higienista industrial datos e información que, aunque sea sin datos de monitoreo ambiental, le dice que los extremos superiores de exposición del perfil de exposición están muy por debajo de los límites aceptables. En efecto, este tipo de decisiones se realizan todos los días. La estrategia de evaluación de exposiciones presentada en este libro simplemente le pide al higienista industrial que al menos se tome el tiempo de explicar y documentar estas decisiones.

La precisión de la caracterización del perfil de exposición debe ser “lo suficientemente buena” para cumplir con los requisitos de la clasificación de la aceptabilidad. Estas necesidades serán definidas en gran parte al comienzo de la proceso de evaluación cuando se definen los objetivos particulares de la estrategia. La certeza de la caracterización de la exposición se aumenta no solo con más resultados de monitoreo pero también con más y mejor información cualitativa (por ejemplo, el entendimiento sobre cómo las exposiciones son afectadas por el lugar de trabajo, la fuerza laboral, y los factores de los agentes ambientales). Si se considera la epidemiología, la caracterización de la evaluación debe ser lo suficientemente específica para ser útil en futuros trabajos de epidemiología (AIHA, 2010).

2.2.3.3. La Evaluación de Inicial de la Exposición

La evaluación de la exposición es un proceso escalonado y cíclico. Durante cada ciclo, el higienista ocupacional debe usar todos los datos a

su disposición para efectuar las evaluaciones de exposición. Sin embargo, las evaluaciones iniciales en el primer ciclo, se realizan usualmente usando una base de conocimiento que generalmente carece de datos cuantitativos.

Cuando existe poca información cuantitativa sobre la exposición, ésta a menudo se asocia con un alto nivel de incertidumbre sobre el nivel específico de exposición.

Una manera de manejar este dilema es desarrollando un rango estimado de exposiciones basado en suposiciones y usando el estimado más alto de la exposición de este relativamente enorme rango de posibles exposiciones (conocido como la banda de incertidumbre). Así, se sobreestima deliberadamente la exposición, y si esta sobreestimación es aceptable cuando se compara con un NMP, se puede juzgar la exposición como aceptable (en otras palabras, es posible tener un valor estimado que es altamente incierto pero que aún es aceptable).

Con la evaluación inicial, es posible concluir que muchos de los perfiles de exposición de bajo nivel o triviales son aceptables y muchas de las sobreexposiciones obvias son inaceptables. Sin embargo, por falta de datos puede existir una cantidad de exposiciones que no se pueden resolver. Los subsecuentes ciclos de proceso de evaluación de exposición permitirán que el higienista ocupacional genere información adicional (por ejemplo, monitoreo o datos sobre efectos sobre la salud) o usar modelos de exposición más sofisticados para mejorar la caracterización de estas exposiciones que quedan por definir (AIHA, 2010).

Un método más eficiente para llevar a cabo la evaluación de la exposición usa el concepto de clases "mayor/menor". Cualquier cuadro de exposición se puede clasificar como "menor" si se espera que la exposición sea inferior a un décimo (1/10) del NMP, si no es probable que el individuo

experimente alguna consecuencia adversa sobre la salud, o si la exposición no provoca alguna acción específica estipulada en una regulación. Esto puede ser significativo, ya que en algunos lugares de trabajo, 80%–90% de los cuadros de exposición se pueden clasificar como “menor”, lo cual lleva a clasificarlas como exposiciones “aceptables.” Esto da la oportunidad al higienista a pasar más tiempo evaluando y documentando las exposiciones potencialmente significativas.

Cuando el cuadro de exposición se clasifica como “menor”, es importante documentar el fundamento por el cual se hizo tal clasificación, ya sea porque es un proceso cerrado, se maneja una cantidad pequeña del material, o es un material de baja toxicidad, o alguna combinación de éstos u otros factores (AIHA, 2010).

Cualquier método que ayude a dar prioridad a las exposiciones para permitir un mayor enfoque en aquellas más significativas, mientras documentamos las menos significativas, será útil en conseguir este objetivo. Un cuidadoso plan, ayudará a maximizar el valor del tiempo que se gaste en llevar a cabo la evaluación (AIHA, 2010).

2.2.3.1.4. Índice de Exposición

El perfil de exposición es un vehículo para resumir y juzgar la exposición de agentes ambientales en el trabajo. Una herramienta que es útil para comenzar a caracterizar el perfil de exposición es el índice de exposición. Un índice de exposición es un estimado del nivel de exposición en relación a un NMP.

Las ilustraciones 2.3 y 2.4 describen niveles de categorización recomendados para definir índices de exposición. El higienista ocupacional debe notar que los índices de exposición simplifican y

agilizan el proceso de evaluación, particularmente durante la evaluación inicial donde a menudo, los datos de monitoreo son escasos. La decisión del higienista ocupacional entre cuál programa de índices escogerá, depende de cómo las organizaciones que establecen estándares reglamentarios definen los NMPs cómo se aplican éstos en la evaluación de la exposición.

Cuando se define un índice de exposición inicial, el higienista ocupacional debe asumir la ausencia del equipo de protección personal (EPP) usado para el control de exposiciones (por ejemplo, protección respiratoria, protección auditiva y guantes resistentes a químicos). De esta manera, el higienista ocupacional puede determinar precisamente cuándo, dónde y hasta qué grado los trabajadores dependen del EPP generalmente el método de control de riesgos a la salud menos deseado (AIHA, 2010).

AIHA sugiere que los índices de exposición se pueden definir en base a:

Figura 2.3 Categorización del Índice de Exposición: Basado en un Estimado de la media aritmética del Perfil de exposición

| | |
|---|------------------|
| 4 | > NMP-PLT |
| 3 | 50%-100% NMP-PLT |
| 2 | 10%-50% NMP-PLT |
| 1 | <10% NMP-PLT |

NOTA: Un nivel máximo permisible-promedio en un período largo de tiempo (NMP-PLT) es el promedio de concentración aceptable de un agente ambiental que exhibe efectos adversos a la salud acumulativos.

Fuente: AIHA,2010

Figura 2.4 Categorización del Índice de Exposición: Basado en un Estimado del percentil 95 en relación al NMP

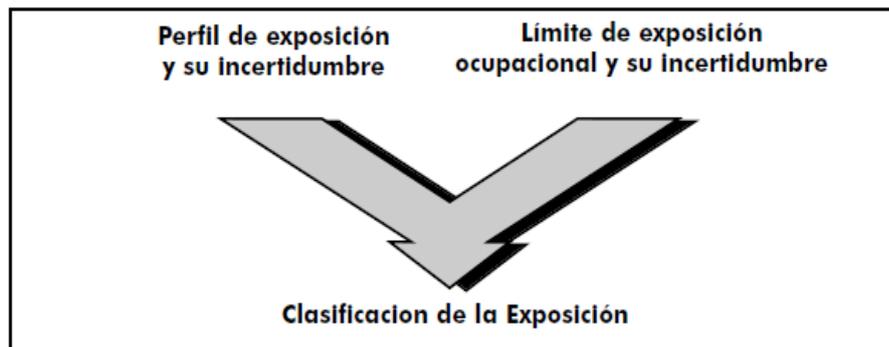
| | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | excedencia >5% del NMP (percentil 95 > NMP) |
| 3 | excedencia >5% de $0,5 \times \text{NMP}$ (percentil 95 entre $0,5 \times \text{NMP}$ y $1,0 \times \text{NMP}$) |
| 2 | excedencia >5% de $0,1 \times \text{NMP}$ (percentil 95 entre $0,1 \times \text{NMP}$ y $0,5 \times \text{NMP}$) |
| 1 | poca a ninguna superación de $0,1 \times \text{NMP}$ (percentil 95 < $0,1 \times \text{NMP}$) |

Fuente: AIHA,2010

2.2.3.1.5. Caracterizando las exposiciones

Siguiendo la definición del perfil de exposición y la selección del NMP, la exposición de cada GES debe ser juzgada como aceptable, inaceptable, o indeterminada. Como se mencionó anteriormente, para determinar la evaluación de la exposición, el higienista ocupacional debe comparar el perfil de exposición (y su incertidumbre) con el NMP (y su incertidumbre) para evaluar el riesgo que trae la exposición según la Figura 2.5.

Figura 2.5 Proceso de clasificación de las exposiciones



Fuente: AIHA,2010

a) Exposiciones Aceptables

El perfil de exposición de un GES debe ser clasificado como aceptable si su exposición y variabilidad son lo suficientemente bajas para que los riesgos asociados con el perfil de exposición sean mínimos. Dependiendo de cada situación particular, el promedio de exposición o los extremos superiores de la exposición — o ambos son las características más importantes en la cual se basa la escala de exposición.

Para clasificar una exposición como aceptable, el higienista ocupacional debe tener confianza en que la probabilidad de los efectos adversos a la salud es mínima. Un alto nivel de confianza en el perfil de exposición y/o el NMP puede permitir que exposiciones aproximadas al NMP se puedan clasificar como aceptables, mientras que menos confianza en el perfil de exposición o el NMP puede requerir que las exposiciones sean una pequeña fracción del NMP para que las exposiciones sean clasificadas como aceptables.

Las exposiciones juzgadas como aceptables pueden no necesitar acción inmediata adicional; sin embargo, el higienista ocupacional puede tomar la decisión de medir la exposición para verificar su clasificación y asegurar que la exposición no salga fuera de control.

b) Exposiciones Inaceptables

La clasificación de exposiciones como inaceptables es algunas veces más simple. Generalmente se clasifica una exposición como inaceptable si la exposición promedio (por ejemplo, TWA) o los extremos superiores de la exposición (picos) fueron lo suficientemente altos como para presentar un riesgo inaceptable (es decir, la exposición excede el NMP).

Si existe evidencia de efectos adversos a la salud asociados con el agente ambiental, definitivamente las exposiciones del GES deben de ser clasificadas como inaceptables (AIHA, 2010).

c) Exposiciones Indeterminadas

Una evaluación es indeterminada cuando la exposición del GES no se puede clasificar como aceptable o inaceptable. No siempre tenemos a la disposición suficientes datos como para tomar una decisión con la cual un higienista industrial se sienta cómodo. Esto puede ocurrir porque el perfil de exposición no está caracterizado adecuadamente (es decir, la magnitud y variabilidad de la exposición no se conoce lo suficiente o no se puede predecir). Esto también puede ocurrir cuando una falta de datos de

efectos sobre la salud hace difícil o imposible establecer un NMP. Ambos factores pueden tener un impacto en la incertidumbre de la evaluación.

En algunas operaciones, los datos disponibles pueden ser tan escasos que el higienista ocupacional se ve forzado a suponer el peor de los casos. Cuando una exposición sobreestimada a propósito está muy por debajo del NMP, el higienista ocupacional debe clasificar la exposición como aceptable (AIHA, 2010).

La magnitud de la incertidumbre asociada con una evaluación de la exposición es una consideración importante cuando se juzga una exposición. Para una evaluación de exposición, es crítico saber si los datos de la evaluación son íntegros o si contienen fallas significativas (AIHA, 2010).

Existen dos fuentes científicas de incertidumbre sobre una exposición: la variabilidad de la exposición y la falta de conocimiento sobre la exposición. Cuando no existen datos o conocimiento sobre la exposición, la incertidumbre puede ser de tal magnitud que eclipsa a la variabilidad temporal. Existen muchos métodos para evaluar la incertidumbre, desde un simple estimado subjetivo hasta un complicado análisis de probabilidades.

Se han desarrollado algunos esquemas para estimar la exposición y la toxicidad de manera tal que se pueda estimar el riesgo a salud. Estos varían desde algo tan simple como categorías descriptivas y asociaciones matemáticas hasta elaborados modelos predictivos como aquellos utilizados en algunos programas corporativos. Debe tenerse en cuenta que los esquemas para la clasificación del riesgo no son estrictamente cualitativos o cuantitativos; de hecho, normalmente están en el continuo entre los dos extremos (AIHA, 2010).

2.2.4. Recopilación de mayor información

Algunas organizaciones tienen centenares, incluso miles, de GES. A menudo se requiere una cantidad significativa de tiempo y recursos para generar los datos toxicológicos y llevar a cabo los monitoreos necesarios para evaluar las exposiciones que se han juzgado inciertas. También se pueden necesitar recursos sustanciales para verificar la evaluación de exposiciones que se clasificaron como aceptables en las cuales el grado de exposición excede el “10% del NMP” usado como referencia para las exposiciones aceptables. Para dar prioridad a los GES al momento de reunir la información, es importante asegurarse que los esfuerzos se están centrando en aquellos GES que pudieran presentar el riesgo de salud más alto (AIHA, 2010).

