



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Implementación de controles para reducir exposición de partículas respirables del trabajador en la chancadora de una minera,  
Huancavelica, 2020

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Llashag Javier, Hugolino Santos (ORCID: 0000-0001-8261-306X)

Ruiz Seijas, Dante (ORCID: 0000-0001-8574-7995)

**ASESOR:**

Mg. Lino Rolando Rodríguez Alegre (ORCID: 0000-0002-9993-8087)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistema de la Gestión de la Seguridad y Calidad

**LIMA - PERÚ**

**2020**

### **Dedicatoria**

Dedico esta investigación principalmente a mi familia, por guiarme en mí día a día y protegerme siempre, mi madre por el apoyo incondicional en esta etapa tan importante para mi vida.

Llashag Javier, Hugolino Santos

Dedico este trabajo en especial a mi familia y a Dios, por cuidarme y protegerme, a mi padre que día a día me apoyan en esta faceta tan importante para mi vida.

Ruiz Seijas, Dante

## **Agradecimiento**

Agradezco, a Dios por darme la vida y bendecirme cada día de mi vida y cada decisión en mi carrera.

Agradezco, a mí padre y mis hermanos por enseñarme, apoyarme en mis estudios, motivándome a seguir a delante en cada uno de mis logros.

Agradezco, a mis profesores por sus enseñanzas, y ejemplos de salir adelante, motivándome constantemente, en especial al profesor que me guío en mi investigación MSc. Ing. Héctor Antonio Gil Sandoval.

Agradezco, a mis hijos por ser el motor y motivo en cada decisión.

Llashag Javier, Hugolino Santos

Agradezco, a Dios por concederme la vida y bendecirme en cada decisión que tomo en mi vida para ser mejor persona para la sociedad.

Agradezco, a mi padre, por guiarme a través de sus ejemplos y ser la motivación de mi vida diaria.

Agradezco, a los que me guiaron con sus enseñanzas y consejos, gracias, profesores por motivarme seguir a delante. Ruiz Seijas, Dante.

## Índice de Contenido

Caratula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenido .....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2. Variables, Operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos .....	26
3.6. Métodos de análisis de datos.....	58
3.7. Aspectos éticos .....	59
IV. RESULTADOS.....	60
V. DISCUSIÓN .....	66
VI. CONCLUSIONES .....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS .....	79

## Índice de Tablas

Tabla 1. Determinación del Factor de Protección (FP).....	21
Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable .....	23
Tabla 3. Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhalable .....	23
Tabla 4. Resultados del Pretest .....	34
Tabla 5. Formato Chek list de caseta de refugio .....	40
Tabla 6. Formato Chek list de riego de agua en frentes de carguío.....	41
Tabla 7. Formato de programación de rotación de puestos de trabajo .....	42
Tabla 8. Registro de asistencia a las capacitaciones .....	44
Tabla 9. Registro de entrega de EPP .....	46
Tabla 10. Check List de inspección diaria de EPP Respirables .....	47
Tabla 11. Registro de capacitación .....	48
Tabla 12. Resultados Post Implementación de los Controles de Ingeniería y Controles administrativos .....	50
Tabla 13. Resultados después de Implementar los Controles Aplicando los Equipos de Protección Respiratoria .....	51
Tabla 14. Presupuesto de la propuesta de mejora .....	52
Tabla 15. Cálculo de costos de infracciones .....	55
Tabla 16. Ahorro por tener menos ausentismo por enfermedad ocupacional .....	56
Tabla 17. Ahorro en denuncias e indemnizaciones por enfermedad ocupacional .....	56
Tabla 18. Flujo de ingresos y egresos de la implementación de la mejora .....	57
Tabla 19. Resumen de procesamiento de casos .....	60
Tabla 20. Estadísticos descriptivos .....	61
Tabla 21. Pruebas de normalidad .....	62
Tabla 22. Prueba de T Student - Controles de Ingeniería y Controles administrativos vs. Pretest .....	63

Tabla 23. Prueba de T Student - Controles con EPP, Controles de Ingeniería y Controles administrativos vs Pretest .....	65
Tabla 24. Matriz de correlación .....	102
Tabla 25. Puntaje de priorización .....	103
Tabla 26. Estratificación de las causas por Áreas.....	105
Tabla 27. Alternativas de solución.....	107
Tabla 28. Matriz de priorización de las causas a resolver .....	107

## Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama de la Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. .....	29
Figura 2. Esquema de la Planta Concentradora - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.....	31
Figura 3. Gráfica de Producción - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. ....	32
<i>Figura 4. Grafica de Producción de Mineral y Ley de Cabeza - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. ....</i>	<i>32</i>
Figura 5. – Gráfica de Reservas y Recursos - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.....	33
Figura 6. Gráfica de Costo aplicable a las ventas - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.....	33
Figura 7. Diagrama de Gantt.....	38
Figura 8. Mejoramiento de la caseta de refugio de la chancadora Metso-1 .....	39
Figura 9. Implementación de riego de agua en los frentes de carguío.....	41
Figura 10. Respirador 7502 + Filtro 7093.....	45
Figura 11. Diagrama de bloques de la configuración de la bomba / carga / caudalímetro.....	94
Figura 12. Diagrama de bloques con ciclón como carga de prueba.....	94
Figura 13. Toma de muestras - Fase 1 .....	95
Figura 14. Toma de muestras – Fase 2 .....	96
Figura 15. Toma de muestras – Fase 3 .....	97
Figura 16. Diagrama de Ishikawa.....	100
Figura 17. Puntajes de priorización .....	103
Figura 18. Diagrama de Pareto .....	104
Figura 19. Estratificación por áreas.....	106

## Resumen

Este estudio implementó controles con el objetivo de reducir los niveles de exposición de los trabajadores a PR en la chancadora de una minera en Huancavelica en el año 2020. Bajo un enfoque cuantitativo y diseño preexperimental se analizó la exposición a partículas respirables antes y después de la implementación de controles, pretest y post test respectivamente. Los controles de riesgo constaron de Controles de Ingeniería, Control Administrativo y Controles con Equipos de Protección Respiratoria. La Exposición a partículas respirables se evaluó según el DS N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería. La población de estudio estuvo compuesta por 13 datos resultados del monitoreo de partículas respirables que se realizaron a los 12 trabajadores y al área de caseta de refugio (PR-01 a PR-13). Los resultados reflejan que la aplicación de controles de ingeniería y los controles administrativos lograron alcanzar las concentraciones aceptables según rige según NSH 0600 Partícula respirable no regulada de otra manera (2003), pero superaron los límites de exposición, por lo que fue necesario la aplicación de controles con equipos de protección respiratoria. Se concluye que efectivamente la aplicación consecuente de los controles redujo los niveles de exposición en lo trabajadores a partículas respirables.

**Palabras clave:** Exposición, Minería, Salud, Seguridad en el trabajo

## **Abstract**

This study implemented controls with the aim of reducing the levels of exposure of workers to PR in the crusher of a mine in Huancavelica in the year 2020. Under a quantitative approach and pre-experimental design, exposure to respirable particles was analyzed before and after the implementation of controls, pretest and posttest, respectively. The risk controls consisted of Engineering Controls, Administrative Control and Controls with Respiratory Protection Equipment. Exposure to respirable particles was evaluated according to DS N° 024-2016-EM Occupational Safety and Health Regulations in mining. The study population was composed of 13 data results from the monitoring of respirable particles that were performed on the 12 workers and the shelter house area (PR-01 to PR-13). The results show that the application of engineering controls and administrative controls managed to reach acceptable concentrations as per NSH 0600 Otherwise unregulated breathing particle (2003), but exceeded the exposure limits, therefore it was necessary to apply controls with respiratory protection equipment. It is concluded that the consistent application of controls effectively reduced levels of exposure of workers to breathable particles.

**Keywords:** Exposure, Health, Mining, Safety at work

## I. INTRODUCCIÓN

Las partículas respirables (PR) son uno de los contaminantes primarios producidos en las operaciones de minería de superficie (Entwistle et al. 2019). Los estudios relacionados con la salud indican una fuerte asociación entre las PR en el aire con impactos adversos como vías respiratorias restringidas, capacidad pulmonar reducida, función pulmonar reducida, aumento de la enfermedad cardiovascular, neumoconiosis, cáncer y efectos neurotóxicos (Domingo y Rovira 2020). Como el caso particular del estudio experimental de los efectos a la salud ocupacional de los trabajadores de una unidad de chancado de mineral por la exposición a polvo respirable con contenido de sílice efectuado por Batallanos Guevara (2018) en Arequipa, obteniéndose como resultado que existe una correlación lineal directa positiva entre la concentración de polvareda respirable de sílice y la sintomatología por la exposición, eso quiere decir que, si la concentración de polvo respirable de sílice se incrementa, también se incrementa la sintomatología por la exhibición a este causante químico.

Según la Estadística de Enfermedades Ocupacionales en Minería respecto al año 2020 se registraron un total de 113 casos de enfermedades ocupacionales en el sector minería, específicamente quienes cumplían la ocupación de chancador representaron el 5.3 % con un total de 6 casos registrados. (Ministerio de Energía y Minas 2020a)

Una revisión de los estudios existentes para estimar la emisión de PR en la minería de superficie indica relaciones empíricas entre una amplia gama de parámetros que incluyen el contenido de limo y el contenido de humedad de PR, la velocidad del vehículo, la altura de caída, el peso del vehículo, el tamaño del cargador, el área de la superficie expuesta, frecuencia de carga y descarga, número de días secos (Entwistle et al. 2019).

Es por todo ello que se necesitan estrategias de mitigación para especificar el nivel de exposición de PR a la salud humana dentro de las minas donde se realizan operaciones de chancado y a partir de ello, establecer controles de ingeniería, administrativos, empleo adecuado de equipos de protección respiratoria que coadyuven a reducir la exposición a PR por parte del trabajador.

La Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. realiza sus operaciones de extracción de minerales polimetálicos en Huancavelica. En el área de chancado es posible apreciar cantidades significativas de PR producto de la propia operación física de chancado del mineral, los trabajadores realizan sus tareas expuestos a concentraciones altas de PR, siendo que éstas se hallan por encima de los límites máximos permisibles de  $3 \text{ mg/m}^3$  establecidos en el Reglamento de seguridad y salud en el trabajo D.S. N° 024-2016 modificado por D.S. N° 023-2017 (Ministerio de Energía y Minas 2020b) por jornada laboral. Las causas a las exposiciones altas de partículas respirables por el trabajador se detallan en el Anexo 6 (diagrama de Ishikawa, Pareto, Matriz de Correlación, Frecuencia,).

Para Hernández y Mendoza (2018, p.34), el planteamiento del problema, es el corazón del estudio de la investigación, define lo que queremos investigar, así como la ruta y los métodos a utilizar. En esa medida, la formulación de **problema general** quedó expresada de la forma siguiente:

¿Cómo la implementación de controles reduciría los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020?

Los **problemas específicos** son los siguientes:

¿Cómo la implementación de controles reduce la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020?

¿Cómo la implementación de controles reduce el nivel de riesgo de exposición a partículas respirables de los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020?

Respecto a la justificación práctica de la investigación, Hernández y Mendoza (2018, p.77), señalan que conduce la viabilidad de la investigación y evaluación de las deficiencias en el conocimiento del problema. Siendo que el objetivo de esta investigación es aplicar controles que permitan reducir la exposición de partículas respirables al trabajador en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020. Al poner en práctica dichos controles, se obtendrían consecuencias favorables para el investigador y la empresa. Asimismo, esta experiencia se podría trasladar a las demás áreas de trabajo de la mina.

La justificación metodológica va más orientada hacia la empresa, hacia la sociedad, hacia una universidad (Fernández 2020). Siendo así, esta investigación va a constituir una herramienta metodológica en cuanto se pretenda realizar mejoras en otras áreas de la empresa, o de la misma forma pueda ser utilizada ante problemáticas similares. Para hallar la concentración promedio de partículas respirables se aplicó como metodología la descrita en la NIOSH 0600: fracción respirable. Asimismo, se utilizará el método científico aplicado y la estrategia que se aplicará de forma preexperimental con una duración de 12 semanas.

Por cómo se considera que toda investigación debe tener cierta relevancia social logrando ser trascendente para la sociedad y denotar alcance o proyección social (Fernández 2020, p.7). La Justificación social del estudio buscará reducir el nivel de riesgo de enfermedades respiratorias del trabajador mediante la reducción de las concentraciones de partículas respirables, por debajo de los LMP de  $3 \text{ mg/m}^3$ .

A su vez, en *Occupational Health: The Global Evidence and Value* (2018) se refieren indicios de un vínculo entre el desempeño económico y la salud ocupacional, además de que sus informes muestran una correlación negativa entre el Índice de Competitividad Global y las cifras de accidentes laborales anuales de los estados europeos. La Justificación económica de este proyecto se ampara en que los trabajadores estarán sujetos a menores niveles de exposición a PR reduciendo el riesgo a sufrir enfermedades ocupacionales, con repercusión en las horas y el respectivo pago de planillas, medicina ocupacional y seguros médicos.

En otras palabras la competitividad de una economía parece ir de la mano con la seguridad. En el Perú en el año en el 2017, se registraron 15 807 accidentes de trabajo laboral: accidentes leves, incapacitantes y mortales, que representan un total de 478 370 de jornadas perdidas en el año, siendo que el promedio por jornada referencial es de S/35.77, esto representaría una pérdida total de S/17 111 295.00 por bajas de personal debido a accidentes de trabajo. (Herrera, y otros, 2018)

Para Azuero ( 2019, p.117) la complejidad y alcance del enfoque en el abordaje de la investigación están delimitados por la estrategia bajo la que se desarrolla. Siendo así, la Justificación estratégica de esta investigación está alineada al propósito estratégico de la empresa y al objetivo estratégico de generar una rentabilidad del 30% en el mercado en los próximos 10 años. La rentabilidad se consigue

incrementando las ventas o reduciendo costos (Herrera, y otros, 2018), este estudio está orientado a reducir costos ocasionados por la salud ocupacional del trabajador minero en la chancadora, expuesto a concentraciones superiores al límite permisible (TWA mg/m<sup>3</sup>) para partículas (insolubles) no clasificadas de otra forma (fracción respirable).