El riesgo a la salud es una función del nivel de exposición y la severidad del efecto en la salud para cierta exposición (toxicidad). Esto se muestra en la Este modelo simple permite que los GES sean organizados de bajo potencial a alto potencial de riesgo para la salud de manera tal que se puede asignar la prioridad para la acción. Se clasificarán los GES alineados en la esquina noreste (lado superior derecho) como de alta prioridad porque ellos representan el riesgo más alto para la salud. Los GES alineados en la esquina suroeste (lado inferior izquierdo) serán clasificados como de más baja prioridad para la acción.

La acción apropiada para un GES puede ser recolectar más información o implementar un control, dependiendo de varios factores. Dos de los factores más importantes son: 1) Incertidumbre asociada con el grado de riesgo para la salud, y 2) los recursos requeridos para recopilar la información adicional o controlar mejor la exposición. Si el control de la exposición es barato en comparación con el costo asociado a recolectar más información, la mejor opción puede ser reducir la exposición sin gastar los recursos en la recolección de información.

La incertidumbre añade un riesgo adicional porque la exposición o la toxicidad puede ser más alta que cuando se empezó. Esos valores también pueden ser más bajos que cuando se empezó, pero el principio de precaución exige que se usen los estimados del peor caso en ausencia de una información completa.

Los GES con grado incierto de riesgo para la salud deben ser de prioridad para la recolección información. Si el grado de riesgo para la salud no es incierto, entonces no deben gastarse recursos en recolectar información adicional.

Un esquema de prioridad no es más que una “herramienta” para ayudar a organizar los GES de acuerdo a la información recolectada. La información adicional recolectada se usará más adelante para resolver la incertidumbre del perfil de exposición de los GES y definirla como aceptable o inaceptable, o para verificar los GES que inicialmente fueron juzgados como aceptables o inaceptables (AIHA, 2010).

Los esquemas de jerarquización no son una representación perfecta del riesgo relativo. Se aconseja al higienista industrial de no analizar en exceso el esquema de jerarquización o interpretar en exceso sus resultados. Muchos factores de la vida real no pueden ser capturados aún por los esquemas más sofisticados. El higienista ocupacional debe aplicar su conocimiento sobre las exposiciones en el lugar de trabajo para ajustar la clasificación de los GES producidos en el esquema de jerarquización de la organización (AIHA, 2010).

La selección del mecanismo de jerarquización dependerá en particular de las necesidades y capacidades de la organización. Tal vez lo más importante es que se acuerde utilizar un mecanismo estándar y se lo utilice consistentemente dentro de la organización (AIHA, 2010).

AIHA sugiere un esquema simple de tres variables para dar prioridad a la necesidad de recolección de información. Las tres variables son: exposición, efectos a la salud, e incertidumbre. Cada organización puede decidir diseñar distintos esquemas de jerarquización que incluyan otras variables de acuerdo a la Figura 2.6, entre las cuales se podrían incluir:

- Número de trabajadores en el GES;
- Frecuencia de exposición (por ejemplo, días por año);
- Frecuencia de exposiciones pico; y
- Tipos de control de la exposición

Figura 2.6 Categorización de Efectos a la salud

| <i>Categoría</i> | <i>Efecto a la Salud</i> |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Riesgo de muerte o lesión o enfermedad que deshabilita de por vida |
| 3 | Efectos dañinos para la salud irreversibles |
| 2 | Efectos dañinos para la salud severos pero reversibles |
| 1 | Efectos dañinos para la salud reversibles |
| 0 | Efectos nocivos a la salud reversibles, o no se conoce o sospecha de ningún efecto adverso a la salud |

Fuente: AIHA,2010

Cada organización debe seleccionar un procedimiento estándar y utilizarlo consistentemente. A continuación se describe un esquema cualitativo simple de tres categorías para calificar el grado de incertidumbre tal como lo muestra la Figura 2.7. Cada evaluación de exposición de los GES será colocada en una de las tres categorías de incertidumbre: 2- Altamente incierto, 1-Incierto, y 0- Cierto.

En general, los GES aceptables o inaceptables son clasificados como “0-Cierto”, o quizás “1-Incierto”, pero no “2-Altamente inciertos”. El grado 2- altamente incierto corresponde normalmente a los juicios inciertos hechos cuando no se tenía suficiente información sobre el perfil de exposición o los efectos sobre la salud. Un caso excepcional sería cuando se tomó la

decisión de un GES incierto como inaceptable y se implementaron sistemas de control porque el costo relativo de dicha implementación era mucho menor que el costo de recolectar información adicional (AIHA, 2010).

Los GES son clasificados como “1-Incierto” cuando hay suficiente información para hacer un juicio pero se necesita más información para verificar la evaluación de exposición. Por ejemplo, se necesitan datos de monitoreo para verificar la evaluación de la exposición cuando el grado de exposición se basa en datos cualitativos y la exposición se clasificó como dentro del rango del 10%-100% del NMP (AIHA, 2010).

El grado “0-Cierto” se aplica a los GES juzgados como aceptables o inaceptables. No se necesita recolectar información adicional del perfil de la exposición o los efectos sobre la salud. La confianza del higienista ocupacional en el juicio de la exposición se basa en datos o modelos conservadores. El conocimiento del perfil de exposición se basa en los datos de monitoreo recolectados para ese GES, u otro GES que tenga exposiciones similares. La confianza en el NMP se basa en los datos toxicológicos para el agente ambiental o agente similar (AIHA, 2010).

Figura 2.7 Categorización de la Incertidumbre

| | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | <i>Altamente incierto</i> — Se asignó un nivel de aceptabilidad sin información relevante sobre el perfil de exposiciones y/o los efectos sobre la salud |
| 1 | <i>Incierto</i> — Hay suficiente información para asignar un nivel de aceptabilidad. Pero se requiere recolectar más información para verificar la evaluación de la exposición |
| 0 | <i>Cierto</i> — Se conocen claramente el perfil de exposición al agente ambiental y los efectos a la salud. El higienista industrial tiene mucha confianza en el nivel de aceptabilidad de la exposición |

Fuente: AIHA,2010

Los higienistas industriales abogan por el uso de una estrategia jerárquica para seleccionar controles de riesgo a la salud. La preferencia, por supuesto, es dada a los métodos de control más confiables. La jerarquía siguiente debería ser aplicada poniendo en práctica estrategias de control

de exposición permanentes para cada GES asociado con exposiciones inaceptables:

- Eliminación del proceso, equipo, o materiales que dan ocasión a la exposición;
- Sustitución con un proceso, equipo, o material menos peligroso;
- Controles técnicos (p.ej., modificación de proceso, usar un recinto, ventilación de gases de combustión, aislamiento, etc.);
- Control de prácticas de trabajo y el entrenamiento de empleados;
- Controles administrativos; y
- Selección apropiada, prueba, y uso de equipo de protección personal.

Cuando las evaluaciones de exposición ocupacionales revelan exposiciones inaceptables, las exposiciones deben ser controladas con toda prontitud. Esto puede tomar semanas, o meses para diseñar y poner en práctica algunas estrategias de control más eficaces. Mientras tanto, será necesario el uso eficaz del equipo de protección personal. El equipo de protección personal es la última línea de la defensa, y como tal se le asigna la categoría más baja en la jerarquía de control en higiene industrial (AIHA, 2010).

2.2.5. Control de la Exposición

2.2.5.1. Priorizando los Grupos de Exposición Similar (GES) para el Control de riesgo a la salud

Todas las exposiciones inaceptables deben de ser controladas. Estas incluyen aquellas que presentan un riesgo a la salud inaceptablemente alto o aquellas que presentan otros riesgos inaceptables (como el riesgo del incumplimiento con una regulación). El riesgo a la salud aumenta tanto con el nivel de exposición como con el efecto potencial a la salud. Mientras

más alto sea el riesgo a la salud, más alta la prioridad para la acción según la Figura 2.8.

Figura 2.8 Matriz de priorización para la acción

| | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---|---|----|----|
| Clasificación Efecto de la Salud | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Evaluación de la Exposición | | | | |

Fuente: AIHA,2010

El grado del riesgo potencial a la salud y la certeza acerca de la evaluación de exposición determinan si la acción necesaria es el control, la recopilación de información, o una combinación de los dos tal como lo muestra la Figura 2.9. Si estamos seguros de la evaluación, no hay ninguna necesidad de recolectar información adicional, por lo que el higienista ocupacional debería moverse directamente a la definición de estrategias de control para aquellos Grupos de Exposición Similar (GES) que presenten un riesgo alto a la salud. Si la evaluación es incierta y la exposición no ha sido juzgada inaceptable, entonces será más apropiado recolectar más información.

Figura 2.9 Matriz de prioridad y la acción

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|---------------|
| Mayor prioridad para su control  | Calificación de riesgos de salud | 16 | 0 | 16 | 0 |
| | | 12 | De control necesarias | De control y acopio de información requerido | |
| | | 9 | | | |
| | | 8 | 0 | 8 | 16 |
| | | 6 | 0 | 6 | 12 |
| | | 4 | 0 | 4 | 8 |
| | | 3 | No se requieren acciones | La recopilación de información necesaria | |
| | | 2 | | | |
| | | 1 | 0 | 1 | 2 |
| | | | | Seguro 0 | Incierto 1 |
| | | Clasificación de la incertidumbre  | | | |
| | | Aumento de la necesidad de información | | | |

Fuente: AIHA,2010

Anteriormente se describieron métodos para la jerarquización de Grupos de Exposición Similar que requieren la recolección de más información. La asignación de prioridades para el control usa estos mismos determinantes, rindiendo así las dos clasificaciones y esquemas de asignación de prioridades compatibles. de riesgo a la salud con una incertidumbre significativa tendrían una prioridad mayor para la recolección de información. Si el riesgo potencial a la salud es bastante severo, ellos también pueden ser identificados como merecedores de la implementación rápida de un control a corto plazo (como respiradores) mientras se genera la información adicional. Según el riesgo potencial a la salud y el tiempo que toma poner en práctica controles a largo plazo, también podría haber períodos en los que es necesario implementar medidas de control temporales mientras se procede a la implementación del control a largo plazo. Como es el caso con la asignación de prioridades para la recolección de información, el esquema de asignación de prioridades proporciona sólo una clasificación general del riesgo. Los esquemas de asignación de prioridades no deberían sustituir el uso de experiencia y juicio. El higienista ocupacional es la persona más informada para asignar las prioridades y hacer recomendaciones para controlar exposiciones inaceptables. En

particular, todas las exposiciones potencialmente por encima del Nivel Máximo Permitido (una posición de exposición de 4 en este texto) deberían ser investigadas y, si es necesario, controladas.

Después de haber asignado una jerarquía para la implementación de controles a cada GES, la lista de los GES clasificados debería ser examinada para determinar si el resultado es consistente con el juicio profesional del higienista ocupacional tomando en cuenta todo lo que se conoce acerca del GES. La lista de jerarquización de los GES puede ser alterada en base a la siguiente información:

- Confiabilidad de métodos de control existentes;
- El número de trabajadores expuestos;
- Frecuencia de exposición;
- Exposiciones concurrentes y el riesgo asociado para los efectos aditivos o sinérgicos a la salud; y
- La presencia de trabajadores cuya condición a la salud personal podría ponerlos en riesgo aumentado (p.ej., trabajadoras embarazadas, trabajadores con enfermedades respiratorias, etc.).

El higienista ocupacional puede comparar clasificaciones de prioridad para la recolección de información y control, o simplemente controlar la exposición en vez de comprometer recursos adicionales a la caracterización adicional. Si, por ejemplo, un GES tiene una prioridad alta para la recolección de información, pero está expuesto a un agente cuyos efectos a la salud han sido mal caracterizados y la exposición ocurre de modo intermitentemente, podría ser más eficaz controlar las exposiciones que recolectar más información. Esto aplica principalmente en los casos en que la implementación de una estrategia de control eficaz puede ser fácilmente identificada y desplegada. Una ventaja principal del esquema

de jerarquización de control es que esto permite la definición de un marco de acción fácil de entender y de implementar.

Esto también permite un poco de estandarización de la respuesta a peligros a la salud en una organización. Por ejemplo, se podría requerir inmediatamente la protección respiratoria de cualquier GES para el que se determine que tiene un riesgo “alto” de inhalación y la evaluación es incierta, hasta que se evalúe nuevamente la exposición y se proporciona la información adicional necesaria. Por el contrario, se podría dar más tiempo para recolectar la información necesaria para la caracterización adicional de un GES cuyo riesgo potencial a la salud es “bajo.”

2.2.5.2. Jerarquía de Control

Los higienistas industriales abogan por el uso de una estrategia jerárquica para seleccionar controles de riesgo a la salud. La preferencia, por supuesto, es dada a los métodos de control más confiables. La jerarquía siguiente debería ser aplicada poniendo en práctica estrategias de control de exposición permanentes para cada GES asociado con exposiciones inaceptables:

- Eliminación del proceso, equipo, o materiales que dan ocasión a la exposición;
- Sustitución con un proceso, equipo, o material menos peligroso;
- Controles técnicos (p.ej., modificación de proceso, usar un recinto, ventilación de gases de combustión, aislamiento, etc.);
- Control de prácticas de trabajo y el entrenamiento de empleados;
- Controles administrativos; y
- Selección apropiada, prueba, y uso de equipo de protección personal.

Cuando las evaluaciones de exposición ocupacionales revelan exposiciones inaceptables, las exposiciones deben ser controladas con toda prontitud. Esto puede tomar semanas, o meses para diseñar y poner

en práctica algunas estrategias de control más eficaces. Mientras tanto, será necesario el uso eficaz del equipo de protección personal. El equipo de protección personal es la última línea de la defensa, y como tal se le asigna la categoría más baja en la jerarquía de control en higiene industrial (AIHA, 2010).

2.2.6. Reevaluación

Cada lugar de trabajo debe ser periódicamente reevaluado para poner al día los GES's, los perfiles de exposición, los criterios de exposición, la información recolectada y las prioridades para el control a los riesgos a la salud si han ocurrido cambios significativos en el área de trabajo, fuerza de trabajo y agentes ambientales. La identificación de nuevas exposiciones y las exposiciones que ya no se encuentran presentes deben de ser incluidas en el proceso de evaluación (AIHA, 2010).

2.2.6.1. Frecuencia de reevaluación

Un programa escrito de evaluación de exposiciones debe especificar cuán frecuentemente se debe hacer una reevaluación. Un intervalo designado de reevaluación debe ayudar a asegurar la identificación de aquellos cambios en el lugar de trabajo, fuerza laboral y agentes ambientales que pueden afectar las reevaluaciones de exposiciones.

En muchos lugares de trabajo se hacen reevaluaciones anuales, pero la frecuencia que se recomienda puede depender de la naturaleza del trabajo. La cantidad de cambios en los lugares de trabajo son una buena guía. Ciertamente, esos lugares de trabajo en los cuales los procesos, las clasificaciones de los trabajos, y el uso de agentes ambientales cambian rápidamente, deben de ser reevaluados más frecuentemente. Un proceso riguroso de administración de cambios es necesario para asegurar que el higienista ocupacional puede automáticamente evaluar los cambios significativos que pueden ocurrir entre los periodos designados para

reevaluación. De esta manera, la evaluación de exposiciones puede ser reevaluada cuando sea necesario (AIHA, 2010).

2.3. Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO)

Es una metodología para registrar la exposición a agentes ambientales ya sea por anticipación (nuevos proyectos, renovaciones de equipos, cambios en los procesos) o reconocimiento (procesos en operación).

El APR-HO es una metodología propuesta por Mário Fantazzini en un artículo publicado en la revista Protección, justo después del lanzamiento de la NR-09 (principios de 1995). Se basa en la APR tradicional, una técnica de análisis de riesgos de dominio público derivada del estándar militar estadounidense de los años 1960. APR-HO ha sido adoptada por empresas de todos los tamaños y por Higienistas como una forma simple y ordenada de reconocer los riesgos ambientales. y formulación de grupos de exposición similares (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019)

El APR-HO tiene como objetivo establecer la Caracterización Básica de las exposiciones, a través de la investigación sistemática de las tareas realizadas por un Grupo de Exposición Similar específico, determinando acciones para establecer prioridades y periodicidad de las exposiciones, así como las decisiones de controles que mantienen tales exposiciones dentro de la tolerabilidad.

El primer paso es la recopilación de información, como la observación y descripción de actividades, el entorno de trabajo, el lugar y los sectores que se están observando. Todos los procesos y actividades involucrados en el análisis deben documentarse descriptivamente.

Después de recopilar la información, todos los agentes ambientales presentes en el medio ambiente deben documentarse en una matriz de riesgos, tal como lo muestra la Figura 2.10, ya sean físicos, químicos o biológicos. Es importante especificar los agentes y las fuentes generadoras (fuente del agente ambiental) para que APR-HO sea asertivo. Todos los GES deben estar listados, así como sus roles y actividades en la empresa. Este procedimiento ayuda al profesional de HO a mapear qué grupos pueden estar más expuestos a los agentes ambientales.

La categorización de riesgos debe realizarse, ya que es a través de este procedimiento que se puede dar prioridad a las acciones de control, ya sea de monitoreo o control. Esto es de suma importancia para la toma de decisiones porque a partir de esto es posible visualizar numéricamente la mejor y la peor situación en relación con los riesgos identificados. (Analytics, 2018).

Figura 2.10 Ejemplo de APR-HO

| EMPRESA: XPTO LTDA DATA: 01.02.04 | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FUNÇÃO: Pintor | | | No. DE EXPOSTOS: 06 | | | |
| ATIVIDADES: Manutenção de containers. Limpeza dos containers com solvente "thinner" para remoção de tinta. Pintura silk screen e com pistola. | | | | | | |
| RISCO AMBIENTAL | CAUSA/FONTE/TRAJETÓRIA | EFEITOS | CATEGORIA DE RISCO | MEDIDAS DE CONTROLE | E/F | OBSERVAÇÕES |
| Ruído | Serviços de pintura com pistola | Redução da acuidade auditiva, para doses acima da unidade (100%) | II | Utilização de protetor auricular | E | →VIDE CRONOGRAMA DE AVALIAÇÕES DO PPRA →VERIFICAR EFICIÊNCIA DA PROTEÇÃO |
| Solventes Orgânicos | Pintura de containers com solvente – thinner. Limpeza de containers | Alguns órgãos poderão ser afetados, tais como: Sistema respiratório, pele etc, provocando em alguns casos, alterações no organismo do trabalhador | III | Utilização de EPI's adequados para o desenvolvimento da atividade (máscara/ luvas/ avental/ óculos) Verificar a possibilidade da adoção de um sistema móvel de ventilação local exaustora | E F | →IDENTIFICAR AS SUBSTÂNCIAS DO THINNER →VERIFICAR EFICIÊNCIA DA PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA →IMPLANTAR PPR |

E = MEDIDA DE CONTROLE EXISTENTE F = MEDIDA DE CONTROLE FUTURA
COMPLEMENTO DA APR-HO

2.4. Análisis Grey Clustering

En la actualidad, los Sistemas Grey se encuentran dentro de una de las ramas de la Inteligencia artificial, cuyo sustento principal es el concepto de que “todo es cuestión de grado”. Este simple principio, permite manejar información dispersa o de difícil especificación para cambiar el funcionamiento o el estado de un sistema, gobernándolo sólo por medio de reglas de sentido común y en base a cantidades indefinidas. Las reglas de un sistema difuso pueden ser aprendidas mediante redes o sistemas que aprenden al observar cómo operan las personas o ser formuladas por un grupo de expertos (S. Liu & Lin, 2010).

La presente tesis propone utilizar la “Metodología de análisis de Grey Clustering” para la evaluación de los riesgos a la salud en el ambiente de trabajo, la cual está basada en una teoría de conjuntos difusos y se puede aplicar por incidencia grey de matrices o funciones de whitenización . En este trabajo, se aplicó la “Triangulación del punto medio en base a funciones de Whitenización – CTWF”, ya que la CTWF se aplica principalmente para probar si los objetos de observación pertenecen a clases predeterminadas, conocidas como grey clases (Liu & Lin, 2010).

A diferencia de otros métodos; tales como, los estadísticos, cualitativos y cuantitativos, esta metodología considera la incertidumbre dentro de su análisis; y teniendo en cuenta que la determinación de los perfiles exposición ocupacional conllevan cierta incertidumbre en la forma de recopilación de la información el método resulta apropiado; por otro lado, el método brinda gran relevancia al enfoque sistémico del nivel de riesgo del GES, ya que permite integrar de manera objetiva la interacción existente entre cada uno de los peligros presentes en cada perfil de exposición.

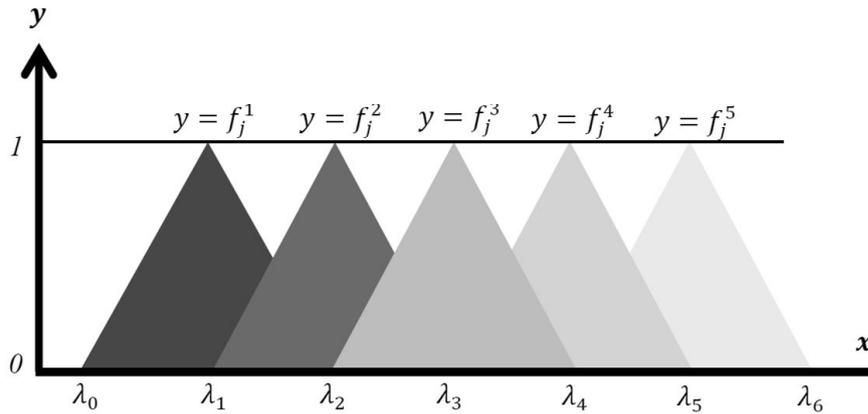
La situación de que cada objeto de observación posee diferentes peligros a la salud de naturaleza química, física, biológica o de factores humanos con diferentes niveles de riesgo hace que la clasificación no pueda ser precisa, sin embargo, al aplicar la “Metodología de Análisis de Grey Clustering” es posible clasificar la observación de objetos en clases definibles mediante las funciones de Whitenización, en donde cada agrupamiento puede verse en un conjunto formado por todos los objetos de observación de un mismo tipo.

Se supone que hay n objetos de Cluster, m Índices de Cluster, s diferentes clasificaciones grey, según el valor muestral $x_{ij} = (1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ del i -ésimo ($i = 1, 2, \dots, n$) que se opone al j ($j = 1, 2, \dots, m$) índice, el i -ésimo objeto entra en la k -ésima ($k \in \{1, 2, \dots, s\}$) clasificación gris, la cual es llamada Grey Cluster.

El método de Grey Cluster a desarrollar se basa en hallar la clasificación gris con la determinación del Coeficiente de Clusterización, de la siguiente manera:

- i. Recolección de datos reales de cada Índice de Cluster.
- ii. Establecer los datos estándar de cada Índice de Cluster.
- ii. Adimensionar los datos reales y estándar
- iii. Construir las funciones de Whitenización como se muestran en la Figura 2.11

Figura 2.11 Funciones CTWF



Fuente: (Liu & Lin, 2010)

Donde:

$$\begin{aligned}
 y = f_j^1 &= \text{Mínimo} \\
 y = f_j^2 &= \text{Bajo} \\
 y = f_j^3 &= \text{Moderado} \\
 y = f_j^4 &= \text{Alto} \\
 y = f_j^5 &= \text{Crítico}
 \end{aligned}$$

Las cuales tienen el siguiente desarrollo de las ecuaciones (1), (2) , (3)

$$f_f^1 \left\{ \begin{array}{l} 1 \quad x \in [0; \lambda_f^1] \\ \frac{\lambda_f^2 - x}{\lambda_f^2 - \lambda_f^1} \quad x \in (\lambda_f^1; \lambda_f^2) \\ 0 \quad x \in [\lambda_f^2; \infty) \end{array} \right\} \dots$$

$$f_f^k \left\{ \begin{array}{l} \frac{x - \lambda_f^{k-1}}{\lambda_f^k - \lambda_f^{k-1}} \quad x \in [\lambda_f^{k-1}; \lambda_f^k] \\ \frac{\lambda_f^{k+1} - x}{\lambda_f^{k+1} - \lambda_f^k} \quad x \in (\lambda_f^k; \lambda_f^{k+1}) \\ 0 \quad x \in [0; \lambda_f^{k-1}] \cup [\lambda_f^{k+1}; \infty) \end{array} \right\} \dots$$

$$f_f^6 \left\{ \begin{array}{l} \frac{x - \lambda_f^5}{\lambda_f^6 - \lambda_f^5} \quad x \in [\lambda_f^5; \lambda_f^6] \\ 1 \quad x \in [\lambda_f^6; \infty) \\ 0 \quad x \in [0; \lambda_f^5] \end{array} \right\} \dots$$

- iv. Calcular los valores de las funciones de whitenización
- v. Determinar el peso de los Índices de Cluster
- vi. Determinar el coeficiente de Clustering (σ_{ik}) mediante la ecuación

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_{i_j}) \cdot n_j \quad (4)$$

- vii. Determinar a qué clasificación gris está vinculado nuestro objeto de Cluster.