El objetivo general de la investigación constituye las estrategias para esbozar el problema y explicar los componentes básicos del planteamiento siguiendo el propósito o finalidad del estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza 2018, p.81). En base a ello el **objetivo general** de esta investigación se expresa en:

Implementar controles para reducir los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

Implementar controles para reducir la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

Implementar controles para reducir el nivel de riesgo de exposición a partículas respirables de los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

La hipótesis es la suposición o conjetura verosímil de que las relaciones entre variables estarán sujetas a comprobación por medio de los resultados obtenidos de las muestras recolectadas en el proyecto de investigación (Gallardo 2017, p. 48). Es en ese sentido que la **hipótesis general** en esta investigación queda expresada de la manera siguiente:

La implementación de controles reduce los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

Las **hipótesis específicas** son las siguientes:

La implementación controles reduce la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

La implementación de controles reduce el nivel de riesgo de exposición a partículas respirables de los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

A medida de resumen y con el fin de facilitar su lectura, tanto el problema general como los específicos, y de la misma forma, los objetivos e hipótesis, se encuentran plasmados en la Matriz de consistencia en el Anexo 3.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el informe de investigación fue necesario revisar antecedentes de investigación nacionales e internacionales, que guarden relación con el problema general y sus variables, a fin de establecer la ruta de la investigación por como sugieren Matos Zulema y Matos Ceila (2010). Se recogieron las siguientes investigaciones nacionales e internacionales:

**Yabar, Carlos** (2020) en su tesis para optar al Grado Académico de Magíster se propuso como objetivo minimizar el nivel de exposición a polución en el área de chancado mediante la aplicación de un sistema de mitigación de polvo de hierro. Fue un estudio de un diseño preexperimental, demostró la relación causal entre las variables de estudio (sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro y polución ambiental); la población de estudio constó de 15 colaboradores que trabajan en la planta de chancado, la muestra fue el mismo número de trabajadores. A partir del método cuantitativo y empleando la estadística descriptiva e inferencial en cuanto al método para procesamiento de datos (muestras) se refiere. Producto de la investigación se observó un grado aceptable de significancia 5% en la media del nivel de influencia del método de aplacamiento de polvo de mineral de hierro, a una confianza del 95%; siendo así, se demostró eficiencia en la mitigación de polvo de hierro mineral en la aplicación del sistema para la reducción de la exposición de partículas de polvo respirable ( $2.2 \text{ mg/m}^3$ ) y de polvo inhalable ( $13 \text{ mg/m}^3$ ), además del LMP de calidad ambiental ( $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).

**Manrique, Vanessa** (2016) en su artículo cuyo objetivo fue evaluar el riesgo de exposición ante polvo de carbón bituminoso. Bajo el diseño de estudio observacional, descriptivo de corte transversal, realizó un análisis que arrojó que un 43% los trabajadores de una mina resultaron en categorías de riesgos medio, mientras que el 28,5% corresponde a las categorías de riesgo alto, además la categoría por exposición a sílice fue alta, representado un 86% de las mediciones efectuadas. En vista de esos resultados, el autor recomendó la implantación de medidas de control ingenieriles y administrativas como: el correcto empleo de los Elementos de Protección Respiratoria, humidificar las zonas estudiadas para apaciguar el polvo dentro de la mina, optimizar la ventilación de esta. Concluye que

este tipo de estudios son precisos para continuar desarrollando condiciones favorables para los trabajadores de mina en Boyacá.

**Pretorius y Strauss** (2018) para su investigación científica cuyo objetivo fue comparar los resultados del muestreo gravimétrico personal del polvo de sílice e implementar métodos de supresión de polvo en los empleados. Se basó en un muestreo aleatorio estratificado de cinco grupos de exposición homogéneos ( $n = 30$ ) en dos entornos en un diseño descriptivo de investigación correlacional. Un enfoque de prevención primaria implicó controlar el polvo en la fuente para reducir la exposición de los empleados mediante la inducción de medidas de control de polvo y tecnologías apropiadas, es decir, el recinto del proceso y las técnicas húmedas. Incluyó el cerramiento / instalación de sistemas de aire acondicionado en equipos móviles y el cierre de ventanas de cabina en equipos accionados. Los resultados mostraron una correlación positiva entre la supresión de polvo y una reducción en la exposición personal de los empleados. El nivel cultural de los empleados sobre los efectos de la exposición al polvo en la salud, las prácticas laborales, el mantenimiento de equipos y EPP, la vigilancia médica, las radiografías de tórax y la conciencia y el monitoreo de la TB fueron esenciales para la eliminación de la silicosis.

**Khan y Gillies** (2018) tuvieron como objetivo de su investigación aplicar controles de riesgo para la reducción a la exposición de trabajadores de mina de carbón a los aerosoles submicrométricos que son emitidos por motores diésel como producto de combustión incompleta (DPM). Emplearon el método NIOSH 5040, que es el estándar para medir la exposición a DPM basada en el promedio de turnos, aplicando además monitoreo en tiempo real. Las medidas de control emitidas fueron las siguientes: Reducción de DPM antes de la generación, Reducción de DPM en el punto de generación (fuente), Controles de ingeniería, Controles administrativos, Uso de EPP. Las técnicas de supervisión de DPM basadas en el promedio de turnos no contribuyeron a obtener una comprensión completa de los niveles de DPM en períodos cortos de tiempo, por otro lado, los monitores en tiempo real pudieron cuantificar casi instantáneamente los niveles de DPM, produciendo los datos necesarios para las evaluaciones de ingeniería y proporcionando información detallada sobre los niveles de DPM a corto y largo plazo. Las diferentes

tecnologías y estrategias de control de DPM demostraron ser efectivas para reducir la exposición de los mineros a las partículas respirables emitidas por los motores diésel. Los autores concluyen en que el enfoque más efectivo para controlar el DPM en las minas es la adopción de múltiples medidas, ya que no existe una única medida que resuelva completamente el problema.

**Massago; Chadyiwa, Martha; Nkosi, Vusumuzi** (2020) en su artículo científico para la edición especial del *Journal Occupational Respiratory Health*, tuvieron como objetivo evaluar el riesgo de exposición al polvo en dos plantas de trituración de rocas residuales de mina Pt (Instalaciones A y B) en Limpopo, Sudáfrica, mediante un estudio transversal. En el muestreo de polvo estático para la recolección de partículas de polvo inhalables y respirables utilizaron métodos para la determinación de sustancias peligrosas 14/4 establecido por el I.N.S.S.O. (NIOH) 7602. Solo el 79% de los mineros de Pt, utilizaron su equipo de protección respiratoria (EPR), el 75% estuvo expuesto a turnos de trabajo que excedieron las ocho horas recomendadas y el 8.8% había estado empleado por más de diez años. Las concentraciones medias de polvo promedio ponderado en el tiempo entre las Instalaciones A y B mostraron una diferencia significativa ( $p < 0,026$ ). Las concentraciones inhalables de la mina Pt (rango 0.03–2.2 mg / m<sup>3</sup>) fueron más altas que las concentraciones respirables (rango 0.02–0.7 mg / m<sup>3</sup>), sin embargo, todas estuvieron controlados por debajo de los límites de permisibles de exposición ocupacional internacionales y locales respectivos. Los niveles de cuarzo de sílice cristalina respirable de la mina Pt se encontraron por debajo del límite detectable ( $< 0.01$  mg / m<sup>3</sup>). Bajo el análisis de dichos resultados y en base a sus conclusiones, los investigadores recomendaron que para estos casos sería factible implementar un programa mejorado de control de polvo que incluya, entre otros, recintos de almacenamiento, paradas de llantas con rociadores de agua y educación sobre la importancia del uso de EPR.

**Pandey et al.** (2017) en su artículo científico para el *Arabian Journal of Geosciences*, cuyo objetivo fue evaluar la exposición al polvo de 69 trabajadores de más de siete minas de carbón de Jharia Coalfields. Las muestras de polvo se analizaron para determinar la concentración de polvo, el límite máximo de exposición (LME), sílice libre y otros minerales presentes, el tamaño y la forma de

las partículas. El estudio mostró que los colaboradores se encuentran en el área de trabajo de corte de carbón/roca, están expuestos a una mayor concentración de polvo (50% de las muestras que exceden la LME) y contienen más partículas finas ( $d_{50} < 5 \mu\text{m}$ ). Esta evaluación de la concentración media, además del monitoreo frecuente les permitió desarrollar medidas de control como: uso adecuado de equipos de protección personal (EPP), tecnología apropiada para la supresión de polvo, extracción de polvo, ventilación adecuada, etc., tecnológica en herramientas de corte para reducir la generación de polvo, al mismo tiempo la consolidación efectiva del polvo en las carreteras de acarreo de minas mediante la aplicación de emulsiones ionizadas para unir pequeñas partículas de polvo cargadas a una gran partícula suspendida en el aire y hacer que se depositen en la superficie.

**Sahu, Patra y Kolluru** (2018) en su artículo científico para el libro *Atmospheric Pollution Research*, tuvieron por objetivo investigar la variabilidad espacio-temporal de las concentraciones de partículas alrededor de una mina de carbón superficial en la parte oriental de la India. La concentración de partículas y los parámetros meteorológicos concurrentes se midieron 24 ubicaciones a lo largo de cuatro secciones desde el límite de la mina hasta 500 m utilizando un espectrómetro de aerosol y una estación meteorológica portátil. La concentración promedio de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_1$  varió en el rango  $212.67 \pm 168.76$ – $524.46 \pm 137.57 \mu\text{g m}^{-3}$  y  $89.53 \pm 77.62$ – $297.41 \pm 107.10 \mu\text{g m}^{-3}$  y  $66.22 \pm 58.05$ – $246.66 \pm 84.26 \mu\text{g m}^{-3}$  respectivamente. Esto es equivalente a 2.74, 1.34 y 2.77 veces la concentración de fondo de  $\text{PM}_{2.5-10}$ ,  $\text{PM}_{1-2.5}$  y  $\text{PM}_1$  respectivamente. Las partículas respirables hasta 500 m de la mina comprenden 27–73%, 8–12% y 18–61% de  $\text{PM}_{2.5-10}$ ,  $\text{PM}_{1-2.5}$  y  $\text{PM}_1$ . La distancia y los parámetros meteorológicos explicaron hasta el 55% de la variabilidad de la concentración de partículas. A pesar de la publicación del estudio, la norma india para permitir un ambiente  $\text{PM}_{10}$  concentración de  $250 \mu\text{g m}^{-3}$  a una distancia de 500 m no se cumple. Los autores concluyen en que la literatura extremadamente limitada sugiere que se requieren más estudios para una mejor comprensión y evaluación de la contribución de la minería al nivel local de PM.

**Xiu et al.** (2020) para su artículo científico para el *Journal of Cleaner Production*, cuyo objetivo fue evaluar un modelo físico altamente simulado de la gavilla y múltiples fuentes de polvo para obtener la tasa de flujo de aire de eliminación de

polvo óptima en la mina. Además, al combinar el método de simulación numérica, se analizó la influencia del caudal en las reglas de difusión de polvo de las fuentes de polvo. Resultados de la investigación evidenciaron la concentración de masa del polvo en la cara de trabajo totalmente mecanizada se redujo gradualmente con el aumento del caudal de aire en un cierto rango de 700–1600 m<sup>3</sup>/ min. Sin embargo, la alta tasa de flujo de aire puede provocar la reinserción del polvo, contaminando nuevamente el entorno de trabajo. Se confirmó que la tasa de flujo de aire de eliminación de polvo óptima del aire de entrada estaba dentro de un rango de 1500–1600 m<sup>3</sup> / min, lo que generó la masa promedio más baja del polvo en el área de trabajo adecuada para operaciones normales. El método empleado y los resultados de la investigación son de gran importancia para la formulación y el desarrollo de tecnología de producción más limpia, para el control del polvo y la eliminación de polvo, y pueden usarse como referencia para el diseño de ventilación en proyectos subterráneos como minas y túneles sin carbón.

**Amran et al.** (2017) en su investigación propuso el objetivo de analizar el nivel de exposición a partículas respirables en operadores a cargo de plantas trituradoras en una minera, recolectaron muestras personales a largo plazo durante ocho horas de acuerdo con el Método Analítico Manual (NMAM) 0600 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) para polvo respirable y NMAM 7500 para sílice cristalina respirable (RCS-cuarzo). Los resultados indicaron que el porcentaje medio de RCS-cuarzo en polvo de sílice fue del 23,7%. El valor medio para la exposición de los operadores de la trituradora fue de 0.426 mg m<sup>-3</sup> para polvo respirable y 0.091 mg m<sup>-3</sup> para RCS-cuarzo. Alrededor del 30.5% de los operadores de trituradoras estuvieron mostrados a niveles de cuarzo RCS por encima del límite de exposición permisible basado en las Regulaciones de Seguridad y Salud Ocupacional de Malasia 2000. Los operadores a cargo de plantas trituradoras secundarias y terciarias combinadas estuvieron expuestos a 0.116 mg m<sup>-3</sup> de cuarzo RCS, que fue mayor en comparación con los que operan plantas individuales. Refieren que un alto porcentaje de exposición por incumplimiento en la exposición personal de cuarzo RCS debería establecer la necesidad de que el manejo de la cantera se centre en una mejor implementación de los sistemas de control de polvo.

**Zhang et al.** (2018) en su artículo científico para el *Journal Applied Polymer Science*, tuvieron como objetivo desarrollar un nuevo tipo de supresor de polvo solidificado ecológico como medida de control para la exposición de trabajadores a polvo respirable en minas de carbón a cielo abierto. El quitosano polimérico natural con excelentes propiedades fue modificado químicamente. La espectroscopía infrarroja se adoptó para caracterizar el producto. Usando la tasa de sustitución como indicador de evaluación, la relación de masa optimizada entre el cloruro de monómero 3-cloro-2-hidroxipropil trimetilamonio y el quitosano, la temperatura de reacción, el tiempo de reacción y el pH se determinaron mediante experimentos de factor único, combinando los resultados del experimento ortogonal de cuatro factores y cuatro niveles. La película endurecida en la superficie de los polvos de carbón se observó con un microscopio electrónico de barrido de alta resolución. Además, se midió la retención de agua, el rendimiento de solidificación y la resistencia a la erosión del viento del supresor de polvo, así como su influencia en las propiedades del carbón. Los resultados muestran que el supresor de polvo sintetizado, como aporte, demuestra excelentes propiedades y tiene un buen efecto de supresión de polvo de minería.