CAPÍTULO III

MARCO NORMATIVO

3.1. Normativa nacional

a) Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo D.S. 005-2012-TR

En el artículo 33 del reglamento se establece que se debe tener como registro obligatorio del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo el registro de Monitoreo de agentes químicos, físicos, biológicos, factores de riesgo disergonómicos y psicosociales.

En el artículo 97 con relación a los equipos de protección personal, adicionalmente a lo señalado en el artículo 60° de la Ley, éstos deben atender a las medidas antropométricas del trabajador que los utilizará.

b) Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería D.S. Nº 024-2016-EM

El Decreto Supremo Nº 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería promulgada en el 2016 y su posterior modificatoria D.S. Nº 023-2017-EM exige al titular minero identificar, evaluar y controlar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores durante su labor.

En el artículo 56 del D.S. Nº 024-2016-EM indica que el Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional debe contener el número de monitoreos que se realizará, según el análisis de riesgo en el ambiente de trabajo de cada labor y a nivel de grupos de exposición similar (GES),

considerando los agentes físicos, químicos, biológicos, disergonómico y otros.

El capítulo XI-Higiene Ocupacional del D.S. N° 024-2016-EM enfatiza el monitoreo de la exposición a agentes químicos, físicos, biológicos, factores de riesgo disergonómico y psicosociales presentes en las actividades mineras y conexas.

c) Reglamento de Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos D.S. 015-2005-S.A.

Los Valores Límite Permisibles se establecen para proteger la salud de los trabajadores de toda actividad ocupacional y a su descendencia, mediante la evaluación cuantitativa y para el control de riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, de agentes químicos presentes en los puestos de trabajo, el D.S. 015-2005 S.A. establece los VLP TWA, STEL y CEILING aplicables a los agentes químicos.

3.1. Normativa brasilera

d) Norma Regulatoria 09 –NR09

La Norma Regulatoria 09 de la Consolidación de las Leyes Laborales (CLT) se relaciona directamente con el Programa de Prevención de Riesgos Ambientales (PPRA). Dado que NR-09 establece la obligación de PPRA para las empresas que realizan actividades consideradas como riesgosas para la salud de los trabajadores. Para que una empresa cumpla con las pautas NR-09, debe anticipar, reconocer y también abordar todos los riesgos ambientales posibles en el ambiente de trabajo.

La Norma Regulatoria 09 es muy completa, establece que el PPRA debe comprender todos los riesgos relacionados con los agentes físicos, químicos y biológicos en el lugar de trabajo.

Para comprender la Norma Regulatoria 9, uno debe comprender el PPRA que tiene el siguiente alcance:

- i. Planificación anual con fijación de objetivos, prioridades y cronograma;
- ii. estrategia y metodología de acción;
- iii. Forma de registro, mantenimiento y divulgación de datos;
- iv. Frecuencia y forma de evaluación del desarrollo de PPRA.

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

El desarrollo del Programa Anual de Higiene Ocupacional del área se dividió en 07 etapas consecutivas tal como lo muestra el Cuadro 4.1, teniendo como objetivo principal Identificar, evaluar y controlar el 100% de los agentes ambientales que generen riesgos a la salud críticos.

Cuadro 4.1 Cronograma de actividades –Programa de Higiene Ocupacional

| IT | Etapas | Meses | | | | | | | | | |
|----|----------------------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Caracterización básica | | | | | | | | | | |
| 2 | Conformación de GES | X | X | | | | | | | | |
| 3 | Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO) | | | X | | | | | | | |
| 4 | Monitoreo de agentes | | | | X | | | | | | |
| 5 | Implementación de controles | | | | | X | X | X | | | |
| 6 | Reevaluación | | | | | | | | | X | |
| 7 | Análisis Grey Clustering | | | | | | | | | | X |

Fuente: Elaboración propia

4.1. Caracterización básica

Se debe recopilar información sobre los procesos y lugares que presenten potencial de exposición a peligros a la salud, considerando:

- Nombre de los procesos, actividades y tareas una descripción de ellas.
- La frecuencia de las actividades.
- Los lugares o áreas donde se desarrollan las actividades.
- Fuentes de Exposición
- Peligros y peligro específico.
- Controles presentes

Se debe identificar los puestos de trabajo (trabajadores que realicen un mismo conjunto de tareas) recopilando la siguiente información:

- Procesos y subprocesos en los que participa.
- Nombre del puesto de trabajo.

- Cantidad de trabajadores
- Número de turnos de trabajo y duración de cada uno.
- Régimen de trabajo (cantidad de días de trabajo y días de descanso).
- Descripción de tareas asociadas a factores de riesgo
- Factor y tipo de riesgo expuesto.
- Cantidad de agentes químicos usados en el turno.
- Frecuencia con que se ejecuta la tarea y duración.
- Controles presentes.

Se debe identificar los peligros a la salud a los que los trabajadores puedan estar expuestos.

- Tipo de peligro a la salud (físico, químico, biológico, disergonómico)
- Peligro específico
- Propiedades físicas (solo para agentes químicos)
- Potenciales efectos adversos a la salud, vías de ingreso al organismo y fuente de información utilizada.
- Tipo de Límite de Exposición Ocupacional (regulatorio, autorizado, interno, provisional), valor del LEO y fuente de información utilizada.

4.2. Evaluación de la Exposición

Para abordar las etapas de la Evaluación de la Exposición de los GES del área de Operaciones mina se desarrolló la metodología de la elaboración del Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO).

4.2.1. Conformación de GES

Los grupos de exposición similar (GES) se establecieron por observación usando los datos recopilados durante la caracterización básica del área de trabajo y agentes ambientales identificados en los procesos tal como se muestra en la Tabla 4.1. Se utilizó la estrategia de clasificación de los GES por Proceso — Clasificación de Oficio — Agente Ambiental.

Tabla 4.1 Relación de Grupos de Exposición Similar (GES)

| IT | GES |
|----|------------------------------|
| 1 | Operador de camión |
| 2 | Operador de cargador frontal |
| 3 | Operador de tractor oruga |
| 4 | Operador de motoniveladora |
| 5 | Operador de retroexcavadora |
| 6 | Operador de excavadora |
| 7 | Operador de perforadora |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO)

4.2.2.1. Probabilidad

La probabilidad del riesgo se compuso por el perfil de exposición y N° trabajadores expuestos al agente para cada GES. El perfil de exposición puede estimarse entre las variables intensidad de la exposición, frecuencia de exposición, duración de la exposición. La información utilizada puede incluir datos tanto cualitativos como cuantitativos o ambos a la vez.

La siguiente ecuación define a la Probabilidad :

$$\text{Probabilidad} = \text{Intensidad de Exposición} \times \text{Frecuencia} \times \text{Duración} \times \# \text{ de Trab. expuestos}$$

En la Tabla 5.2 se asignó un peso o factor de ponderación a la Probabilidad pertenecientes al GES utilizando el siguiente criterio:

Tabla 4.2 Categorización de la Probabilidad

| Puntaje de Probabilidad | Peso |
|-------------------------|------|
| >200 | 5 |

| | |
|-----------|---|
| 151 – 200 | 4 |
| 101 - 150 | 3 |
| 51 – 100 | 2 |
| 0 – 50 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.1. Intensidad de la Exposición

Se asignó un peso o factor de ponderación a la concentración del agente del GES utilizando el siguiente criterio cualitativo si no se obtuviesen datos cuantitativos de exposiciones a los agentes tal como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Categorización de la Estimación Cualitativa de la Intensidad de la exposición

| Estimación Cualitativa | Peso |
|-----------------------------------------------------------|------|
| NP (No Perceptible) | 1 |
| DT (Detectada, pero tolerable) | 2 |
| DI (Detectada por molestia) | 3 |
| DIR (Detectada por irritación visual, térmica o auditiva) | 4 |
| Ex - Concentración o Intensidad extremadamente elevadas | 5 |

Fuente: Elaboración propia

Se asignó un peso o factor de ponderación a la concentración del agente del GES utilizando el siguiente criterio cuantitativo si se obtuviesen datos cuantitativos de exposiciones a los agentes tal como se muestra en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Categorización de la Estimación Cuantitativa de la Intensidad de la exposición

| Peso | Exposición al Agente | Detalle de la Exposición al agente | | | | | | | |
|------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------|
| | | Exposición Dérmica | Ruido | Posturas Incomodas y/o forzadas: | Levantamiento de carga frecuente | Esfuerzo de manos y muñecas | Movimientos repetitivos con alta frecuencia | Vibración Brazo - mano | Niveles de Iluminación |
| 5 | >150% (TLV-TWA) | Inmersión de manos rutinaria en contaminante o saturación de ropa | > 88 dBA (8hrs) >86 (12hrs) | más de 2.5 h/día | Mas de 40 kg más de una vez al día o 25 kg más de 16 veces al día o 5 kg más de 3 veces por minuto | más de 2.5 h/día | más de 6 veces por minuto | más de 2 horas al día | |
| 4 | 100% - 150% (TLV-TWA) | Contaminación de piel o ropa visible rutinaria o regular | 85 - 88 dBA 83 - 86 dBA | de 2 h/día a 2.5 h/día | Mas de 40 kg una vez al día o 25 kg mas de 12 veces al día o 5 kg mas de 2 veces por minuto | de 2 h/día a 2.5 h/día | 4 a 6 veces por minuto | de 1 a 2 horas al día | Nivel de iluminación (lux) menor al nivel mínimo recomendado |
| 3 | 50% - 100% (TLV-TWA) | Contaminación de piel o ropa visible periódica | 82 – 85 dBA 80 -83 dBA | 1.8 h/día a 2 h/día | 25 kg mas de 8 veces al día o 5 kg mas de 1 vez por minuto | 1.8 h/día a 2 h/día | 3 a 4 veces por minuto | 30 min a 1 hora al día | |
| 2 | 10% - 50% (TLV-TWA) | Oportunidades ocasionales de contaminación de piel o ropa visible o contacto casual | 79 – 82 dBA 77-80 dBA | 1.5 h/día a 1.8 h/día | 25 kg mas de 4 veces al día | 1.5 h/día a 1.8 h/día | 2 a 3 veces por minuto | 20 min a 30 min al día | Nivel de iluminación (lux) mayor al nivel mínimo recomendado |

| Peso | Exposición al Agente | Detalle de la Exposición al agente | | | | | | | |
|------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Exposición Dérmica | Ruido | Posturas Incomodas y/o forzadas: | Levantamiento de carga frecuente | Esfuerzo de manos y muñecas | Movimientos repetitivos con alta frecuencia | Vibración Brazo - mano | Niveles de Iluminación |
| 1 | <10% (TLV-TWA) | Oportunidad mínima o nula de contaminación de piel o ropa visible | < 79 dBA < 77 dBA | menos de 1.5 h/día | 25 kg mas de 2 veces al día | menos de 1.5 h/día | menos de 2 veces por minuto | menos de 20 min al día | |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.2. Frecuencia de exposición

En la Tabla 4.4 se asignó un peso o factor de ponderación a la frecuencia de exposición a los agentes del GES utilizando el siguiente criterio:

Tabla 4.4 Categorización de la Frecuencia de Exposición

| Frecuencia de exposición | Peso |
|--------------------------|------|
| < Mes | 1 |
| <Semanal | 2 |
| Mensual | 3 |
| Semanal | 4 |
| Diario | 5 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.3. Duración de la exposición

En la Tabla 4.5 se asignó un peso o factor de ponderación a la duración de exposición a los agentes del GES utilizando el siguiente criterio:

Tabla 4.5 Categorización de la Duración de la exposición

| Duración de exposición | Peso |
|------------------------|------|
| 1 <h / turno | 1 |
| 2 < h / turno | 2 |
| 4 < h / turno | 3 |
| 30 min/h/ turno | 4 |
| Continuo | 5 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.4. N° de Trabajadores expuestos

En la Tabla 4.6 se asignó un peso o factor de ponderación al N° de trabajadores pertenecientes al GES utilizando el siguiente criterio:

Tabla 4.6 Categorización de la N° Trabajadores

| N° Trabajadores expuestos | Peso |
|---------------------------|------|
| < 5 | 1 |

| | |
|---------|---|
| 6-10 | 2 |
| 11-20 | 3 |
| 21 - 40 | 4 |
| > 40 | 5 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Efectos a la Salud

En el Cuadro N° 4.3 Se asignó un peso o factor de ponderación a los efectos a la salud que generen la exposición al a los agentes del GES utilizando el siguiente criterio:

Cuadro 4.3 Categorización de los Efectos a la salud

| CATEGORIZACION DE LOS EFECTOS A LA SALUD | PESO |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Efectos nocivos a la salud reversibles, o no se conoce o sospecha de ningún efecto adverso a la salud Incómodos pero tolerables (ej: iluminación, ruido de tránsito, calentamiento de paredes y techos por el sol) o sustancias de baja toxicidad (ej.aceites minerales, lubricantes, grasas) | 1 |
| Efectos dañinos para la salud reversibles Efectos reversibles (calor en días típicos de verano, vibraciones) o sustancias ligeramente irritantes (acetona, xileno, gasolina, querosene, diesel, etanol, óxido de zinc) | 2 |
| Efectos dañinos para la salud severos pero reversibles Efectos irreversibles causados por ruido de máquinas o equipos, calor alto en hornos, microondas, sustancias que son sospechosas de causar cáncer o serios problemas en humanos (Cadmio, Tolueno, Metanol). | 3 |
| Efectos dañinos para la salud irreversible Efectos irreversibles y/o acciones corrosivas (ácido clorhídrico). Cancerígenos o mutagénicos comprobados en humanos (benceno) | 4 |
| Riesgo de muerte o lesión o enfermedad que deshabilita de por vida: Efecto inmediato a la salud, con riesgo de muerte o incapacidad permanente, incluso explosiones como las causadas por GLP. | 5 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3. Matriz de riesgos

Se diseñó una matriz de 5x 5 que permitió cualificar el nivel de riesgo en 5 escalas como se visualiza en la Tabla N° 4.7. En el eje “Y”, se elige el valor que corresponde a la graduación de los efectos sobre la salud, definida para el agente en el ambiente de trabajo, mientras que en el eje “X” debe estar el valor asignado a la probabilidad correspondiente.

Tabla 4.7 Matriz de riesgos a la salud

| Probabilidad | Efectos a la salud | | | | |
|---------------------|---------------------------|-------|----------|-------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Insignificante | Menor | Moderado | Mayor | Catastrófico |
| 5 Seguro | 11 | 16 | 20 | 23 | 25 |
| 4 Probable | 7 | 12 | 17 | 21 | 24 |
| 3 Posible | 4 | 8 | 13 | 18 | 22 |
| 2 Poco probable | 2 | 5 | 9 | 14 | 19 |
| 1 Raro | 1 | 3 | 6 | 10 | 15 |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la multiplicación de dichos valores se deben interpretar como se visualiza en la Tabla N° 4.8.

Tabla 4.8 Valoración del riesgo a la salud

| Resultado de la multiplicación | Estimación del riesgo | Aceptabilidad del riesgo |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 20-25 | Crítico | No aceptable |
| 16-20 | Alto | |
| 11-15 | Moderado | Aceptable |
| 10-6 | Bajo | |
| 1-5 | Mínimo | |

Fuente: Elaboración propia

Con el nivel del riesgo obtenido se establecieron acciones a tomar según lo indica el Cuadro N° 4.4.

Cuadro 4.4 Acciones a tomar según nivel de riesgo

| ACCIONES A TOMAR | NIVEL DE RIESGO |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Llevar a cabo la paralización urgente de la actividad o el proceso hasta que se tomen medidas de control efectivas para reducir el riesgo de exposición. Solicitar semestralmente la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional. | Crítico |
| Adoptar medidas de control en el corto plazo para reducir el riesgo de exposición. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Solicitar anualmente la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional. | Alto |
| Se debe reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Solicitar cada 02 años la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional. | Moderado |
| No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Solicitar cada 03 años la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional. | Bajo |
| Recomendar la continuidad de las medidas de mantenimiento, conservación y monitoreamiento del ambiente de trabajo. Solicitar cada 03 años la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional. | Mínimo |

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Monitoreo de agentes

En la Tabla N° 4.9 muestra los resultados de las evaluaciones a la exposición realizadas en los GES mediante metodologías según el agente a evaluar durante los turnos laborales de 12 h diarias.

La exposición de ruido siguió la metodología de la Guía N°01 del D.S. 024-2016-EM mediante dosimetría de ruido.

La exposición a vibración cuerpo entero siguió la metodología de la Guía N°03 del D.S. 024-2016-EM mediante dosimetría.

La exposición a sílice cuarzo siguió la metodología internacional NIOSH 7500 del manual NMAN. Los análisis de laboratorio se realizaron en un laboratorio acreditado con la metodología de análisis según AIHA –LAP. La exposición a posturas forzadas siguió la metodología internacional Rapid Entire Body Assessment (REBA).

Tabla 4.9 Resultados de la evaluación de la exposición a sílice cuarzo, ruido, vibración cuerpo entero y posturas forzadas.

| GES | Monitoreo ocupacional | | | |
|------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| | Sílice cristalina cuarzo (mg/m ³) | Ruido dB (A) | Vibración cuerpo entero (m/s ²) | Posturas forzadas (Índice REBA) |
| Operador de camión | 0.007 | 73.2 | 0.366 | 11 |
| Operador de cargador frontal | 0.012 | 73.8 | 0.926 | 12 |
| Operador de tractor oruga | 0.013 | 78.0 | 0.695 | 5 |
| Operador de motoniveladora | 0.006 | 66.9 | 0.540 | 5 |
| Operador de retroexcavadora | 0.020 | 76.0 | 0.282 | 5 |
| Operador de excavadora | 0.006 | - | - | 5 |
| Operador de perforadora | 0.008 | 70.0 | - | 7 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Matriz de Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO)

Con los datos de la duración de la exposición, la frecuencia, número de trabajadores expuestos del GES y los resultados de las evaluaciones de la exposición a los agentes se establecieron los puntajes de los índices de la probabilidad y se calcularon los valores de riesgo y niveles de riesgo inherentes por agente en cada GES según lo indica el Anexo N°01

4.2.5. Análisis de resultados del APR-HO previa intervención

De la Tabla 4.10 se puede identificar que el área con mayor cantidad de riesgos higiénicos identificados corresponde al sub área de Producción mina obteniendo un 50% de los riesgos del área (32).

Tabla 4.10 Niveles de riesgo inherente por Sub áreas

| Sub área | Alto | Bajo | Mínimo | Moderado | Total |
|------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| OPERACIONES MINA | 6 | 9 | 1 | 8 | 24 |
| PRODUCCIÓN MINA | | 19 | 8 | 5 | 32 |
| SERVICIOS MINA | | 3 | 5 | | 8 |
| Total | 6 | 31 | 14 | 13 | 64 |

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.11 se puede identificar que los GES con mayor cantidad de riesgos higiénicos nivel alto identificados corresponden a los de Operador de Camión y Cargador frontal obteniendo un 9% de los riesgos del área (6).

Tabla 4.11 Niveles de riesgo inherente por GES

| GES | Alto | Bajo | Mínimo | Moderado | Total |
|--------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Operadores de camión | 3 | 2 | | 3 | 8 |
| Operadores de cargador frontal | 3 | 3 | | 2 | 8 |
| Operadores de equipo auxiliar: tractor oruga | | 4 | 1 | 3 | 8 |
| Operadores de equipo auxiliar: excavadora | | 4 | 2 | 2 | 8 |
| Operadores de equipo auxiliar: motoniveladora | | 4 | 2 | 2 | 8 |
| Operadores de equipo auxiliar: perforadora | | 3 | 5 | | 8 |
| Operadores de equipo auxiliar: retroexcavadora | | 5 | 2 | 1 | 8 |
| Operadores de equipo auxiliar: tractor neumático | | 6 | 2 | | 8 |
| Total | 6 | 31 | 14 | 13 | 64 |

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.12 se puede identificar que los peligros a la salud con mayor cantidad de riesgos higiénicos inherentes nivel alto identificados corresponden a los de Ruido, Sílice cuarzo y Partículas respirables obteniendo un 9% de los riesgos del área (6).

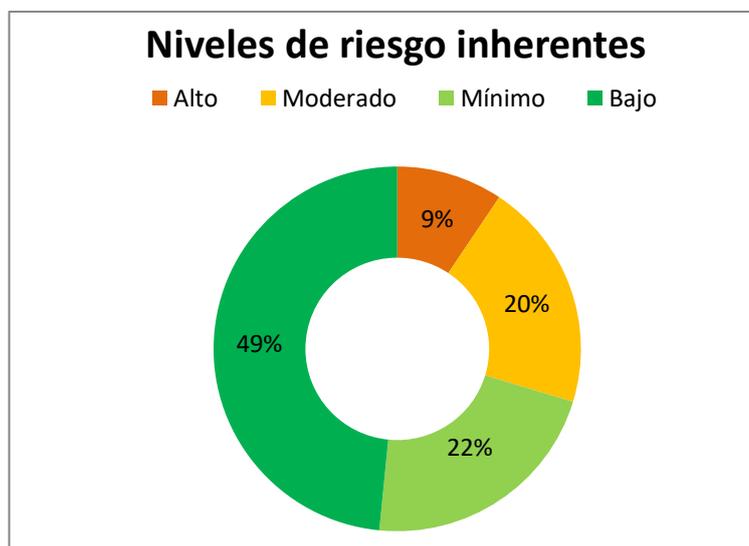
Tabla 4.12 Niveles de riesgo inherente por agente

| Peligros a la salud | Alto | Bajo | Mínimo | Moderado | Total |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Monóxido de Carbono | | 2 | 6 | | 8 |
| Radiación UV Solar | | 3 | 5 | | 8 |
| Ruido | 2 | 4 | 1 | 1 | 8 |
| Vibración de Cuerpo Entero | | 4 | 1 | 3 | 8 |
| Estrés térmico por frio | | 6 | 1 | 1 | 8 |
| Sílice cuarzo | 2 | 3 | | 3 | 8 |
| Partículas Respirables | 2 | 3 | | 3 | 8 |
| Posturas forzadas | | 6 | | 2 | 8 |
| Total | 6 | 31 | 14 | 13 | 64 |

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 4.1 se puede identificar que los riesgos higiénicos inherentes aceptables corresponden a un 91% de los riesgos del área

Figura 4.1 Porcentaje de Niveles de riesgo inherente en el área



Fuente: Elaboración propia

4.3. Desarrollo de Medidas de intervención en GES críticos

Se establecieron medidas de control de la exposición del ingenieril, administrativo y Epp's a los agentes químicos Sílice cuarzo y agentes físicos ruido y vibración pertenecientes a los GES's que obtuvieron

niveles de riesgo alto según los resultados del Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO) del área.

4.3.1.1. Controles de Ingeniería

Mantener los sistemas de aire acondicionado de los equipos en condiciones Óptimas para que la operación realice sus actividades normales y sus operadores interactúen en un ambiente adecuado a los mejores estándares del mercado.

- Mantenimiento preventivo de sistema de aire acondicionado de los equipos mineros
- Chequeo de parámetros de operación
- Limpieza de sistema y periféricos
- Suministro, cambio y montaje de vidrios
- Reparación de filtraciones
- Recarga del sistema con gas refrigerante
- Recarga de aceites lubricantes
- Limpieza de cabina
- Prueba de sellado de cabina (prueba de humo)

Figura 4.2 Trabajos de hermetizado de cabina de camión minero



Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2. Controles administrativos

- Se estableció una nueva versión del Check List de Inspecciones Pre Uso de equipos en cada turno donde los trabajadores colocaba las observaciones referentes en fallas en la hermetización de las cabinas de los equipos y estado de los asientos y sus suspensiones.
- Al finalizar el turno la Dispatch de cada guardia recopilaba las observaciones y si eran sistemáticas en los 03 turnos se solicitaba al área de Mantenimiento Truck Shop incluir la revisión de los equipos observados en el Programa de inspección semanal.
- Se estableció como parte del programa de Mantenimiento preventivo anual la Prueba de hermetización de las cabinas de los equipos de línea amarilla.
- Se realizaron capacitaciones sobre Higiene Postural en el uso de asientos de cabina en las 03 guardias.
- Se realizaron capacitaciones en el uso correcto de la Protección respiratoria y auditiva en las 03 guardias.
- Se actualizaron los Procedimientos de Conservación auditiva y protección respiratoria estableciendo la frecuencia de la Pruebas de ajuste cuantitativo cada año.