**Saurabh et al.** (2020) para su investigación buscaron controlar la emisión de polvo de las actividades de minería. Se implementó un sistema de niebla seca en una planta de trituración y cribado de mineral de hierro en la India y se evaluó su eficacia para controlar la emisión de polvo. El sistema instalado redujo la concentración de polvo a 0,10–0,17 mg m<sup>-3</sup> de en las áreas de la zona de trabajo, en porcentajes de 3,61 al 4,80%. De manera similar, las concentraciones de PM 10 y PM 2,5 en el aire ambiente se redujeron a 90-99 µg m<sup>-3</sup> y 49-58 µg m<sup>-3</sup> de 185 a 250 µg m<sup>-3</sup> y 148-200 µg m<sup>-3</sup>, respectivamente, con porcentajes de 51,35 a 60,4% y un 69,69 a 71,0%, respectivamente. El sistema redujo significativamente la concentración de polvo y sílice libre en las áreas de la zona de trabajo por debajo del límite permitido. Estas propiedades hacen que el sistema sea tecno-económicamente viable para su instalación en plantas de procesamiento de minerales.

**Liao et al.** (2018) en su estudio de investigación, prepararon un tipo de supresor de polvo complejo compuesto por surfactantes, sinergistas y celulosa. El supresor preparado se caracterizó por una alta capacidad humectante y adhesiva. Los

resultados de las pruebas de rendimiento del supresor de polvo complejo mostraron que su tiempo de sedimentación de polvo fue de solo cuatro segundos, se observó que era mucho más corto que el del agua sola. Además, mostró una viscosidad que era 25 veces mayor que la del agua. El supresor se utilizó para el control del polvo en una vía minera de la mina de carbón de Zhangcun. Los resultados de las pruebas de campo revelaron que las eficiencias promedio de supresión del polvo total y el polvo respirable habían alcanzado el 89,2% y el 87,7%, respectivamente. Además, se observó un aumento del 44,5% en el control del polvo total.

Con el fin de posibilitar la determinación del grado en que se explica el problema científico a investigar y el grado en que no (Matos y Matos 2010, pag.7), a continuación se describen las teorías y las bases conceptuales que sientan las bases del proyecto:

Los procedimientos de control son implementados por especialistas con formación adecuada de seguridad y salud ocupacional (Nikulin y Nikulina 2017), en la industria minera se emplean comunmente los siguientes tipos de control:

- Control rutinario de la ejecución de las actividades de seguridad programadas;
- control continuo del entorno industrial;
- control en varias fases de las condiciones del lugar de trabajo;
- inspección de la preparación para el trabajo en otoño e invierno;
- control de respuesta;
- inspección interna (auditoría) del sistema de gestión; y
- inspección externa (auditoría) por una autoridad de certificación que implique la expedición de un certificado de conformidad.

Estos tipos de criterios de control y evaluación no son realmente específicos y no cubren completamente el estado actual del sistema de gestión de la seguridad en una empresa minera (Jafari et al. 2020). En la mayoría de los casos, se practica un enfoque de reacción a los problemas en lugar de un enfoque proactivo dirigido a la prevención de accidentes o emergencias (Gendler, Tumanov y Levin 2021).

La minería formal refiere al inicio o reinicio de actividades de trabajo tanto de exploración, explotación y/o beneficio de minerales por parte de persona natural o jurídica, que cuenta con previa autorización y/o título de concesión de beneficio

autorizada por la autoridad competente. (Dirección General de Formalización Minera /Ministerio de Energía y Minas 2017)

La minería informal por su parte pertenece a la economía informal, donde puede no haber empleador, no se pagan impuestos, no se llevan registros y el contacto con las autoridades es raro. En algunos países la minería informal se considera ilegal, pero en la mayoría de los países se acepta, y en algunos países contribuye en gran medida a las exportaciones. (Elgstrand et al. 2017)

Los procesos mineros modernos incluyen la prospección de mineral, el análisis del potencial de beneficio sostenible de una mina propuesta, la extracción de los materiales deseados, la preparación (incluyendo trituración, molienda, concentración y lavado) del material extraído y, por último, la recuperación y rehabilitación de la tierra después de que se cierre la mina.(Agboola et al. 2020)

Los productos recuperados por la minería incluyen metales, carbón, esquisto bituminoso, piedras preciosas, piedra caliza, piedra dimensional, sal de roca, potasa, grava y arcilla. La minería, en un sentido más amplio, incluye la extracción de cualquier recurso no renovable como el petróleo, el gas natural o incluso el agua. (Agboola et al. 2020)

Trituración, excavación, separación, molienda, refinado y gestión de relaves son parte de las operaciones mineras de hoy en día. Todas estas operaciones producen grandes cantidades de aerosoles y emisiones de polvo, así como el transporte de minerales por trenes y camiones de transporte (Reed y Westman 2005). Aunque la gran mayoría de las operaciones mineras producen polvos gruesos, los procesos de chancado producen partículas finas y partículas de humos que están potencialmente cargados de metales y metaloides que están presentes en los minerales chancados (Yadav y Jamal 2018).

Las actividades de chancado en minería tienen por objetivo la obtención de material más fino; consta de un equipo eléctrico alimentado por la parte superior que posteriormente descarga el mineral chancado por abajo, el proceso consta de movimientos vibratorios que trituran la; rompiendo y reduciendo la dimensión del objeto en una serie de partículas más pequeñas y compactas. El transporte del mineral en la planta de chancado se realiza mediante fajas transportadoras, desde

la carga proveniente desde la mina hasta la entrega final del mineral chancado a la etapa siguiente. (Codelco Chile 2018)

La minería sigue siendo uno de los sectores de empleo más peligrosos, a pesar de los considerables esfuerzos realizados en muchos países para aplicar y mantener la seguridad y la salud en el trabajo (Mancini y Sala 2018). El número de muertos, heridos y enfermos sigue siendo elevado entre los trabajadores mineros del mundo, sigue siendo necesario un gran trabajo preventivo, en términos de salud y seguridad (Tetzlaff et al. 2021). Además de los accidentes, muchos de los efectos adversos para la salud asociados con la minería y las industrias extractivas son causados por la inhalación de contaminantes transportados por el aire que no se controlan en su origen. Además, la minería puede incluir trabajos pesados, exposición a productos químicos tóxicos, ruido, vibraciones, estrés por calor y frío, trabajo a gran altitud, trabajo por turnos, etc. (Ajith, Ghosh y Jansz 2020)

Los mayores riesgos para la salud son la exposición al polvo (el polvo de sílice causa silicosis, particularmente en los mineros de oro) (Chen et al. 2018)., el mercurio y otros productos químicos; los efectos del ruido y las vibraciones, la mala ventilación (calor, humedad, falta de oxígeno) y el esfuerzo excesivo; el espacio de trabajo inadecuado; y el uso incorrecto de equipos que pueden no ser aptos para el uso (Tremblay y Badri 2018).

Un estudio realizado en una mina de carbón a cielo abierto en el sur de la India, reportó una disminución de la concentración de partículas en suspensión respirables con un aumento de la distancia (89% disminuye a 80 m) de la fuente, con las concentraciones de polvo más altas encontradas en la actividad de perforación (Nagesha, Kumar y Muralidhar Singh 2019).

El peligro se refiere a la posible aparición futura de fenómenos físicos naturales o provocados por el hombre que puedan tener efectos adversos en elementos vulnerables y expuestos (Department of Humanitarian Affairs 2000). Aunque a veces se ha atribuido el mismo significado al peligro que al riesgo, en la actualidad se acepta ampliamente que es un componente del riesgo y no el propio riesgo (Patterson y Huitema 2019).

Tener la capacidad de reducir el riesgo que plantean los peligros y los cambios implica que la capacidad de gestión de las personas no se ve afectada, por lo que no se ven considerablemente perjudicadas (Silva et al. 2020). Reducir el riesgo significa que las personas no tienen que dedicar recursos sustanciales para hacer frente a un peligro tal como ocurre, sino que tienen la capacidad de anticipar este tipo de evento. La capacidad de reducir el riesgo también depende de las acciones ex post, que implican tomar decisiones después de un evento que reducen el impacto de eventos futuros. (Silva et al. 2020)

La capacidad de prevención y reducción de riesgos puede entenderse como una serie de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención en peligros y vulnerabilidades con el objetivo de reducir los riesgos posibles existentes o controlar los futuros (Ayuso 2020).

La exposición se refiere al inventario de elementos en un área en la que pueden ocurrir eventos peligrosos (El-Dairi y House 2019). Aunque la literatura y el uso común a menudo confunden erróneamente exposición y vulnerabilidad, son distintos. La exposición es un factor determinante del riesgo necesario, pero no suficiente, es posible estar expuesto, pero no vulnerable. (Wannous y Velasquez 2017)

Los aerosoles y partículas de polvo emitidos por las actividades mineras pueden movilizar niveles peligrosamente altos de metales y metaloides, incluidos los elementos neurotóxicos arsénico y plomo (Yadav y Jamal 2018). La erosión eólica puede dispersar aún más los contaminantes acumulados en los suelos locales y los residuos de las minas, y los niveles de partículas respirables pueden tener un impacto sustancial en el medio ambiente y sobre todo en la salud humana (World Health Organization 2003).

De acuerdo con sus propiedades específicas, el material particulado involucra variados tipos de partículas asociadas; el comportamiento aerodinámico uno de los criterios para su clasificación, ello permite fraccionarlas en dos grandes grupos: partículas suspendidas y partículas sedimentables. (Camargo 2012, p. 295)

La subdivisión de las partículas suspendidas arroja dos grupos, partículas suspendidas totales (PST) traándose de partículas respirables finas PM2.5 y las

partículas respirables identificadas como las partículas menores a 10 micrómetros. (Rojano, Angulo y Restrepo 2013)

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) define el polvo como "pequeñas partículas sólidas, secas, proyectadas en el aire por fuerzas naturales, como el viento, la erupción volcánica, y por procesos mecánicos o artificiales tales como aplastamiento, molienda, molienda, perforación, demolición, pala, transporte, cribado, ensacado y barrido" y normalmente existen en tamaños de partículas que van de 1 a 100  $\mu\text{m}$  de diámetro" (International Union of Pure and applied Chemistry 1990). La *United States Environmental Protection Agency* clasifica el polvo inhalable y respirable como contaminación por partículas en dos grupos principales: partículas gruesas y partículas finas. En cuanto a la fracción polvo-masa, las fracciones inhalables y respirables describen el tamaño y la capacidad de la partícula para penetrar en una región determinada del tracto respiratorio (Nestor, Pasurka y Org Econ Cooperat 1996). Las fracciones de contaminación por partículas incluyen:

Fracciones de polvo inhalables: partículas de polvo gruesas con  $<100 \mu\text{m}$  (MHSC, 2007). Estas fracciones de polvo entran en la nariz y la boca durante la respiración y pueden causar irritación física, como tos o estornudos (Haltermann, Sousan y Peters 2018).

Fracciones de polvo respirables: partículas de polvo fino con  $<10 \mu\text{m}$  (MHSC, 2007). Estas fracciones de polvo penetran en el pulmón profundo donde se produce el intercambio de gases y pueden causar enfermedades irreversibles (Haltermann, Sousan y Peters 2018).

La consistencia del material particulado respirable consta de diversas distribuciones granulométricas y su composición química, estas dos son condicionada por la composición de los gases a su alrededor, el material particulado respirable consiste en una mezcla compleja de compuestos de naturaleza inorgánica y orgánica. Las partículas respirables pueden estar agregados de nitrógeno, azufre y carbono, así como también pueden estar constituidos por metales como silicio, calcio, zinc, plomo, hierro y cadmio. (Camargo 2012, p. 296)

El polvo respirable es la fracción de partículas aerotransportadas inhaladas que pueden penetrar más allá de los bronquiolos terminales en la región de intercambio de gas de los pulmones. Partículas respirables que penetrarán en la región de intercambio de gas de los pulmones, las partículas respirables son un tamaño de partículas peligrosas de menos de 10  $\mu\text{m}$ ., las fracciones respirables se conocen comúnmente como PM2.5. (Wu y Gillies 2019)

La planificación y el diseño del monitoreo de Partículas Respirables dependen en primera instancia de los objetivos que se desean alcanzar, además de la disponibilidad de recursos humanos, económicos y de tiempo, también depende del tipo de contaminantes que se pretende monitorear; en otros sentidos también varía según el periodo de monitoreo, la calidad de la información que se pretende alcanzar en escalas de precisión, exactitud, representatividad y comparabilidad.(Ministerio de Energía y Minas 2005)

A partir del análisis de los efluentes o emisiones que se vierten o liberan al ambiente, el Nivel Máximo Permisible establece el grado o nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos; siendo que buscan garantizar el desarrollo de las actividades económicas bajo controles de calidad ambiental, por ejemplo, el control de las emisiones gaseosas de las actividades programadas de explotación y procesamiento de todos los minerales. (Ministerio del Ambiente 2017)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Enfoque de la investigación**

**Enfoque cuantitativo:** con base en la medición numérica y el análisis estadístico de datos, se emplea la recolección de ellos para la comprobación de las hipótesis, y así implantar patrones para probar las teorías (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 46). En la investigación las variables serán numéricas cuantificables con las cuales probaremos las hipótesis de investigación.

##### **Tipo de investigación**

En función al propósito de la investigación fundamentado en la medición de las variables, en concordancia por lo expuesto por Hernandez, Fernandez y Baptista (2010, p. 47) la presente se trata entonces de una **investigación aplicada** siendo que tuvo el objetivo de encontrar estrategias para lograr un objetivo concreto, como lo son la de control para implementación de medidas reducir la exposición a partículas respirables en los trabajadores de la chancadora de una minera.

##### **Nivel de la investigación**

Debido a que los experimentos analizan las relaciones entre una o más variables independientes y una o más dependientes, así como los efectos causales de las primeras sobre las segundas, son **estudios explicativos** (que obviamente determinan correlaciones) (Hernández-Sampieri y Mendoza 2018, p. 172). Puesto que se analizó la relación entre la Implementación de controles con, la concentración de partículas respirables y el nivel de riesgo de los trabajadores en la chancadora de una minera, así como los efectos causales de la Implementación de controles sobre los Niveles de exposición.

##### **Diseño de la investigación**

“Diseño es el plan o estrategia concebida de obtención de información para responder a las preguntas de investigación” (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 120).

En cuanto al **diseño preexperimental**, este está caracterizado por constar en tres etapas: La primera consta en ejecutar una prueba inicial para cuantificar la variable

dependiente, en la segunda se aplica el tratamiento experimental “x” a los sujetos, y por último, en la tercera se administra una posprueba que mida otra vez la variable dependiente. (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 178)

La estrategia para demostrar la hipótesis constará de un diseño preexperimental, la misma señala que la implementación de controles que se efectuarán a un mismo sujeto de estudio, en un único local, en una única área, donde se piensa manipular la variable control y observar la reducción de exposición de partículas respirables del trabajador en la chancadora de una minera. Se analizará la exposición antes y después de la implementación de controles, pretest y post test respectivamente.