4.3.1.3. Equipo de protección personal

4.3.1.3.1. Protección respiratoria

Se realizaron 54 Pruebas de ajuste cuantitativo de los respiradores reutilizables de medio rostro con Factor de protección asignado (FPA) 10

establecidas por OSHA 29 CFR 1910.134. Se utilizó el contador de partículas a tiempo real PortaCount® 8038+ de la marca TSI y los modelos de 7501,7502 y 7503 de la marca 3M tal como lo muestra la Figura 4.3.

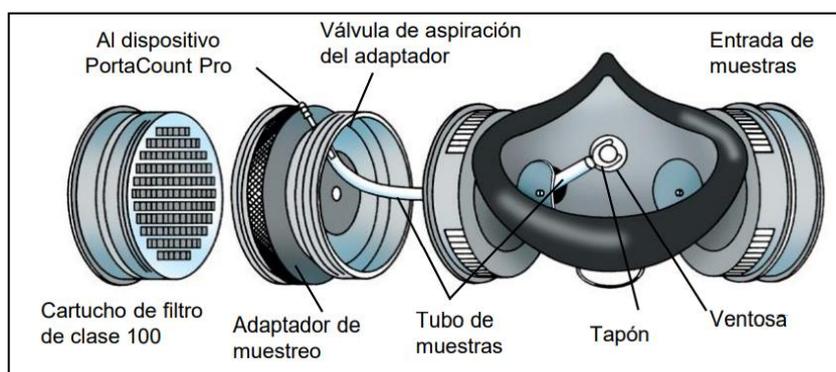
Figura 4.3 Respirador de medio rostro reutilizable 7502 -3M



Fuente: 3M

Para la ejecución de las pruebas se colocó un dispositivo de conexión (sonda) instalado que permite realizar un muestreo del aire del interior del respirador mediante un instrumento como el dispositivo de pruebas de ajuste PortaCount® tal como se muestra en la Figura 4.4.

Figura 4.4 Ubicación de sonda en el respirador de medio rostro reutilizable



Fuente: TSI

Cada prueba se realizó de acuerdo a lo establecido en la normativa OSHA consistiendo en pasar las siguientes ocho pruebas:

- Respiración normal.
- Respiración profunda.
- Movimiento de cabeza de lado a lado.
- Movimiento de cabeza de arriba abajo.
- Hablar o leer un texto fuertemente.
- Realizar muecas.
- Tocar o tratar de tocar los pies con las manos (o prueba alternativa).
- Respiración normal.

Figura 4.5 Prueba de ajuste cuantitativo de respiradores con Portacount



Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.13 se puede identificar que el 16.6% de los trabajadores evaluados tuvieron un resultado diferente (Tallas “S” y “L”) al tipo de talla estándar “M” de uso generalizado en el área.

Tabla 4.13 Resultados de tallas de respiradores de medio rostro

| GES | Talla S | Talla M | Talla L | Total |
|--------------------------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| Operadores de camión | 1 | 18 | 2 | 21 |
| Operadores de cargador frontal | | 9 | 3 | 12 |
| Operadores de equipo auxiliar: tractor oruga | | 5 | 1 | 6 |
| Operadores de equipo auxiliar: excavadora | | 3 | | 3 |
| Operadores de equipo auxiliar: motoniveladora | | 3 | | 3 |
| Operadores de equipo auxiliar: perforadora | | 2 | 1 | 3 |
| Operadores de equipo auxiliar: retroexcavadora | 1 | 2 | | 3 |
| Operadores de equipo auxiliar: tractor neumático | | 3 | | 3 |
| Total | 2 | 45 | 7 | 54 |

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.3.1. Protección auditiva

Si bien los trabajadores utilizaban protección auditiva no se tenía validado si era adecuado el uso de tapones para el nivel de ruido en el ambiente de trabajo y por cada trabajador. Para la validación del Epp por trabajador se utilizó el sistema E-A-Rfit™ que aplica una técnica contrastada conocida como micrófono insertado en oído real (F-MIRE, por sus siglas en inglés) para medir cómo funciona la protección auditiva en cada trabajador tal como lo muestra la Figura 4.6. La reducción del ruido proporcionada por la protección auditiva se mide de forma directa y objetiva, sin necesidad de que el empleado escuche o responda a las señales de prueba.

En la actualidad, con el sistema de validación 3M™ E-A-Rfit™ para los dos oídos, solo se tarda unos segundos en medir la reducción del ruido en siete frecuencias diferentes para ambos oídos al mismo tiempo. Una vez completada la medición, el software realiza los cálculos correspondientes y muestra una clasificación del rendimiento global para cada trabajador, que se conoce como atenuación personal del empleado. Con los resultados de las pruebas se estandarizó el modelo de orejera X2A, tal

como lo muestra la Figura 4.7 ,para los operadores de Camiones y Cargador Frontal.

Figura 4.6 Prueba de ajuste cuantitativo de orejeras con Earfit



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Orejera X2- 24dB-3M



Fuente: 3M Perú

4.4. Reevaluación de la exposición ocupacional

En la Tabla N° 5.15 muestra los resultados de las reevaluaciones a la exposición realizadas en los GES mediante metodologías según el agente a evaluar durante los turnos laborales de 12 h diarias.

Tabla 4.14 Resultados de la Reevaluación a la exposición a sílice cuarzo, ruido, vibración cuerpo entero y posturas forzadas.

| GES | Monitoreo ocupacional | | | |
|------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| | Sílice cristalina cuarzo (mg/m ³) | Ruido dB (A) | Vibración cuerpo entero (m/s ²) | Posturas forzadas (Índice REBA) |
| Operador de camión | 0.007 | 73.2 | 0.366 | 3 |
| Operador de cargador frontal | 0.012 | 73.8 | 0.926 | 3 |
| Operador de tractor oruga | 0.013 | 78.0 | 0.695 | 3 |
| Operador de motoniveladora | 0.006 | 66.9 | 0.540 | 3 |
| Operador de retroexcavadora | 0.020 | 76.0 | 0.282 | 3 |
| Operador de excavadora | 0.006 | - | - | 3 |
| Operador de perforadora | 0.008 | 70.0 | - | 3 |

Fuente: Elaboración propia

4.5. Matriz de Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional (APR-HO) post intervención

Con los datos de la duración de la exposición, la frecuencia, número de trabajadores expuestos del GES y los resultados de las reevaluaciones de la exposición a los agentes se establecieron los puntajes de los índices de la probabilidad y se calcularon los valores de riesgo y niveles de riesgo residual por agente en cada GES según lo indica el Anexo N°02.

4.6. Análisis de resultados del APR-HO post intervención

De la Tabla 4.15 se puede identificar que el área con mayor cantidad de riesgos higiénicos identificados corresponde al sub área de Producción mina obteniendo un 50% de los riesgos del área (32).

Tabla 4.15 Niveles de riesgo residual por Sub áreas

| Sub área | Bajo | Mínimo | Moderado | Total |
|------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| OPERACIONES MINA | 15 | 3 | 6 | 24 |
| PRODUCCIÓN MINA | 20 | 12 | | 32 |
| SERVICIOS MINA | 1 | 7 | | 8 |
| Total | 36 | 22 | 6 | 64 |

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.16 se puede identificar que los GES con mayor cantidad de riesgos higiénicos nivel moderado identificados corresponden a los de Operador de Camión y Cargador frontal obteniendo un 9% de los riesgos del área (6).

Tabla 4.16 Niveles de riesgo residual por GES

| GES | Bajo | Mínimo | Moderado | Total |
|--------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| OPERADORES DE CAMIÓN | 6 | | 2 | 8 |
| OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 4 | | 4 | 8 |
| OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOS ORUGA | 5 | 3 | | 8 |
| OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 5 | 3 | | 8 |
| OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 5 | 3 | | 8 |
| OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 1 | 7 | | 8 |
| OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 5 | 3 | | 8 |
| OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 5 | 3 | | 8 |
| Total | 36 | 22 | 6 | 64 |

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.17 se puede identificar que los peligros a la salud con mayor cantidad de riesgos higiénicos residuales nivel moderado identificados corresponden a los de Ruido, Sílice cuarzo, vibración cuerpo entero, posturas forzadas y Partículas respirables obteniendo un 9% de los riesgos del área (6).

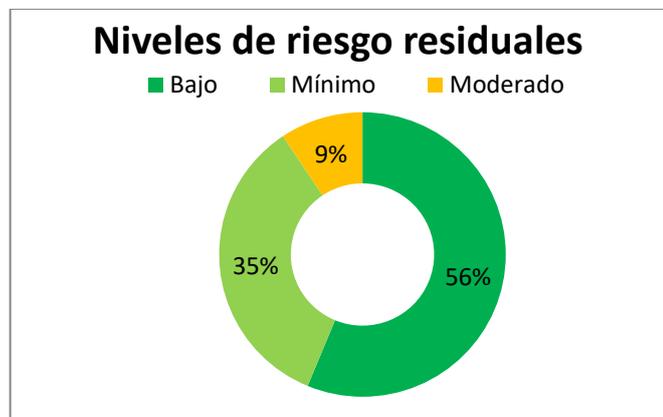
Tabla 4.17 Niveles de riesgo residual por agente

| Niveles de riesgo | Bajo | Mínimo | Moderado | Total |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Estrés termico por frio | 2 | 6 | | 8 |
| Monóxido de Carbono | 2 | 6 | | 8 |
| Partículas Respirables | 6 | 1 | 1 | 8 |
| Posturas forzadas | 6 | 1 | 1 | 8 |
| Radiación UV Solar | 2 | 6 | | 8 |
| Ruido | 6 | 1 | 1 | 8 |
| Sílice cuarzo | 6 | 1 | 1 | 8 |
| Vibración de Cuerpo Entero | 6 | | 2 | 8 |
| Total | 36 | 22 | 6 | 64 |

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 4.8 se puede identificar que los riesgos higiénicos residuales aceptables corresponden a un 100% de los riesgos del área

Figura 4.8 Niveles de riesgo residual en el área



Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.18 se puede identificar que los valores estadísticos Máximo disminuyeron 5 puntos en los valores de riesgo inherente respecto a los residuales.

Tabla 4.18 Estadísticos de valores de riesgo inherente y residual

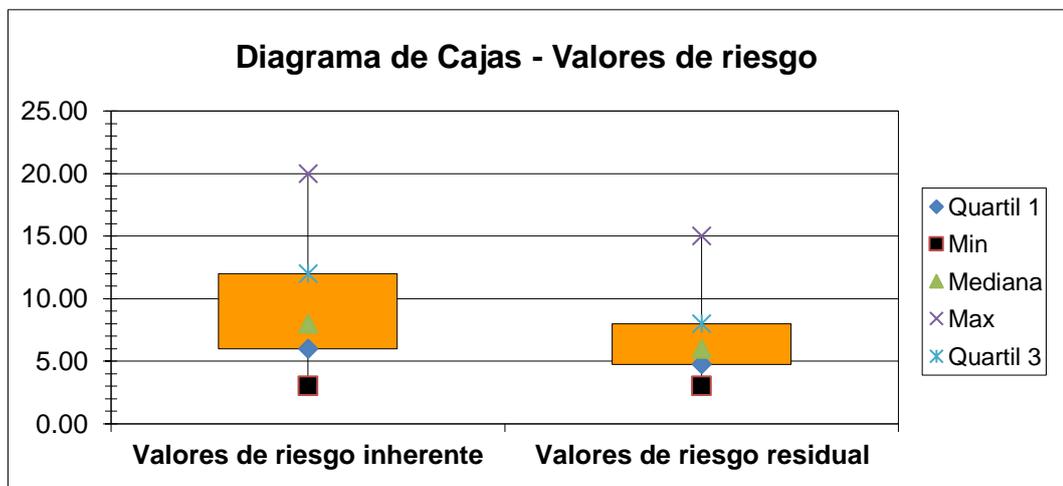
| Estadísticos | Valores de riesgo inherente | Valores de riesgo residual |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|
| Quartil 1 | 6.00 | 4.75 |

| Estadísticos | Valores de riesgo inherente | Valores de riesgo residual |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|
| Min | 3.00 | 3.00 |
| Mediana | 8.00 | 6.00 |
| Max | 20.00 | 15.00 |
| Quartil 3 | 12.00 | 8.00 |

Fuente: Elaboración propia

De la Figura 4.9 se puede identificar que el ancho de caja de los valores de riesgo residual se redujo un 45% respecto al ancho de caja de los valores de riesgo inherente (6).