El pretest hace referencia a la situación en la que no se implementaban controles de exposición de ningún tipo y en la que fueron analizados los niveles de exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores. Esta situación hace referencia a lo antes descrito como cuantificación de la variable dependiente.

El post test por su parte, se refiere a la situación en la que se aplican los controles de riesgo (ingeniería, administrativo y EPP). Esta situación hace referencia a lo antes descrito como aplicación del tratamiento experimental.

Para finalmente, la etapa antes descrita como posprueba en la que se mide otra vez la variable dependiente se refiere a un nuevo análisis de los niveles de exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores

### **Alcance de la investigación**

Las **investigaciones explicativas** son más estructuradas respecto a los estudios modelados por los demás alcances, puesto que proporcionan un entendimiento que explica el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 112)

### **3.2. Variables, Operacionalización**

#### **Variable Independiente: Control de riesgos**

Como se describe en el Decreto Supremo N° 005-2012-TR (2012): En cuanto está orientado a disminuir los riesgos, se basa en propuestas de medidas correctivas, el

mandato en el cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia en la seguridad.

### **Dimensiones e indicadores de la variable independiente, control de riesgos:**

#### **Controles de ingeniería**

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) *ISO: 45001*, la implementación de medidas de protección colectiva tiene por indicadores:

Caseta de refugio:

% de cumplimiento de *chek list* diario (30 DIAS) =  $\text{Números de } chek list / 30 * 100$

% de las características optimas del *chek list* diario =  $\text{sumatoria de puntos (BUENO) / 5 * 100}$

Riego con agua en los frentes de carguío:

% de cumplimiento de *chek list* diario (30 DIAS) =  $\text{Números de } chek list / 90 * 100$

% de las características optimas del *chek list* diario =  $\text{sumatoria de puntos (BUENO) / 4 * 100}$

#### **Control administrativo**

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) *ISO: 45001*, se trata de un conjunto de medidas cuyo objetivo final es proteger los recursos de la empresa evitando negligencias puedan afectar al cumplimiento de los objetivos, tiene como indicadores:

Programa de rotación de puestos de trabajo:

% de cumplimiento de realizar el programa mensual en 1 año =  $\text{número de programas elaborados / 12 * 100}$

Capacitación del uso correcto del equipo protección respiratoria:

% de asistencia =  $\text{número de trabajadores asistidos / 12 * 100}$

% de exámenes aprobados =  $\text{total números aprobados / 12 * 100}$

## Equipo de Protección Respiratoria (EPR)

Es un tipo particular de equipo de protección personal (EPP), que se utiliza para proteger al usuario individual contra la inhalación de sustancias peligrosas en el aire del lugar de trabajo (incluyendo instrucciones para la utilización y el mantenimiento de este). Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001. Cuyos indicadores están representados por:

% de cumplimiento de entrega de EPP = número de equipos entregados / 12 \* 100

% de cumplimiento de inspección de EPP diaria en 30 días = número de inspecciones/30 \* 100.

## Determinación del Factor de Protección (FP)

Los equipos de protección respiratoria poseen distintos grados de protección dependiendo de su tipo, clase, diseño, construcción y funcionamiento, por tanto, es necesario determinar cuál es el EPR adecuado para una situación de riesgo específica. Para ello, es preciso conocer el Factor de Protección requerido. (Instituto de Salud Pública de Chile 2019)

En primer lugar, se debe determinar el Índice de Protección (IP). Este índice se calcula dividiendo, la concentración del contaminante en el ambiente, por el LEP (límite de exposición permitido), Fórmula cálculo IP:

$$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Límite de exposición permitido}}$$

Tabla 1. Determinación del Factor de Protección (FP)

Índice de protección	Factor de protección
1-9	10
10-49	50
50-99	100
100-99	1000
1000-10 000	10 000

Fuente: (Instituto de Salud Pública de Chile 2019)

## **Variable Dependiente: Exposición a partículas respirables**

### **Exposición ocupacional:**

Estar en contacto con todos los agentes físicos, químicos o biológicos que son dañinos como resultado de una actividad de cada uno de nuestros colaboradores. “Es cuantificable en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, relacionado al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable”. NTP 526 (Instituto Español de Seguridad e Higiene en el Trabajo 1999)

### **Dimensiones e indicadores de la variable dependiente:**

#### **Concentración de partículas respirables**

La concentración de cada filtro para polvo respirable será calculada según NSH 0600 Partícula respirable no regulada de otra manera (2003) :

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$$

Dónde:

C: Concentración de polvo respirable

W<sub>1</sub>: Peso inicial del filtro antes del muestreo (mg)

W<sub>2</sub>: Peso final del filtro, posterior al muestreo que contiene la muestra (mg)

B<sub>1</sub>: Peso inicial del filtro blanco

B<sub>2</sub>: Peso final del filtro blanco posterior al muestreo (mg)

V: Volumen colectado por la bomba de muestreo (L)

#### **Evaluación de resultados**

Se consideran los criterios establecidos en el Decreto Supremo N° 024-2016-EM (2016) Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería.

Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable

N°	Agentes Químicos en el aire	Límites de Exposición Ocupacional	
		TWA	
45	Polvo Respirable	3	mg/m <sup>3</sup>

Fuente: Decreto Supremo N° 024-2016-EM (2016)

### Nivel de riesgo

De acuerdo al Decreto Supremo N° 024-2016-EM (2016), se considera como nivel de acción al 50% del límite máximo permisible para agentes químicos (partículas respirable).

Tabla 3. Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhalable

Criticidad – Nivel de Riesgo		Rangos de Valoración
1	Bajo	Bajo nivel de acción (50% de LMP)
2	Medio	Sobre el Nivel de Acción (50% de LMP) y debajo del LMP
3	Alto	Sobre el LMP

Fuente: Decreto Supremo N° 024-2016-EM (2016)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Unidad de estudio

EL lugar de estudio considerado para el desarrollo de la investigación será el área de chancado en una minera ubicada en Huancavelica en 2020.

#### Población

La población de estudio, puesto que se trata de un conjunto finito de elementos que tienen atributos comunes a ser estudiados (Valderrama 2015, p. 182). Será cubierta por los 13 datos resultados del monitoreo de partículas respirables que se realizaron a los 12 trabajadores y al área de caseta de refugio del sector de chancado (PR-01 a PR-13).

## **Muestra**

La muestra será considerada censal, dado que no se aplicará una fórmula, en la investigación la muestra es igual a la población, puesto que la población es menor a 50 datos, como se refiere en (Castro 2003, p. 69). Los 13 datos de monitoreo explicados en el apartado anterior, cuyas fechas de recolección se comprenden en el periodo de 60 días antes y 60 días después de la aplicación de los controles.

## **Muestreo**

Puesto que no se ha empleado una técnica para la selección de la muestra, se prescinde del muestreo. (Valderrama 2015, p. 125).

## **Criterios de exclusión e inclusión**

Puesto que la población de estudio se sitúa de manera concreta por sus características de contenido, lugar y tiempo, así como accesibilidad. El criterio de exclusión considerado son los días laborales hábiles dentro del mes calendario, no se considera los domingos ni feriados. Asimismo, únicamente se registrará el acto ordinario laboral de 8 h/día, acorde a ley; conforme a ello los criterios de inclusión consideran al total de trabajadores que laboran por turno y los tres turnos laborales por día, sin perjuicio de edad, género, nivel socioeconómico, escolaridad, estado civil, etc. por cómo explican Hernández-Sampieri y Mendoza (2018)

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Las técnicas para la recolección de datos (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 198) de las unidades de análisis serán las siguientes

**Técnica de muestreo de partículas respirables:** Gravimétrico (Peso Del Filtro), cuyas características son:

Analito: masa de fracción de polvo respirable.

Sensibilidad: de 0.001 mg.

Calibración: *National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 or ASTM Class 1 weights.*

Rango: 0.1 a 2 mg por muestra.

LOD estimado: 0.03 mg por muestra.

Precisión: <10 µg con balance de sensibilidad de 0.001 mg; <70 µg con balance de sensibilidad de 0.01 mg.

### **Instrumento**

Los medios materiales que se emplearán para el recojo y almacenamiento de información (Valderrama 2015, p. 95) son los siguientes:

**Ficha de Registro.** Son los datos provenientes de la empresa que contribuirán a que la información consignada en la investigación sea veraz.

**Tomas fotográficas.** Se obtendrán retratos de las acciones operativas del área de fabricación, específicamente de: cuarto de refugio, el mineral proveniente de mina, planta concentradora, transporte de mineral, volquetes, área de chancado. Los mismos se mostrarán en los anexos respectivos. Las fotografías

**Instrumento de muestreo de Polvo respirable.** Bomba gravimétrica, Ciclón + filtro (ciclón Higgins-Dewell [HD] NIOSH 0600 (2003) (Ver Anexo N°4).

### **Validez**

Para verificar el grado en que los instrumentos miden las variables que se pretenden medir (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 201), la variable dependiente, al ser cuantitativa el tipo de medición es a escala, esta está cubierta por el nivel de estabilidad de la muestra del Instrumento de muestreo de polvo respirable siendo esta estable, además por la precisión de la técnica de muestreo de polvo respirable cuya precisión se encuentra entre los rangos <10 µg con balance de sensibilidad de 0.001 mg; <70 µg con balance de sensibilidad de 0.01 mg. Estos criterios son científicamente válidos internacionalmente. Esto se corroborará con la consistencia de los análisis estadísticos posteriores a la obtención de resultados. Además, la validez del instrumento se obtendrá recurriendo al juicio de expertos, 03 docentes de la Universidad Cesar Vallejo.

## **Confiabilidad**

Siendo el caso particular, se emplearán equipos calibrados que cuentan con certificado de calibración y los pesajes de filtros se realizarán en el laboratorio ALAB S.A.C. acreditado ante INACAL, esto con el fin de que la aplicación repetida de los instrumentos produzca resultados iguales y por lo tanto confiables (Hernandez, Fernandez y Baptista 2010, p. 200).

### **3.5. Procedimientos**

A continuación, se explicarán a detalle los procedimientos que dan ejecución a la metodología para la consecución de los resultados.

#### **3.5.1. Situación actual**

Es en 1953 que Julcani inicia sus operaciones, fijándose desde entonces como la unidad minera más representativa de Buenaventura, con una capacidad de procesamiento actual de 700 tms/día de mineral. Se ubica en el distrito de Ccochaccasa, provincia de Angaraes, región Huancavelica, con un promedio anual *cash cost* de 13.87 UUS/oz Ag. Tratándose de una mina subterránea de plata en vetas angostas, es ese el mineral predominante, seguido de plomo, cobre, zinc y oro, en ese orden.

Previo a describir la propuesta de mejora, se explican brevemente algunos de los procesos que tienen lugar en la Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A. y que tienen relación directa con la propuesta.

##### **A. Circuito de Chancado**

Es a través de 6 tolvas de gruesos que en el circuito de chancado alimentan al molino lavador Magensa 6' x 12'. Los gruesos son reducidos en 2 chancadoras Symons ST de 4' y 3'.

El sistema de clasificación en el chancado y carga de bolas de molienda ubicados en la planta concentradora de Julcani, fue mejorado en el 2014.

El mineral es reducido en una etapa inicial de 12" a 4", en la etapa subsecuente los gruesos + 1 ½" van a la chancadora secundaria, produciendo un producto de chancado de 1", finalmente en esta etapa los finos de cedazo 1 ½" son captados y trasladados a un silo que alimenta al circuito de molienda.

#### B. Circuito de Molienda

Este circuito está comprendido en 2 etapas: molienda primaria y molienda secundaria. La primera inicia con la descarga de tolva de finos y alimenta al molino de barras que opera en circuito abierto. Cabe mencionar que la planta de Julcani está equipada de un molino lavador Magnesa 6' x 12' con capacidad para 6 tolvas de gruesos y un molino Comesa 5' x 10'.

#### C. Circuito de Flotación

Los resultados obtenidos de los procesos de mejora mencionados fueron respecto a la flotación fueron producto de la mejora en la dosificación de reactivos al centralizar los equipos y bombas dosificadoras. Es de este proceso que se obtiene un concentrado bluk de plomo – plata.

#### D. Espesamiento y Filtrado

Es través de un filtro de prensa con placas de diafragma que se realiza el filtrado, los mismos que han reemplazado a los convencionales filtros secadores rotatorios y de discos. Estos filtros concentran el mineral con tamaños de partícula de hasta 90 % - 400 mallas, en altitudes mayores de 4600 m.s.n.m., con exposición a humedad de 7.5 % y 8 %, facilitando el transporte y comercialización.

Ahora bien, respecto a los mandatos misionarios, éticos y valorativos de la Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.:

#### **Misión**

- Ser el operador minero de elección y de mayor aceptación para las comunidades, las autoridades y la opinión pública en general.
- Generar la más alta valoración de la compañía ante todos sus públicos de interés (*stakeholders*).

#### **Nuestra visión**

- Desarrollar recursos minerales generando el mayor valor posible a la sociedad.

#### **Valores**

- Seguridad: es un valor central que promueve el respeto a la vida de nuestros colaboradores y que está presente en todos nuestros procesos, operaciones y actividades.

- Honestidad: actuamos de manera recta y proba, sin mentir, engañar u omitir la verdad.
- Laboriosidad: sentimos pasión por nuestro trabajo; damos lo mejor de nosotros y actuamos de manera eficiente, segura y responsable.
- Lealtad: estamos comprometidos con nuestra empresa, misión, visión y valores. Somos parte de un mismo equipo.
- Respeto: demostramos consideración y trato cortés hacia las personas, sus ideas, su cultura y sus derechos.