Figura 4.9 Diagrama de cajas de Valores de riesgo inherente y residual



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI CÁLCULOS Y RESULTADOS

5.1. Evaluación de la eficacia de los controles utilizando el Análisis Grey Clustering

Para la recolección de datos se procedió a realizar la elaboración del Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional APR-HOE (Tabla 5.10). Ello, llevó a determinar que se tiene 01 objetos de Cluster: El área de operaciones mina ($n = 1$).

Los datos estándar se tomaron en base a los datos normativos de la tabla 5.8 Valoración del riesgo Lo que nos otorga un total de 5 clasificaciones grises ($s = 5$) tal como muestra la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Clasificación de grises

| S_1 | S_2 | S_3 | S_4 | S_5 |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|----------------|
| Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Crítico |
| [0, 5) | [5, 10) | [10, 15) | [15, 20) | [20, 25] |

Fuente: Elaboración propia

Con ello, se determinaron los puntos medios para determinar un valor para cada clasificación y la media de todos los datos tal como lo muestra la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Puntos medios

| λ_1 | λ_2 | λ_3 | λ_4 | λ_5 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2,5 | 7,5 | 12,5 | 17,5 | 22,5 |

Fuente: Elaboración propia

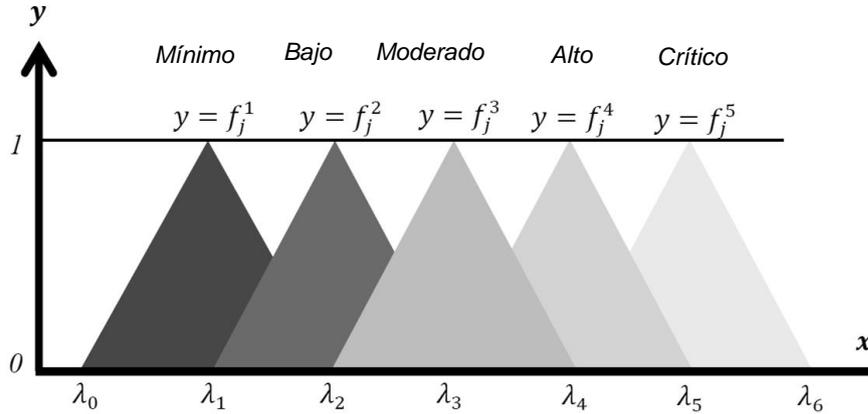
De las 05 clases grises se agregó las clases S_0 y S_6 con sus puntos medios λ_0 y λ_6 tal como muestra la Tabla 5.3 y la Figura 5.1.

Tabla 5.3 Puntos medios extendidos

| | λ_0 | λ_1 | λ_2 | λ_3 | λ_4 | λ_5 | λ_6 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| n | 0 | 2,5 | 7,5 | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 5.1 Funciones de whitenización del estudio



Fuente: Elaboración propia

Las funciones de whitenización se determinaron a partir de los datos anteriores, obteniéndose la Figura 5.2.

Figura 5.2 Ecuaciones de las funciones de whitenización

$$f_1^1(x) = \begin{cases} \frac{x}{2.5} & ; x \in [0; 2.5] \\ \frac{7.5 - x}{5} & ; x \in \langle 2.5; 7.5] \\ 0 & ; x \in \langle 7.5; +\infty \rangle \end{cases}$$

$$f_1^2(x) = \begin{cases} \frac{x - 2.5}{5}, & x \in [2.5; 7.5] \\ \frac{12.5 - x}{5}, & x \in \langle 7.5; 12.5] \\ 0, & x \in [0; 2.5) \cup \langle 12.5; +\infty \rangle \end{cases}$$

$$f_1^3(x) = \begin{cases} \frac{x - 7.5}{5}, & x \in [7.5; 12.5] \\ \frac{17.5 - x}{5}, & x \in \langle 12.5; 17.5] \\ 0, & x \in [0; 7.5) \cup \langle 17.5; +\infty \rangle \end{cases}$$

$$f_1^4(x) = \begin{cases} \frac{x - 12.5}{5}, & x \in [12.5; 17.5] \\ \frac{22.5 - x}{5}, & x \in (17.5; 22.5] \\ 0, & x \in [0; 12.5) \cup (22.5; +\infty) \end{cases}$$

$$f_1^5(x) = \begin{cases} \frac{x - 17.5}{5}, & x \in [17.5; 22.5] \\ \frac{25 - x}{2.5}, & x \in (22.5; 25] \\ 0, & x \in [0; 17.5) \cup (25; +\infty) \end{cases}$$

Fuente: Elaboración propia

Con ello, se procedió al cálculo de los coeficientes de Clusterización por cada GES previo a la intervención y post intervención de los controles en higiene ocupacional:

5.1.1. Coeficiente de Clusterización previa intervención en higiene ocupacional

Se procedió al cálculo de los valores de las funciones por los 08 GES previo a la intervención de los controles en higiene ocupacional tal como lo muestran las Tablas 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11:

Tabla 5.4 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES1

| | VALORES DE RIESGO GES1 | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 20 | 20 | 10 | 16 | 8 | 6 | 12 | 15 |
| $f_1^1(x)$ | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 0 | 0 |
| $f_1^2(x)$ | 0,00 | 0 | 0,5 | 0 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0 |
| $f_1^3(x)$ | 0,00 | 0 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0 | 0,9 | 0,5 |
| $f_1^4(x)$ | 0,50 | 0,5 | 0 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0,5 |
| $f_1^5(x)$ | 0,50 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

| | | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.9 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES6

| VALORES DE RIESGO GES6 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 4 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 9 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0,7 | 0,5 | 0 | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 0 |
| $f_1^2(x)$ | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | 0,7 |
| $f_1^3(x)$ | 0,1 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0,3 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.10 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES7

| VALORES DE RIESGO GES7 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 12 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 9 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 0 |
| $f_1^2(x)$ | 0,9 | 0,1 | 0,5 | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | 0,7 |
| $f_1^3(x)$ | 0,1 | 0,9 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0,3 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.11 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES8

| VALORES DE RIESGO GES8 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 9 | 9 |
| $f_1^1(x)$ | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0 | 0 |
| $f_1^2(x)$ | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | 0,7 |
| $f_1^3(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 0,3 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.12 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES TOTAL

| VALORES DE RIESGO GES TOTAL | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|-------|
| $f_1^k(x)$ | 14.13 | 14.63 | 9.125 | 8.125 | 7.5 | 6.75 | 7.75 | 5.125 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.15 | 0 | 0.475 |

| | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|---|------|------|-------|
| $f_1^2(x)$ | 0 | 0 | 0.675 | 0.875 | 1 | 0.85 | 0.95 | 0.525 |
| $f_1^3(x)$ | 0.675 | 0.575 | 0.325 | 0.125 | 0 | 0 | 0.05 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0.325 | 0.425 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que el peso de los niveles de riesgo son α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , y α_5 ; donde $\alpha_5=25$, $\alpha_1=5$, $\alpha_2=\alpha_1+\alpha_1=10$, $\alpha_3=\alpha_1+\alpha_2=15$, y $\alpha_4=\alpha_1+\alpha_3=20$; de acuerdo a los 05 clasificación de grises establecido en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13 Los pesos de los niveles de riesgo determinados en el estudio

| Nivel de riesgo | Rango | α_k |
|-----------------|-----------|---------------|
| Mínimo | [0, 20) | $\alpha_1=5$ |
| Bajo | [20, 40) | $\alpha_2=10$ |
| Medio | [40, 60) | $\alpha_3=15$ |
| Alto | [60, 80) | $\alpha_4=20$ |
| Crítico | [80, 100] | $\alpha_5=25$ |

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes de Clusterización se determinaron mediante la

ecuación $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n \{f_j^k(x_{ij}) * \alpha_j^k\}$ tal como lo muestra la Tabla 5.14.

Tabla 5.14 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_i^k del estudio previa intervención

| | GES1 | GES2 | GES3 | GES4 | GES5 | GES6 | GES7 | GES8 | TOTAL |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $f_j^k(x)$ | σ_i^k |
| $f_j^1(x)$ | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.94 | 0.94 | 1.13 | 1.29 | 2.44 | 0.39 |
| $f_j^2(x)$ | 2.00 | 2.63 | 4.75 | 5.00 | 2.00 | 7.00 | 5.57 | 5.00 | 6.09 |
| $f_j^3(x)$ | 6.00 | 3.56 | 6.38 | 4.69 | 5.44 | 1.13 | 2.79 | 0.19 | 3.28 |
| $f_j^4(x)$ | 5.50 | 6.25 | 0.00 | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.88 |
| $f_j^5(x)$ | 3.13 | 4.69 | 0.00 | 0.00 | 4.69 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ | 16.63 | 17.13 | 11.63 | 10.63 | 18.06 | 9.25 | 9.64 | 7.63 | 11.64 |

Fuente: Elaboración propia

- Para el caso del GES1 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 16.63$, donde $k=4$ Por lo tanto , GES1 está dentro del clase gris Alto.
- Para el caso del GES2 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 17.13$, donde $k=4$ Por lo tanto , GES2 está dentro del clase gris Alto.
- Para el caso del GES3 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 11.63$, donde $k=3$ Por lo tanto , GES3 está dentro del clase gris Moderado.
- Para el caso del GES4 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 10.63$, donde $k=3$ Por lo tanto , GES4 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES5 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 18.06$, donde $k=4$ Por lo tanto , GES5 está dentro del clase gris Alto.
- Para el caso del GES6 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 9.25$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES6 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES7 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 9.64$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES7 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES8 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 7.63$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES8 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del TOTAL el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 11.64$, donde $k=2$ Por lo tanto , TOTAL está dentro del clase gris Moderado.

2.2.1. Coeficiente de Clusterización post intervención en higiene ocupacional

Se procedió al cálculo de los valores de las funciones por los 08 GES post a la intervención de los controles en higiene ocupacional tal como lo muestran las Tablas 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23.

Tabla 5.15 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES1

| VALORES DE RIESGO GES1 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 8 | 10 | 8 | 8 | 6 | 12 | 12 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0 | 0 |
| $f_1^2(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.1 | 0.1 |
| $f_1^3(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.9 | 0.9 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.16 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES2

| VALORES DE RIESGO GES2 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 12 | 12 | 10 | 12 | 8 | 6 | 15 | 9 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0 | 0 |
| $f_1^2(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.9 | 0.7 | 0 | 0.7 |
| $f_1^3(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.1 | 0 | 0.5 | 0.3 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.17 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES3

| VALORES DE RIESGO GES3 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 8 | 5 | 8 | 4 | 3 | 9 | 6 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.7 | 0.9 | 0 | 0.3 |
| $f_1^2(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.7 |
| $f_1^3(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0.3 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.18 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES4

| VALORES DE RIESGO GES4 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 8 | 5 | 8 | 4 | 3 | 9 | 6 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.7 | 0.9 | 0 | 0.3 |
| $f_1^2(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.7 |
| $f_1^3(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0.3 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.19 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES5

| VALORES DE RIESGO GES5 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 8 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 6 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.7 | 0.9 | 0.3 | 0.3 |
| $f_1^2(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.7 |
| $f_1^3(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.20 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES6

| VALORES DE RIESGO GES6 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 8 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 6 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.7 | 0.9 | 0.3 | 0.3 |
| $f_1^2(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.7 |
| $f_1^3(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.21 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES7

| VALORES DE RIESGO GES7 | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 8 | 8 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 6 |
| $f_1^1(x)$ | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.7 | 0.9 | 0.3 | 0.3 |
| $f_1^2(x)$ | 0.9 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.7 |
| $f_1^3(x)$ | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.22 Valores de las funciones $f_1(x)$ del GES8

| | VALORES DE RIESGO GES8 | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $f_1^k(x)$ | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| $f_1^1(x)$ | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| $f_1^2(x)$ | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| $f_1^3(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^4(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $f_1^5(x)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.23 Valores de las funciones $f_1(x)$ del TOTAL

| | VALORES DE RIESGO TOTAL | | | | | | | |
|------------|-------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| $f_1^k(x)$ | 9.00 | 10.50 | 6.38 | 6.38 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 3.88 |
| $f_1^1(x)$ | 0.00 | 0.00 | 0.23 | 0.23 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.73 |
| $f_1^2(x)$ | 0.70 | 0.40 | 0.78 | 0.78 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.28 |
| $f_1^3(x)$ | 0.30 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $f_1^4(x)$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $f_1^5(x)$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que el peso de los niveles de riesgo son α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , y α_5 ; donde $\alpha_5=25$, $\alpha_1=5$, $\alpha_2=\alpha_1+\alpha_1=10$, $\alpha_3=\alpha_1+\alpha_2=15$, y $\alpha_4=\alpha_1+\alpha_3=20$; de acuerdo a los 05 clasificación de grises establecido en la Tabla 5.34.