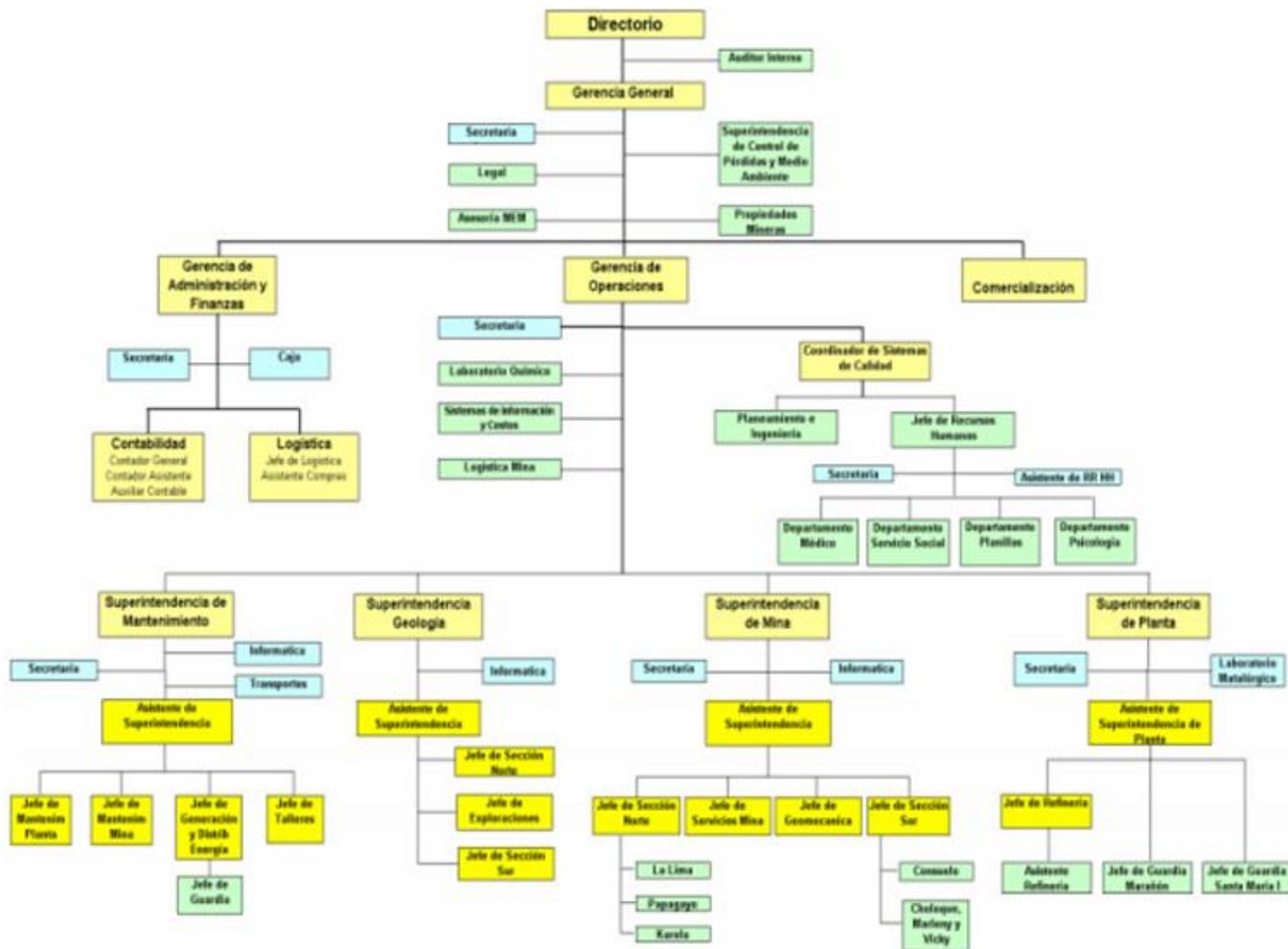


Figura 1. Organigrama de la Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

## **Actividades operativas**

**Geología:** destacaron las minas Herminia, Nueva Herminia, Mimosa y Manto, actualmente están en operación las minas Acchilla y Estela. Los minerales de mena son la galena, esfalerita y calcopirita, con gangas de siderita, pirita, baritina, sílice, tetraedrita, argentita, sulfosales de plata y calcita. Destaca el zoneamiento presente, donde la parte central (domo Tentadora) presenta un ensamble de Au-Bi-WO<sub>3</sub> que hacia la periferia varía a Ag- Pb. En Julcani el sistema de estructuras más importante es de orientación NW-SE, seguido por E-W y NE-SW, siendo un depósito epitermal argentífero del tipo relleno de fractura y con mineralización de Ag-Pb-Bi-Cu-WO<sub>3</sub>, hospedado en un complejo de domos dacíticos-riolíticos del terciario.

**Minado:** en las actuales zonas donde se opera (Acchilla y Estela) se cuenta con ocho niveles en operación, siendo el más bajo 710 y el más alto el 420. La explotación se realiza por el método convencional de corte y relleno ascendente. El desmonte es recirculado hacia los tajos y el excedente es transportado hacia los depósitos de material estéril en superficie. Es a través de estaciones de bombeo ubicadas cerca de los piques 487 y 993 que se realiza el drenaje de agua de mina con caudales máximos de 120 l/s. Actualmente está en funcionamiento una planta de tratamiento de aguas ácidas en Acchilla con capacidad de 180 l/s.

**Metalurgia:** el mineral ingresa por tolvas pasando al molino de lavado, luego a la chancadora y posteriormente a los molinos de bolas y barras. Es en las celdas de flotación, espesador y filtro de prensa donde continúa el proceso. Para finalmente obtener un concentrado bulk plomo-plata, disponiéndose en la relavera de Acchilla el mineral con bajo contenido metálico.

**Capacidad de tratamiento:** 600 TMD.

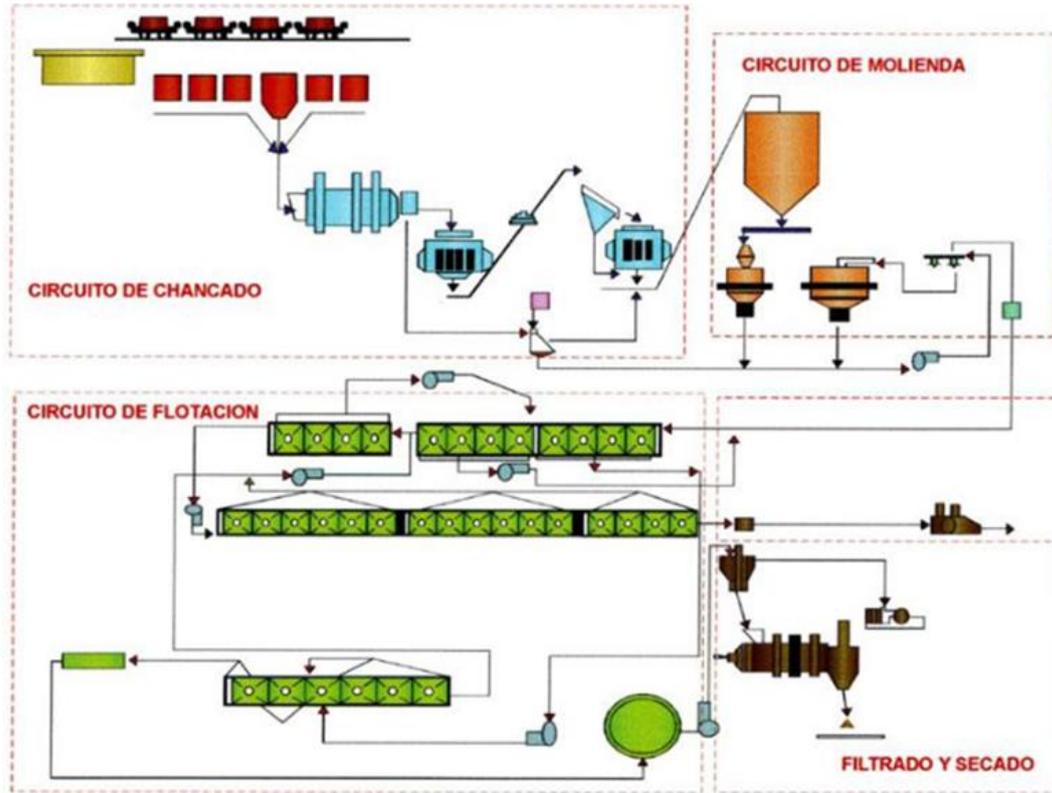


Figura 2. Esquema de la Planta Concentradora - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

A continuación se muestra una serie de gráficos con lo referido a Producción, Producción mineral, Reservas y recursos, y el Costo aplicable a las ventas:

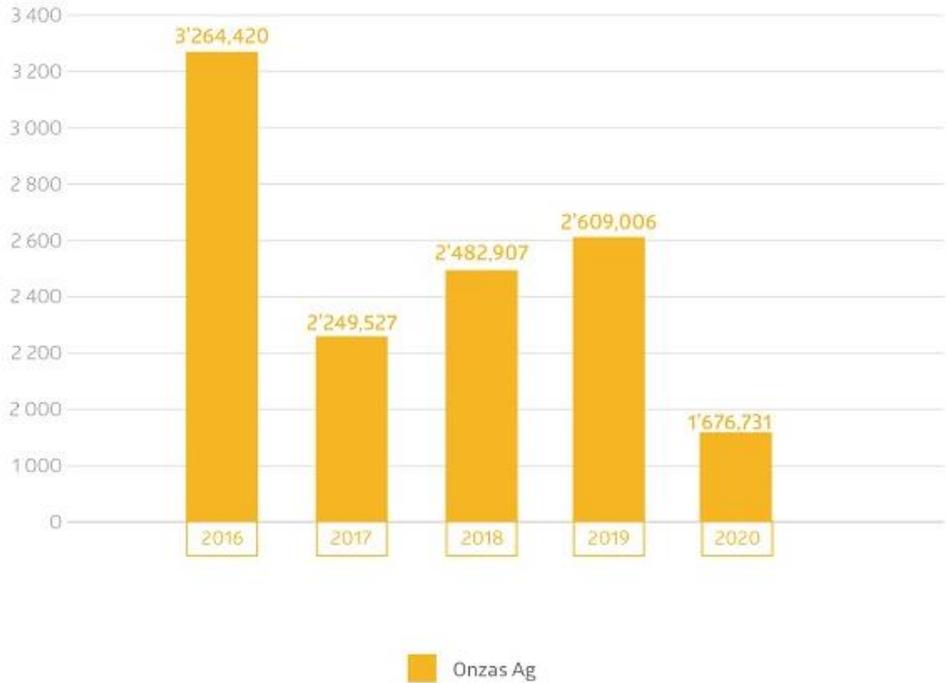


Figura 3. Gráfica de Producción - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

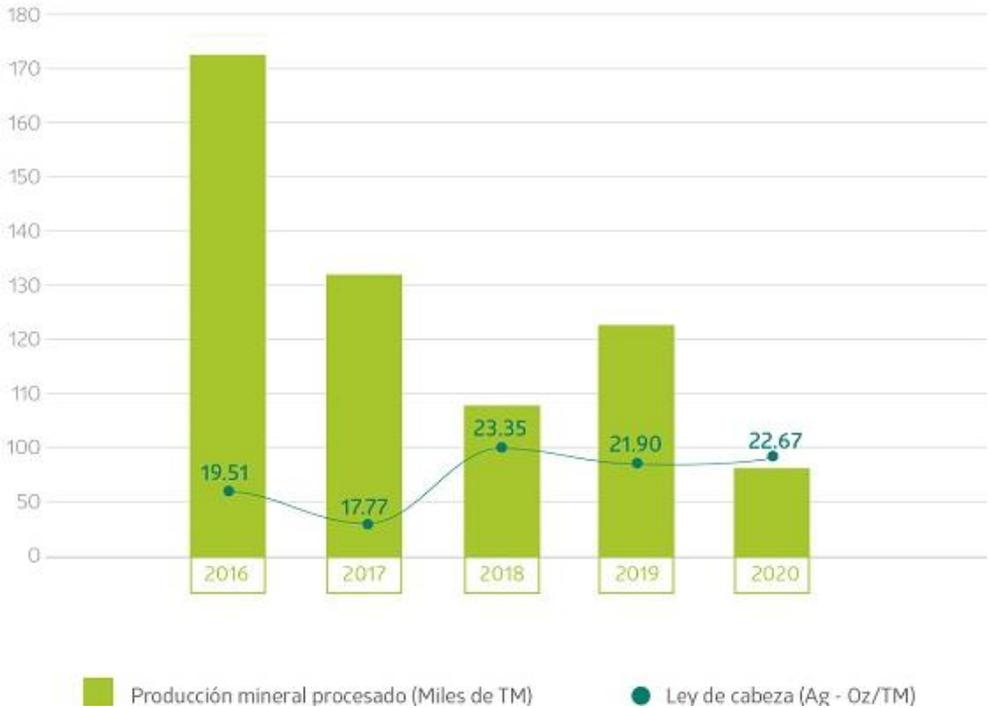


Figura 4. Gráfica de Producción de Mineral y Ley de Cabeza - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.



Figura 5. – Gráfica de Reservas y Recursos - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

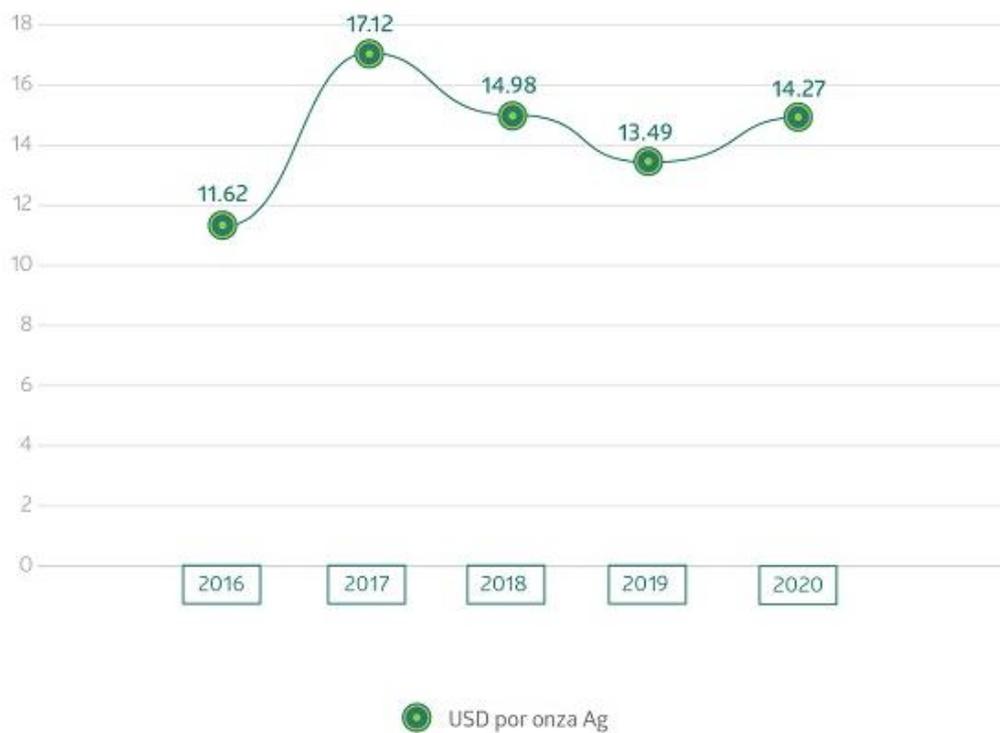


Figura 6. Gráfica de Costo aplicable a las ventas - Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

Tabla 4. Resultados del Pretest

DATOS DE MUESTREO				DATOS DEL FILTRO - LABORATORIO		Tiempo de muestreo (min)	CONDICIONES DEL EQUIPO			CÁLCULO GABINETE		Nivel de Acción (mg/m3)	Valor Limite Permisible - TWA (mg/m3)	Nivel de Riesgo
Código	Área - Tarea	Puesto de Trabajo	Fecha de inicio	Filtro N°	Δ peso (mg)		Flujo inicial (L/min)	Flujo final (L/min)	Flujo de medición del equipo (m3/min)	Volumen de muestra	Concentración (mg/m3)			
PR-01	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2782	2,600	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	3,674	1,50	3,00	ALTO
PR-02	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2783	2,750	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	3,886	1,50	3,00	ALTO
PR-03	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2784	2,850	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,027	1,50	3,00	ALTO
PR-04	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2785	2,780	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	3,928	1,50	3,00	ALTO
PR-05	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2786	2,920	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,126	1,50	3,00	ALTO
PR-06	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2787	2,890	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,084	1,50	3,00	ALTO
PR-07	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	08/01/2021	S-2788	2,770	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	3,914	1,50	3,00	ALTO
PR-08	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	09/01/2021	S-2789	2,970	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,197	1,50	3,00	ALTO
PR-09	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	09/01/2021	S-2790	2,910	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,112	1,50	3,00	ALTO
PR-10	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	09/01/2021	S-2791	3,120	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,409	1,50	3,00	ALTO
PR-11	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	09/01/2021	S-2792	3,050	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	4,310	1,50	3,00	ALTO
PR-12	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	09/01/2021	S-2793	2,363	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	3,339	1,50	3,00	ALTO
PR-13	Chancadora - Metso 2	Cuarto de Refugio	09/01/2021	S-2794	2,050	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,897	1,50	3,00	MEDIO

Valor Limite Permisible (TLV): Según DS-015-2005-SA.

LPM: Litros Por Minuto

La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos del pretest en cuanto a la concentración de partículas respirables a las que están expuestos los trabajadores, valores obtenidos del monitoreo descrito en el capítulo 3. Se observa que para 12 casos las concentraciones superan los valores límites permisibles que en cuanto al nivel de exposición o criticidad son de categoría Alto, y que para la PR-13 referida al Cuarto de refugio el Nivel de exposición es Medio. Esto justifica la propuesta de la presente investigación, que es, Implementar controles de riesgo para reducir la exposición a partículas respirables al trabajador en la chancadora.

### **3.5.2. Propuesta de mejora**

Los contaminantes del aire difieren en su composición química, propiedades de reacción, emisión, tiempo de desintegración y capacidad para difundirse en distancias largas o cortas (Kinney 2018). La contaminación del aire tiene efectos tanto agudos como crónicos sobre la salud humana, afectando a varios sistemas y órganos diferentes; además, las exposiciones a corto y largo plazo también se han relacionado con la mortalidad prematura y la reducción de la esperanza de vida (Kinney 2018).

Las emisiones de las minas contribuyen a más de una parte de este diagrama, por ejemplo, las minas de carbón se incluyen en el sector de las industrias energéticas, mientras que otros tipos de minas se describen en los procesos industriales y otros títulos no energéticos (Gautam et al. 2018). Los límites de exposición profesional se establecen para prevenir o limitar la exposición de los trabajadores a sustancias peligrosas en los lugares de trabajo y para protegerlos contra los riesgos derivados de dichos materiales, los límites de exposición ocupacional pueden funcionar ya sea en forma de una norma (la industria debe cumplirlos) o como directrices y material de referencia para prevenir la exposición y los efectos adversos en la salud humana (Gautam et al. 2018). La definición e implementación de estrategias de prevención y control de las emisiones de partículas permitirían fortalecer la corrección de problemas de contaminación atmosférica que afecten la salud de los trabajadores.

En este punto, las pruebas estandarizadas determinarán el estado de la variable de estudio con elementos cuantitativos, a través de la evaluación de las proyecciones de los participantes; siendo que la población objeto de estudio son los trabajadores,

determinado por su situación respecto a la variable exposición a partículas respirables. Respecto al proceso y metodología, están cubiertos por lo descrito por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional en la NIOSH 0600 (2003).

**Aplicabilidad:** El rango de trabajo es de 0,5 a 10 mg/m<sup>3</sup> para una muestra de aire de 200 L. El método mide la concentración de masa de cualquier polvo respirable no volátil. Además de los polvos inertes, se ha recomendado el método para el polvo de carbón respirable. El método está sesgado a la luz de la definición internacional recientemente adoptada de polvo respirable, por ejemplo, +7% de sesgo para el polvo no extraído de minas de carbón.

**Posibles interferencias:** Se han encontrado partículas más grandes que respirables (más de 10 µm) en algunos casos mediante análisis microscópico de filtros ciclónicos. Se sabe que las partículas de tamaño excesivo en las muestras son causadas por invertir el ensamblaje del ciclón. Las cargas pesadas de polvo, fibras y polvos saturados de agua también interfieren con las propiedades selectivas del tamaño del ciclón. Se recomienda el uso de muestreadores conductores para minimizar los efectos de carga de partículas.

En la unidad minera Huancavelica 2020 se identificaron las causas principales de acuerdo con nuestro diagrama de Pareto (Figura 15) que conllevan a la concentración de partículas respirables del trabajador por encima de los límites máximos permisibles: no existe rotación de puestos de trabajo, personal hace uso inadecuado del equipo de protección respiratoria, generación de polvo durante el chancado de piedras (minerales) y caseta de refugio en mal estado (puertas y ventanas).

Por ello, se recolectó información para realizar la investigación, se determinó que la mejor alternativa para estos inconvenientes es la implementación de controles de riesgo que ayudaran a reducir la exposición de partículas respirables a los que están expuestos los trabajadores de la unidad minera.

La propuesta de mejora se llevará a cabo respondiendo a las causas principales del problema y se agruparán de la siguiente forma:

### **Control de Ingeniería**

- Implementar riego en los frentes carguío antes de ingresar a la tolva de la chancadora.
- Mejoramiento de la caseta de refugio.

### **Control Administrativo**

- Elaboración de programa de rotación de puesto de trabajo.
- Implementar de programa de capacitación mensual del uso correcto del equipo de protector respiratorio.

### **EPPS**

- Adquirir 12 equipos de protección respiratoria Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100

El siguiente diagrama ilustra la secuencia de pasos a seguir para desarrollar la propuesta, desde su planificación, hasta su ejecución, y posterior análisis a posteriori. La temporalidad del diagrama se ha dividido en semanas, esto se organizó de esta manera para supervisar el avance del trabajo que se llevó a cabo.

ACTIVIDADES	1 MES				2 MES				3 MES				4 MES				5 MES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión del marco referencial	■																			
Recopilación de información		■																		
Proponer mejor alternativa al jefe de SSOMA			■																	
Planificación de acciones concretas				■																
Implementar riego en los frentes de carguío					■	■	■													
Realizar el mejoramiento de la cabina de refugio								■	■											
Elaborar programa de rotación de puestos de trabajo										■										
Implementar programa de capacitaciones mensual del uso correcto de equipo de protección respiratoria											■									
Solicitud de cotizaciones a proveedores para adquisición de equipo de protección respiratoria												■								
Aprobación de cotización y adquisición de equipos de protección respiratoria													■							
Monitoreo de partículas respirables después de haber implementado los controles														■	■	■				
Evaluación de resultados																			■	
Conclusiones y Recomendaciones																			■	
Sustentación final																				■

Figura 7. Diagrama de Gantt

### 3.5.3. Implementación de la propuesta

#### Acciones previas

En base a los resultados del pretest se informó al superintendente de mina y al Jefe de salud y seguridad en el trabajo lo importante de implementar los controles de riesgo (ingeniería, administrativo y EPP), para reducir la exposición de partículas respirables de los trabajadores en el área de chancado.

Para lograr la implementación se llevaron a cabo ciertos pasos:

#### Control de Ingeniería

##### Cabina de Refugio

- Se solicitó cotización a proveedores para el mejoramiento de la caseta de refugio.
- Se eligió la mejor propuesta y se procedió con la contratación del servicio con un tiempo de ejecución del mejoramiento de la cabina por un periodo de 2 semanas.
- Se elaboró un formato de *check list* diario para evaluar las condiciones de la caseta de refugio.

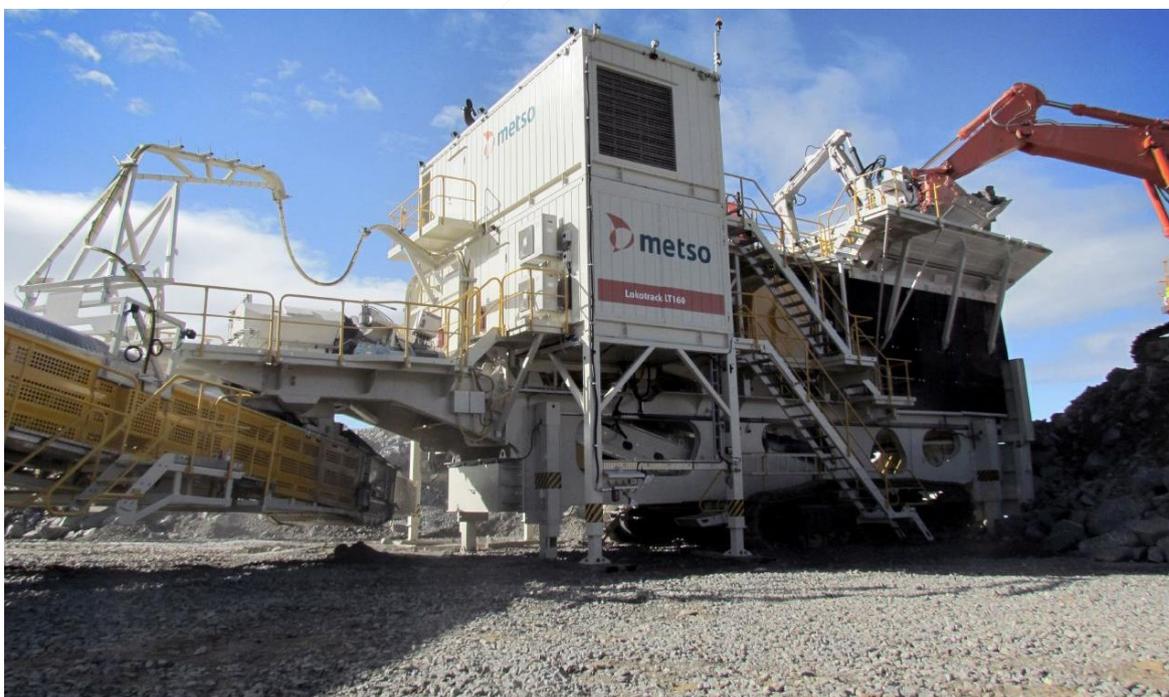


Figura 8. Mejoramiento de la caseta de refugio de la chancadora Metso-1

Tabla 5. Formato Chek list de caseta de refugio

<b>MINA HUANCAVELICA</b>		<b>CHECK LIST DE CASETA DE REFUGIO - METSO 1</b>		Codigo:	<b>SK-SST-RE-01</b>
				Version:	<b>01</b>
				Fecha:	<b>24/11/2020</b>
<b>DATOS DEL EMPLEADOR</b>					
Razon Social	RUC	Tipo de actividad económica	Domicilio	AREA EVALUADA	
MINA HUANCAVELICA	-	MINERIA	HUANCAVELICA	CHANCADORA	
<b>CARACTERISTICAS A EVALUAR</b>					
Descripción	Bueno (1)	Malo (0)	Observaciones		
Estado de puerta de ingreso	1	-			
Estado de ventanas	1	-			
Estado de piso	1	-			
sistema de ventilación	1	-			
Iluminación	1	-			
<b>Puntuación final</b>	<b>5</b>				
<b>RESPONSABLE DEL REGISTRO</b>					
Nombre		Cargo		Fecha	Firma

#### Riego con agua en los frentes de carguío

- En la actualidad dentro de la mina hay una empresa tercera que realiza el riego de agua en los caminos. Por tal, se solicitó una cotización para que se pueda considerar el riego de agua en los frentes de carguío antes de ser cargados a los volquetes con una frecuencia de 3 veces por día.
- Se aceptó la propuesta y se puso en marcha luego de 3 semanas.
- Para poder controlar que el riego de agua al frente del carguío se cumpla y no perjudique la implementación de este control se elaboró un *chek list* diario.



Figura 9. Implementación de riego de agua en los frentes de carguío

Tabla 6. Formato Chek list de riego de agua en frentes de carguío

<b>MINA HUANCAVELICA</b>		<b>CHECK LIST DE RIEGO DE AGUA EN FRENTES DE CARGUIO</b>		Codigo:	<b>SK-SST-RE-01</b>
				Version:	<b>01</b>
				Fecha:	<b>24/11/2020</b>
<b>DATOS DEL EMPLEADOR</b>					
Razon Social	RUC	Tipo de actividad económica	Domicilio	AREA EVALUADA	
MINA HUANCAVELICA	-	MINERIA	HUANCAVELICA	CHANCADORA	
<b>DATOS DEL OPERADOR Y DE MAQUINARIA</b>					
NOMBRE		PLACA	TURNO	HORA DE RIEGO	
JUAN QUISPE MAMANI		UG-5689	MAÑANA	8:00	
<b>CARACTERISTICAS A EVALUAR</b>					
Descripción	Bueno (1)	Malo (0)	Observaciones		
Puntualidad en la hora de llegada	1	-	Ninguna		
Cisterna cuenta con abastecimiento de agua	1	-	Ninguna		
Se culmino el riego en su totalidad	1	-	Ninguna		
Camión cisterna en optimas condiciones	1	-	Ninguna		
<b>Puntuación final</b>	<b>4</b>				
<b>RESPONSABLE DEL REGISTRO</b>					
Nombre		Cargo	Fecha	Firma	
JOEL PADILLA JIMENEZ		OPERADOR	10/04/2021		

## Control administrativo

Programa de rotación de puestos de trabajo

Para la elaboración del programa de rotación de puestos de trabajo se consideró a todos los operadores del área de chancado y de molienda. Este control implementado permitirá reducir el tiempo de exposición en el que está expuesto el trabajador. Para el cumplimiento de este control, se elaboró un programa mensual en el que la rotación de puestos de trabajo sea semanalmente.