Los coeficientes de Clusterización se determinaron mediante la ecuación $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n \{f_j^k(x_{ij}) * \alpha_j^k\}$ tal como lo muestra la Tabla 5.24.

Tabla 5.24 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_i^k del estudio post intervención

| | GES1 | GES2 | GES3 | GES4 | GES5 | GES6 | GES7 | GES8 | TOTAL |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $f_j^k(x)$ | σ_i^k |
| $f_j^1(x)$ | 0.19 | 0.19 | 1.50 | 1.50 | 1.69 | 1.69 | 1.93 | 3.63 | 1.30 |
| $f_j^2(x)$ | 6.25 | 3.88 | 6.25 | 6.25 | 3.25 | 6.25 | 5.86 | 2.75 | 6.28 |
| $f_j^3(x)$ | 5.06 | 7.69 | 1.13 | 1.13 | 9.56 | 0.56 | 0.43 | 0.00 | 1.69 |
| $f_j^4(x)$ | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $f_j^5(x)$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ | 11.50 | 13.00 | 8.88 | 8.88 | 14.50 | 8.50 | 8.21 | 6.38 | 9.27 |

Fuente: Elaboración propia

- Para el caso del GES1 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 11.5$, donde $k=3$ Por lo tanto , GES1 está dentro del clase gris Moderado.
- Para el caso del GES2 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 13.0$, donde $k=3$ Por lo tanto , GES2 está dentro del clase gris Moderado.
- Para el caso del GES3 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 8.88$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES3 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES4 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 8.88$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES4 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES5 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 14.5$, donde $k=3$ Por lo tanto , GES5 está dentro del clase gris Moderado.
- Para el caso del GES6 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 8.5$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES6 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES7 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 8.21$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES7 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del GES8 el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 6.38$, donde $k=2$ Por lo tanto , GES8 está dentro del clase gris Bajo.
- Para el caso del TOTAL el $\sum_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = 9.27$, donde $k=2$ Por lo tanto , TOTAL está dentro del clase gris Bajo.

5.2. Análisis de resultados

De los resultados obtenidos en la Tabla 5.25 se obtiene que los 03 GES que obtuvieron un nivel de riesgo alto inicial previa a la intervención redujeron el nivel del riesgo a moderado. 02 GES con nivel de riesgo moderado redujeron el nivel a un riesgo bajo. Siendo un total de 05 GES donde la aplicación de medidas de control impactaron en la reducción del riesgo.

Tabla 5.25 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_i^k del estudio post intervención

| GES | IRS Sep 2017 | Nivel de riesgo | IRS Feb 2018 | Nivel de riesgo | Variación porcentual |
|------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------|
| GES1 | 16.6 | Alto | 11.5 | Moderado | 31% |
| GES2 | 17.1 | Alto | 13.0 | Moderado | 24% |
| GES3 | 11.6 | Moderado | 8.9 | Bajo | 24% |
| GES4 | 10.6 | Moderado | 8.9 | Bajo | 16% |
| GES5 | 18.1 | Alto | 14.5 | Moderado | 20% |
| GES6 | 9.3 | Bajo | 8.5 | Bajo | 8% |
| GES7 | 9.6 | Bajo | 8.2 | Bajo | 15% |
| GES8 | 7.6 | Bajo | 6.4 | Bajo | 16% |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5.3 se puede apreciar que todos los GES evaluados tienen algún porcentaje de variación porcentual, siendo el GES1 (Operador de camión) el que mayor variación porcentual obtuvo (31%).

Figura 5.3 Variación porcentual de IRS por GES



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.26 se puede apreciar una variación global del 20% del valor del Coeficiente de Clustering post intervención con respecto al Coeficiente de Clustering determinado pre intervención de las medidas de control aplicables en cada GES.

Tabla 5.26 Valores de los Coeficientes de Clusterización σ_i^k del estudio post intervención

| GES | Coeficiente de Clustering Inicial | Nivel de riesgo | Coeficiente de Clustering final | Nivel de riesgo | Variación porcentual |
|------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|----------------------|
| ÁREA | 11.6 | Moderado | 9.3 | Bajo | 20% |

Fuente: Elaboración propia

5.3. Discusión de resultados

La evaluación de riesgos presentó la necesidad de realizar diversos estudios que serán los pilares para realizar cambios significativos a lo largo del desarrollo de la ejecución del proyecto minero y para lo cual fue muy importante tomar como una gran ayuda el modelo matemático de análisis Grey Clustering que dio inicio al desarrollo de la presente investigación partiendo de recopilar información de los perfiles de exposición de los GES presentes en el área. Para que se pueda lograr determinar perfiles de exposición con mayor fidelidad, ya que no se contaba con resultados previos de exposición a agentes ambientales, fue

necesario obtener la información de monitoreos ocupacionales realizados a los GES; la información obtenida de estos estudios fueron fundamento para proseguir con la investigación en sus diferentes etapas. El análisis de riesgos global de la empresa es factible si es que se ejecuta todo lo planteado en esta investigación; además en los antecedentes revisados se pudo comparar que esta evaluación puede aumentar el alcance inclusive más de lo propuesto si se profundiza este trabajo tanto para los peligros asociados a la seguridad. El método de Análisis Grey Clustering enfocado en la evaluación de riesgos es muy conveniente que sea aplicado para este caso; ya que es un método muy flexible y selectivo; determinar los GES que tienen Coeficientes de clustering elevados, es decir GES con niveles de riesgo a la salud alto, contribuyen a priorizar la implementación de medidas de control de corto y mediano plazo; además de que se realice una vigilancia médica específica para cada peligro.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El Coeficiente de Clustering de los riesgos higiénicos del área de Operaciones mina tuvo una reducción del 20% post intervención de las medidas de control establecidas.
- La implementación de medidas de control de ingeniería, administrativos y Equipos de protección personal específicos redujo el nivel de riesgo higiénico de los agentes ambientales sílice cristalina cuarzo, ruido y vibración cuerpo entero en los Grupos de Exposición similar Operador de Camión y Operador Cargador Frontal.

6.2. Recomendaciones

- Continuar el Análisis Preliminar de Riesgos en Higiene Ocupacional en las demás áreas de la Unidad Minera caracterizando previamente los Grupos de Exposición Similar (GES) y definiendo sus Perfiles de Exposición. Todo ello con el fin de obtener un coeficiente de cluster por GES de cada área de trabajo e identificar el Grupo de Exposición Similar crítico de la Unidad que requiere priorizar la implementación de medidas de control en el corto plazo.
- Definir como KPI del Programa de Control de la Exposición el coeficiente de Cluster con un rango del 20% a 100% del riesgo global higiénico.
- Establecer las metas anuales del Programa de Control de la Exposición ocupacional de la UM con el objetivo de reducir el porcentaje de nivel de riesgo global higiénico de cada área de trabajo.
- Realizar revisiones periódicas del estatus de los KPI's de las áreas y de la UM con las Superintendencias y Gerencias involucradas.
- Verificar periódicamente la efectividad de los controles implementados contra la exposición a los agentes ocupacionales de los GES con mayor coeficiente de Cluster mediante monitoreos cuantitativos de la exposición.

- Realizar el Análisis Grey Clustering agrupando los datos por Agente ambiental identificado en el Análisis Preliminar de Riesgos Higiénicos de la UM para evaluación periódica de la eficacia de los controles implementados en cada agente ambiental.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- AIHA. (2010). *La Estrategia para la Evaluación Ocupacional*. Virginia: American Industrial Hygiene Association.
- Analytics, B. (19 de 03 de 2018). *Análise Preliminar do Risco para Higiene Ocupacional*. Obtenido de <https://www.analyticsbrasil.com.br/blog/analise-preliminar-do-risco-para-higiene-ocupacional-apr-ho/>
- Liu, S., & Lin, Y. (2010). *Grey Systems: Theory and Applications*. Berlín: Springer.
- OPS. (2001). *La Higiene Ocupacional en América Latina : Una guía para su desarrollo*. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. (2019). Programa de Prevenção de riscos ambientais (PPRA), Higiene e Meio Ambiente. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada: Eusp- EAD/ PECE.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Matriz APR-HO inicial

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| MINA | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | >150%(TLV-TWA) | 5 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 500 | 5 | 20 | Alto |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 100%-150%(TLV-TWA) | 4 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 400 | 5 | 20 | Alto |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 10 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 200 | 4 | 16 | Alto |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Estrés térmico por frío | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 200 | 4 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 200 | 4 | 12 | Moderado |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | >150%(TLV-TWA) | 5 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 500 | 5 | 15 | Moderado |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 100%-150%(TLV-TWA) | 4 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 300 | 5 | 20 | Alto |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | >150%(TLV-TWA) | 5 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 375 | 5 | 20 | Alto |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|-------------------|----------------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 75 | 2 | 10 | Bajo |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 225 | 5 | 20 | Alto |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 75 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Estrés térmico por frío | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 100%-150%(TLV-TWA) | 4 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 300 | 5 | 15 | Moderado |
| | OPE RACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | >150%(TLV-TWA) | 5 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 375 | 5 | 15 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|------------------|------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|-----------------|-------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORAS | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORAS | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORAS | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORAS | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|-----------------|--------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 100%-150%(TLV-TWA) | 4 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 200 | 4 | 12 | Moderado |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|-----------------|--------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMÁTICO | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMÁTICO | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMÁTICO | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMÁTICO | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORAS | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORAS | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORAS | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORAS | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORAS | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|------|------------------|--------------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| | PROD UCCION MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PROD UCCION MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PROD UCCION MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 75 | 2 | 8 | Bajo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 75 | 2 | 8 | Bajo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 25 | 1 | 4 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |

| AREA | SUB-ÁREA | Grupo de Exposición Similar (GES) | N° de Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Trabajadores Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Inherente |
|----------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------|------------------------|
| SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 75 | 2 | 6 | Bajo | |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 02: Matriz APR-HO reevaluada

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| MINA | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 10 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 200 | 4 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CAMIÓN | 21 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 21-40 | 4 | 200 | 4 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Particulas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 150 | 3 | 12 | Moderado |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 75 | 2 | 10 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 150 | 3 | 12 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 75 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 75 | 2 | 6 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 225 | 5 | 15 | Moderado |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE CARGADOR FRONTAL | 12 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 11-20 | 3 | 150 | 3 | 9 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|------------------|----------------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|------------------|------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | OPERACIONES MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR ORUGA | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|-----------------|------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 50%-100%(TLV-TWA) | 3 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 150 | 3 | 9 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: MOTONIVELADORAS | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|-----------------|------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: RETROEXCAVADORA | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|-----------------|--------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|-----------------|--------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: TRACTOR NEUMATICO | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 5 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 8 | Bajo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|------|-----------------|--------------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | PRODUCCIÓN MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: EXCAVADORA | 6 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Partículas Respirables | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Sílice cuarzo | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |

| AREA | SUB-ÁREAS | Grupo de Exposición Similar (GES) | Nro. De Trabajadores | Peligro a la Salud | Efectos a la salud | Efectos a la salud Puntaje | Exposición | Exposición Puntaje | Frecuencia de Exposición | Frecuencia Puntaje | Duración de Exposición | Duración Puntaje | # Empleados Expuestos | # Empleados Puntaje | Probabilidad Puntaje | Probabilidad | Valor del riesgo | Nivel Riesgo Residual |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| SERVICIOS MINA | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Monóxido de Carbono | Inmediato-Irreversible (5) | 5 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 25 | 1 | 5 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Ruido | Mayor-Crónico (4) | 4 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 4 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Radiación UV Solar | Mayor-Crónico (4) | 4 | <10%(TLV-TWA) | 1 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 25 | 1 | 4 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Estrés termico por frio | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Vibración de Cuerpo Entero | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | 6-10 | 2 | 100 | 2 | 6 | Bajo |
| | SERVICIOS MINA | OPERADORES DE EQUIPO AUXILIAR: PERFORADORA | 3 | Posturas forzadas | Moderado-Reversible (3) | 3 | 10%-50%(TLV-TWA) | 2 | Diario | 5 | Continuo | 5 | <5 | 1 | 50 | 1 | 3 | Mínimo |

Fuente: Elaboración propia