Tabla 7. Formato de programación de rotación de puestos de trabajo

<b>MINA HUANCAVELICA</b>		<b>PROGRAMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO EN EL AREA DE CHANCADO</b>			Codigo:	<b>SK-SST-RE-01</b>
					Version:	<b>01</b>
					Fecha:	<b>24/11/2020</b>
<b>DATOS DEL EMPLEADOR</b>						
<b>Razon Social</b>	<b>RUC</b>	<b>Tipo de actividad económica</b>	<b>Domicilio</b>		<b>AREA EVALUADA</b>	
MINA HUANCAVELICA	-	MINERIA	HUANCAVELICA		CHANCADORA	
<b>MES DE PROGRAMACIÓN</b>						
ABRIL - 2021						
<b>CARACTERISTICAS A EVALUAR</b>						
<b>ITEM</b>	<b>NOMBRE DEL TRABAJADOR</b>	<b>SEMANA 1</b>	<b>SEMANA 2</b>	<b>SEMANA 3</b>	<b>SEMANA 4</b>	
1		Chancadora	Molienda	Chancadora	Molienda	
2		Molienda	Chancadora	Molienda	Chancadora	
3		Chancadora	Molienda	Chancadora	Molienda	
4		Molienda	Chancadora	Molienda	Chancadora	
5		Chancadora	Molienda	Chancadora	Molienda	
6		Molienda	Chancadora	Molienda	Chancadora	
7		Chancadora	Molienda	Chancadora	Molienda	
8		Molienda	Chancadora	Molienda	Chancadora	
9		Chancadora	Molienda	Chancadora	Molienda	
10		Molienda	Chancadora	Molienda	Chancadora	
11		Chancadora	Molienda	Chancadora	Molienda	
12		Molienda	Chancadora	Molienda	Chancadora	
<b>RESPONSABLE DEL REGISTRO</b>						
<b>Nombre</b>			<b>Cargo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Firma</b>	
HUGO HURTADO CHURA			JEFE DE SSOMA	10/04/2021		

## Programa de capacitaciones del uso correcto del equipo de protección respiratoria

Para la elaboración del programa de capacitaciones se consideró contratar el servicio de una empresa tercera. Asimismo, el desarrollo de estas capacitaciones se programó para los primeros días de cada mes por el periodo de 1 año. Para el cumplimiento de este control se llenará un registro de asistencia, donde todos los trabajadores del área de chacado deberán participar obligatoriamente y al final de la capacitación se tomará una evaluación de 20 preguntas considerando la nota mínima aprobatoria de 16. En caso el trabajador desaprueba la evaluación se le enviará un memorándum donde se le indica que tendrá que volver a dar el examen en un tiempo no mayor a los 4 días contados desde la fecha de la capacitación.



## Equipo de Protección Personal Respiratoria

Para la adquisición de los equipos de protección respiratoria se solicitó la cotización a 3 proveedores, posterior a ello se eligió la mejor propuesta. Asimismo, el criterio del equipo de protección elegido (marca, modelo y tipo de filtro) se basó en el factor de protección asignado mayor al índice de protección.

$$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Límite de exposición permitido}}$$

Factor de Protección Asignado - FPA: (ficha técnica del equipo)



Figura 10. Respirador 7502 + Filtro 7093







#### **3.5.4. Resultados post test**

En los siguientes cuadros se muestran los resultados obtenidos para los puestos de trabajo evaluados.

En la Tabla 12 se muestran los resultados de los Controles de Ingeniería y Controles Administrativos en cuanto a su repercusión en los Niveles de exposición. Posterior a ello en la Tabla 13 se muestran los resultados de los Controles con EPP que son finalmente los que contribuyen a alcanzar Niveles aceptables de exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores. Ello bajo el entendido de que lo Controles de Ingeniería son los primeros en ser ejecutados, y de darse el caso de no ser suficientes o alcanzar la eficiencia pretendida, es que se recurre a la aplicación de posteriores Controles.

La interpretación de estos resultados y detalles al respecto se analizan en el apartado de Discusiones.

Tabla 12. Resultados Post Implementación de los Controles de Ingeniería y Controles administrativos

DATOS DE MUESTREO				DATOS DEL FILTRO - LABORATORIO		Tiempo de muestreo (min)	CONDICIONES DEL EQUIPO			CÁLCULO GABINETE		Nivel de Acción (mg/m3)	Valor Limite Permissible - TWA (mg/m3)	Nivel de Riesgo
Código	Área - Tarea	Puesto de Trabajo	Fecha de inicio	Filtro N°	Δ peso (mg)		Flujo inicial (L/min)	Flujo final (L/min)	Flujo de medición del equipo (m3/min)	Volumen de muestra	Concentración (mg/m3)			
PR-01	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4589	1,980	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,798	1,50	3,00	MEDIO
PR-02	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4590	1,750	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,473	1,50	3,00	MEDIO
PR-03	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4591	1,680	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,374	1,50	3,00	MEDIO
PR-04	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4592	1,560	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,204	1,50	3,00	MEDIO
PR-05	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4593	1,320	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	1,865	1,50	3,00	MEDIO
PR-06	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4594	1,470	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,077	1,50	3,00	MEDIO
PR-07	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	03/03/2021	S-4595	1,310	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	1,851	1,50	3,00	MEDIO
PR-08	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	04/03/2021	S-4596	1,260	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	1,780	1,50	3,00	MEDIO
PR-09	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	04/03/2021	S-4597	1,120	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	1,583	1,50	3,00	MEDIO
PR-10	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	04/03/2021	S-4598	1,480	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	2,091	1,50	3,00	MEDIO
PR-11	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	04/03/2021	S-4599	1,230	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	1,738	1,50	3,00	MEDIO
PR-12	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	04/03/2021	S-4600	1,390	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	1,964	1,50	3,00	MEDIO
PR-13	Chancadora - Metso 1	Cuarto de Refugio	04/03/2021	S-4601	0,230	420	1,69	1,68	0,001685	0,7077	0,325	1,50	3,00	BAJO

Tabla 13. Resultados después de Implementar los Controles Aplicando los Equipos de Protección Respiratoria

Código	Estación de Monitoreo		Tipo de protector respiratorio/ Tipo de filtro	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Porcentaje de atenuación del filtro	FPA	Valor Limite Permissible, mg/m <sup>3</sup> TWA	Factor de Riesgo	Nivel de Exposición
PR-01	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	2,798	99,97%	10	3,00	0,93	BAJO
PR-02	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	2,473	99,97%	10	3,00	0,82	BAJO
PR-03	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	2,374	99,97%	10	3,00	0,79	BAJO
PR-04	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	2,204	99,97%	10	3,00	0,73	BAJO
PR-05	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	1,865	99,97%	10	3,00	0,62	BAJO
PR-06	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	2,077	99,97%	10	3,00	0,69	BAJO
PR-07	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	1,851	99,97%	10	3,00	0,62	BAJO
PR-08	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	1,780	99,97%	10	3,00	0,59	BAJO
PR-09	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	1,583	99,97%	10	3,00	0,53	BAJO
PR-10	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	2,091	99,97%	10	3,00	0,70	BAJO
PR-11	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	1,738	99,97%	10	3,00	0,58	BAJO
PR-12	Chancadora - Metso 1	Operador de Chancado	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	1,964	99,97%	10	3,00	0,65	BAJO
PR-13	Chancadora - Metso 1	Cuarto de Refugio	Semimáscara de silicona 3M 7502/ Filtro 3M 7093C P100	0,325	99,97%	10	3,00	0,11	BAJO

### 3.5.5. Análisis económico - Financiero

Los bienes son propios de los expertos que llevara a cabo la investigación como: medios económicos, logísticos, intelectuales. En base a dicha realización, para esta investigación se ha elaborado el siguiente presupuesto acorde al oficio N°115 Guía de Productos de Investigación.

Tabla 14. Presupuesto de la propuesta de mejora

Código MEF	Recursos	Unidad	Cantidad	Precio por unidad	No monetario	Monetario	Financiamiento	Detalle
<b>Recursos humanos</b>								
2.5.31.12	Servicios profesionales de implementación de la propuesta (Ruiz / Uashag)	Und	2,00	3375,00	S/ 6.750,00	-	Aprobado /mina	Pago por servicios prestados de implementación de controles de riesgo a los profesionales (Ruiz y Uashag)
<b>Bienes y equipos</b>								
2.6.32.11	Semimascara 3M7502	Und	12,00	180,00	-	S/ 2.160,00	Aprobado /mina	Equipo protección, EPP
2.3.32.11	Laptop	Und	2,00	1000,00	S/ 2.000,00	-	Aprobado /mina	Procesamiento de información
2.3.22.23	Filtro 3M 7093C P100	Und	12,00	90,00	-	S/ 1.080,00	Aprobado /mina	Equipo de protección, EPP
<b>Materiales e insumos</b>								
2.6.32.11	Micrófono+audifonos	Und	1,00	90,00	-	S/ 90,00	Aprobado /mina	Asesoramiento virtual
2.6.32.11	USB 32 gb	Und	1,00	50,00	S/ 50,00	-	Aprobado /mina	Traslado información
<b>Servicios y asesorías</b>								
2,3,19,1	Servicios de riego en los frentes de carguio	Und	50,00	100,00	-	S/ 5.000,00	Aprobado /mina	Riego 3 veces al día x 12 meses
2,3,19,1	Servicios creación cuarto de refugio a todo costo	Und	1,00	3500,00	-	S/ 3.500,00	Aprobado /mina	Control de Ingeniería
2.5.31.12	Servicio de capacitación uso correcto de equipo de protección respiratoria	Und	12,00	500,00	-	S/ 6.000,00	Aprobado /mina	capacitación a los 12 trabajadores mensual x 12 meses
2,3,19,1	Servicios de laboratorio	Und	13,00	50,00	-	S/ 650,00	Aprobado /mina	Pesaje de filtros
2.3.25.14	Alquiler de equipos	Und	13,00	150,00	-	S/ 1.950,00	Aprobado /mina	Bomba gravimétrica para el muestreo
<b>Gastos operativos</b>								
2.3.15.12	Papel fotocopia	Und	4,00	16,00	-	S/ 64,00	Aprobado /mina	Impresión papers
2.3.15.12	Tinta para impresora	Und	4,00	34,00	-	S/ 136,00	Aprobado /mina	Impresión papers
2.1.31.16	Seguro SCTR	Und	2,00	30,00	-	S/ 60,00	Aprobado /mina	Seguro complementario de trabajo
2.2.21.11	Examen medico	Und	2,00	150,00	-	S/ 300,00	Aprobado /mina	Exámen médico obligatorio para el ingreso a la mina
2.3.15.12	Otros útiles oficina	Und	1,00	200,00	-	S/ 200,00	Aprobado /mina	Impresión papers
Total presupuesto de implementación					S/ 8.800,00	S/ 21.190,00		
					S/ 29.990,00			

Fuente: Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

El monto total del presupuesto para la elaboración del proyecto asciende a S/ 29,990.00, dentro de ello comprende el recurso monetario con el monto de S/ 21,190.00 y con el recurso no monetario con el monto de S/ 8,800.00, tal y como se observa en la tabla 14.

El proyecto se llevó con financiamiento propio; con una inversión de S/. 29,990.00 que será asumido al 100% por la unidad minera.

### **Ahorro por infracciones por el órgano inspector SUNAFIL**

La unidad minera Huancavelica de no implementar adecuadamente los controles de riesgo puede sufrir posibles infracciones, de acuerdo con el reglamento de la Ley N° 28806 Ley general de inspección del trabajo.

### **Son infracciones leves de SST las siguientes:**

Por como rige en el Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo (2006, Art. 26) el no reportar los accidentes, incidentes y las enfermedades ocupacionales calificadas como leves, representan una infracción. Brindar información inexacta en industrias de riesgo bajo, así como no reportar el reinicio de actividades, representan incumplimiento de las medidas de SST.

### **En cuanto a las infracciones graves de SST:**

Por como rige en el Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo (2006, Art. 27) el no reportar los accidentes, incidentes y las enfermedades ocupacionales calificadas como graves, muy graves o mortales, representan una infracción. No realizar las evaluaciones de riesgos, controles periódicos. El que los trabajadores no sean examinados medicamente o/y que los resultados de estos exámenes no sean comunicados a los afectados. Brindar información inexacta o/y no reportar el reinicio de actividades en industrias de alto riesgo. No implementar según las leyes de SST los registros o documentación exigidos por esa norma. El no brindar capacitación, así como no elaborar los programas o planes de SST. El no cumplir con las medidas SST en manejo de peligros en el entorno laboral, así como en materia de primeros auxilios, respuesta a incendios y correcta evacuación de los trabajadores. El que por la falta de coordinación entre empresas que comparten establecimientos de trabajo se incumplan las medidas SST, así como no brindar facilidades al Comité de SST. El afectar a los trabajadores incurriendo en infracción a cada cual no se le brinde SCTR. Además de la vulneración a los trabajadores respecto a sus derechos de consulta, acceso a la información y participación.

### **También son consideradas infracciones graves de SST:**

Por como rige en el Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo (2006, Art. 28) constituyen infracciones el no resguardar al trabajador que presenta una discapacidad, o a la que se encuentra en período de embarazo o lactancia, en materia de SST. Poner en riesgo la SST asignando puestos de trabajo en desmedro de las deficiencias del trabajador. Así como no respetar al trabajador al violar la confidencialidad de su información médica. También representan infracciones graves de SST, el suponer riesgos graves originados por la superación de los límites de exposición a agentes contaminantes. Así como al tratarse del caso de riesgo grave e inminente, no permitir al trabajador paralizar sus actividades, al igual que no aplicar medidas preventivas que generen riesgo grave para la SST. El que por la falta de coordinación entre empresas que comparten establecimientos de trabajo se incumplan las medidas SST. Y por supuesto el no tener un reglamento de SST o/y no implementar un SG-SST.

Según la ley que crea la SUNAFIL, Ley N° 29981 en su artículo N° 39, las infracciones detectadas son sancionadas con una multa máxima de:

- 200 unidades impositivas tributarias (UIT) en caso de infracciones muy graves.
- 100 UIT en caso de infracciones graves.
- 50 UIT en caso de infracciones leves.

Especificando que asciende a 300 UIT la multa máxima por el total de infracciones detectadas vigente en el año que se constató la falta, sin posibilidad a superar esa cifra.

La Tabla 15 muestra que al no gestionar adecuadamente sus peligros y riesgos, la empresa probablemente sufriría de infracciones al no constituir como es debido su SGSST. Estas potenciales infracciones resultan en la realidad un ahorro para la empresa.

Tabla 15. Cálculo de costos de infracciones

INFRACCIÓN	UIT
<b>LEVE</b>	
No comunicarnos los accidentes y enfermedades ocupacionales al MINTRA	4,5
<b>GRAVES</b>	
No realizar de forma periódica la actualización del IPER	12,5
No realizar los monitoreos: Físicos, Químicos	12,5
No implementar los registros o documentos que exija la norma	12,5
<b>MUY GRAVES</b>	
No realiza disposiciones preventivas, ocasionando un riesgo grave para la SST	22
<b>TOTAL DE UIT</b>	<b>64</b>
<b>VALOR DE UIT PERIODO 2021</b>	<b>S/. 4.400,00</b>
<b>TOTAL POSIBLE MULTA RECIBIDA</b>	<b>S/. 281.600,00</b>

Fuente: Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

### Ahorro por reducción de ausentismo por enfermedad ocupacional

En la Tabla 16 se muestra el número estimado de ausentismo por enfermedad ocupacional que puede tener la organización, en la medida que se realiza la mejora continua de la implementación de controles de riesgo, se estima tener un 30% menos del número de ausentismo por enfermedad ocupacional del promedio del histórico de ausentismo de por enfermedad ocupacional 2014-2019, en los años posteriores se estima tener un 50% menos con respecto al año anterior, esto es posible en la medida que en la implementación de controles de riesgo, una de las metas es tener un Índice de ausentismo por enfermedad ocupacional sea menos que 1.

Tabla 16. Ahorro por tener menos ausentismo por enfermedad ocupacional

AÑO	Números de Accidentes	COSTO	AHORRO
2020	9	S/. 5.185,38	S/. 12.584,09
2021	5	S/. 2.880,77	S/. 2.304,62
2022	2	S/. 1.152,31	S/. 1.728,46
2023	1	S/. 576,15	S/. 576,15
2024	0	-	S/. 576,15
2025	0	-	-

Fuente: Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

### Ahorro en denuncias e indemnizaciones por enfermedad ocupacional

En la Tabla 17 se muestra el número estimado de denuncias e indemnizaciones que puede tener la organización. En la medida que se realiza la mejora continua de la implementación de los controles de riesgo, se estima tener un 30% menos del número de denuncias e indemnización por enfermedad del promedio del histórico de accidentes 2014-2019, en los años posteriores se estima tener un 50% menos con respecto al año anterior, esto es posible en la medida que en la implementación de riesgos, una de las metas es tener un Índice de accidentabilidad menos que 1.

Tabla 17. Ahorro en denuncias e indemnizaciones por enfermedad ocupacional

AÑO	Número de denuncias	COSTO	AHORRO
2020	4	S/. 100.000,00	S/. 75.000,00
2021	2	S/. 50.000,00	S/. 50.000,00
2022	0	-	S/. 50.000,00
2023	0	-	-
2024	0	-	-
2025	0	-	-

Fuente: Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

### Flujo de ingresos y egresos de la implementación de la mejora

Con el objetivo de evaluar si es o no rentable la implementación de controles de riesgo, se ha realizado una simulación de egresos y ahorro en la Tabla N° 18 se detalla lo siguiente:

Tabla 18. Flujo de ingresos y egresos de la implementación de la mejora

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025
<b>Total ahorro por la implementación de controles</b>		S/. 143.904,09	S/. 193.104,62	S/. 96.784,46	S/. 45.632,15	S/. 45.632,15	S/. 45.056,00
Ahorro en costos de enfermedades ocupacionales		12584,09	2304,62	1728,46	576,15	576,15	-
Ahorro en denuncias e indemnizaciones por enfermedad ocupacional		75000,00	50000,00	50000,00	-	-	-
Posibles infracciones		56320,00	140800,00	45056,00	45056,00	45056,00	45056,00
<b>Total de egreso por la implementación de controles</b>	<b>S/. 14.995,00</b>	<b>S/. 14.995,00</b>	<b>S/. 18.700,00</b>	<b>S/. 18.700,00</b>	<b>S/. 18.700,00</b>	<b>S/. 18.700,00</b>	<b>S/. 18.700,00</b>
Asesoría consultoría	3375,00	3375,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00
Laptop	1000,00	1000,00	-	-	-	-	-
Semimascara 3M 7502	1080,00	1080,00	2160,00	2160,00	2160,00	2160,00	2160,00
Filtro 3M 7093C P100	540,00	540,00	1080,00	1080,00	1080,00	1080,00	1080,00
Microfono + audifono	45,00	45,00	-	-	-	-	-
Usb 32 gb	25,00	25,00	-	-	-	-	-
Servicio de riego en frentes de carguio	2500,00	2500,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
Servicio de refacción al cuerto de refugio	1750,00	1750,00	-	-	-	-	-
Servicio de capacitación uso correcto de equipo de protección respiratoria	3000,00	3000,00	6000,00	6000,00	6000,00	6000,00	6000,00
Servicios de laboratorio	325,00	325,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
Alquiler de equipos	975,00	975,00	1950,00	1950,00	1950,00	1950,00	1950,00
Papel fotocopia	32,00	32,00	-	-	-	-	-
Tinta para impresora	68,00	68,00	-	-	-	-	-
Seguro SCTR	30,00	30,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Examen medico	150,00	150,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Otros Utiles de oficina	100,00	100,00	-	-	-	-	-
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-S/. 14.995,00</b>	<b>S/. 128.909,09</b>	<b>S/. 174.404,62</b>	<b>S/. 78.084,46</b>	<b>S/. 26.932,15</b>	<b>S/. 26.932,15</b>	<b>S/. 26.356,00</b>

Fuente: Unidad Julcani - Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

Se calculó el Valor Neto Actual (VAN), en mérito de mejor análisis de costo-beneficio, bajo el entendido de si es rentable realizar la inversión en la implementación de controles de riesgos. Para lo cual se consideró una tasa de interés anual del 12% en cuanto a la diferencia de flujos de ahorro y egresos por medidas de la implementación. Según la Súper Intendencia de Banca, Seguro y AFP se consideró la Tasa de Interés Promedio del Sistema Bancario, con una política crediticia del 7.79 % para el tipo de crédito mediana empresa, la diferencia se considera como el costo de oportunidad de la empresa 4.21 %.

El VA de la implementación de controles de riesgos a un periodo de recuperación de capital de 6 años se estima en S/. 340,466.34 lo que demuestra la factibilidad del proyecto, en el sentido que hacer la implementación de controles en la unidad minera no genera pérdidas. De acuerdo con la Tasa Interna de Retorno (TIR) para saber la rentabilidad del proyecto se obtuvo una tasa de 884% la cual permite deducir que es rentable realizar la implementación de controles de riesgos. Se demuestra que la inversión en la implementación de controles de riesgos permite tener trabajadores expuestos a partículas respirables con un nivel de riesgo bajo.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Los resultados que se alcanzarán en la recolección de datos a través del estudio, con el empleo del instrumento Bomba gravimétrica, Ciclón + filtro (ciclón *Higgins-Dewell* [HD] NIOSH 0600 (2003) mediante la técnica Gravimétrica (Peso Del Filtro), servirán para la elaboración del indicador concentración promedio ponderada, mediante la aplicación de la fórmula de Cálculo de la exposición; esto para una posterior evaluación de los Límites de exposición y Nivel de Riesgo de polvo respirable. La recolección de datos servirá de ayuda para poder analizar y determinar un nuevo método de trabajo en el chancado que permita reducir la exposición del trabajador.

Con los datos recopilados del método actual y del método propuesto de acuerdo con la variable de estudio dependiente y sus dimensiones se cuantificarán los valores de la concentración promedio ponderada, antes y después de la aplicación de los controles durante cada una de las 16 semanas (60 días antes y 60 días después) que dura el estudio.

Siendo entonces se partirá por un análisis estadístico descriptivo de las condiciones actuales (sin intervención), para posteriormente aplicar estadística diferencial que nos permita evaluar las condiciones de cambio en el escenario post ejecución del proyecto. Es así como se procederá a aplicar la prueba de normalidad a las diferencias de los datos antes y después de la concentración promedio ponderada para conocer si son paramétricos o no paramétrico los datos de la diferencia y con esto sabremos si aplicaremos la prueba *T-student* para pares relacionados o la prueba de Wilcoxon para pares relacionados si, con el empleo del *software SPSS V.22*.

### **3.7. Aspectos éticos**

La información que se consignará, en el proyecto de investigación provendrá de fuentes veraces; respecto a la información a ser consignada, se respetará y consignará a los autores de tesis, libros y fuentes de información diversa a ser utilizados. Los criterios que regirán el desarrollo de la actividad estarán basados en aspecto éticos como la veracidad, autenticidad y originalidad.

#### IV. RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados obtenidos de los procesos metodológicos antes expuestos, en respuesta al objetivo que llevó al desarrollo de este proyecto, Reducir los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables mediante la implementación de controles en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020. Para los procesos estadísticos se aplicó el *Software SPSS*.

Entiéndase de ahora en adelante Pretest como el resultado de los muestreos iniciales, previos a la implementación de controles. Post1 como los resultados de los muestreos posteriores a los Controles de Ingeniería y, Post2 como los resultados de los muestreos posteriores a los Controles de Ingeniería, Administrativos y con EPP Respiratorios.

*Tabla 19. Resumen de procesamiento de casos*

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Pretest	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
Post1	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
Post2	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%

El **resumen de procesamiento de casos** muestra un 100 % de casos válidos respecto al total, 13 Para el pretest, 13 para Post1 y 13 para Post2.

*Tabla 20. Estadísticos descriptivos*

		Estadístico	Error estándar	
Pretest	Media	3,9156	,11411	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,6670	
		Límite superior	4,1642	
	Media recortada al 5%	3,9448		
	Mediana	4,0270		
	Varianza	,169		
	Desviación estándar	,41142		
	Mínimo	2,90		
	Máximo	4,41		
	Rango	1,51		
Rango intercuartil	,38			
Post1	Media	1,9325	,16281	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,5778	
		Límite superior	2,2873	
	Media recortada al 5%	1,9738		
	Mediana	1,9640		
	Varianza	,345		
	Desviación estándar	,58704		
	Mínimo	,33		
	Máximo	2,80		
	Rango	2,47		
Rango intercuartil	,53			
Post2	Media	,6431	,05389	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5257	
		Límite superior	,7605	
	Media recortada al 5%	,6568		
	Mediana	,6500		
	Varianza	,038		
	Desviación estándar	,19431		
	Mínimo	,11		
	Máximo	,93		
	Rango	,82		
Rango intercuartil	,18			

Los resultados descriptivos muestran una tendencia en la reducción de la media partiendo del Pretest hacia el Post2, lo que indicaría a primer nivel una reducción de la exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores.

Los valores mínimos y máximos se reducen alrededor de un 50 % en cuanto al Pretest respecto al Post test 1. La situación se asemeja a la relación Post test 1 respecto a Post test 2, en el segundo caso se aprecia una reducción alrededor de una tercera parte en los valores mínimos y máximos

Los resultados respecto a las desviaciones estándar muestran una reducción de esta desde el Post test 1 hacia el Post test 2 lo que indicaría una menor dispersión de los datos respecto a la media en el segundo caso.

En base a ello, para proceder a realizar las pruebas estadísticas que corroboren una reducción significativa de los Niveles de Exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores, previamente se debe demostrar la normalidad de los datos de las 13 muestras realizadas en sus tres etapas (Pretest y Post Controles de ingeniería, Controles administrativos y Controles con EPP respiratorios). Para lo mismo, y por sus características, entiéndase el número de muestras y la particularidad de los diseños experimentales pre y post test (Pedrosa et al. 2015), se ejecuta la prueba de **Shapiro-Wilk**.

*Tabla 21. Pruebas de normalidad*

	<i>Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup></i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,241	13	,038	,871	13	,054
Post1	,216	13	,098	,859	13	,037
Post2	,219	13	,089	,856	13	,035

a. Corrección de significación de *Lilliefors*

Para que se considere que los datos presentan una distribución normal, los valores 'P' deben ser menores a los valores 'W'. De no ser el caso, se debe proceder a la transformación de los datos. (Pedrosa et al. 2015)

Es así como los datos cumplen con los estrictos de Normalidad en los 3 grupos resultantes respecto a las 13 muestras por grupo: (1) Pretest, (2) Post1 - Controles de ingeniería y Control administrativo, (3) Post2 - Controles con EPP, Controles de ingeniería y Control administrativo. Siendo así, se puede proceder con la prueba *T-Student*.

### Prueba T Student

Cuando el p-valor (Sig. bilateral) del Contraste de la **T de Student** de igualdad de medias entre el antes y el después, de las 2 muestras relacionadas es de 0, menor de 0.0001, se rechaza la hipótesis nula, la prueba resulta significativa al 5% y al 1%, existen diferencias estadísticamente significativas entre el PRE y el POST. (Turcios 2015)

Tabla 22. Prueba de T Student - Controles de Ingeniería y Controles administrativos vs. Pretest

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Post1	1,9325	13	,58704	,16281
	Pretest	3,9156	13	,41142	,11411

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Post1 & Pretest	13	,465	,110

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Post1 - Pretest	-1,98308	,53796	,14920	-2,30816	-1,65799	13,291	,000	

Bajo el entendido de que las hipótesis están representadas como:

H<sub>0</sub>: La implementación de controles no reduce los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

H<sub>1</sub>: La implementación de controles reduce los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

De la Tabla 22 se observa que para el 95 % los valores son superiores al 0.0001.

**Prueba de muestras emparejadas**

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Post2 Pretest	- 3,27254	- ,36311	- ,10071	-3,49197	-3,05311	- 32,495	12	,000

Por lo mismo, se rechaza la hipótesis nula, los controles de ingeniería son significativos en la reducción de la exposición de partículas respirables por parte de los trabajadores. Sin embargo, los niveles resultantes de los Controles de ingeniería y Controles administrativos aún no representan un Nivel de Exposición bajo, por lo que se procedió a los Controles con EPP Respiratorios.

*Tabla 23. Prueba de T Student - Controles con EPP, Controles de Ingeniería y Controles administrativos vs Pretest*

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Post2	,6431	13	,19431	,05389
	Pretest	3,9156	13	,41142	,11411

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Post2 & Pretest	13	,470	,105

De la Tabla 23 se observa que para el 95 % los valores son inferiores al 0.0001, por lo mismo, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , la implementación de Controles con EPP posteriores y sumados a los Controles de ingeniería y Controles administrativos reducen la exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores.

De esto se desprende que los Controles con EPP respiratorios sumados a los previos Controles de ingeniería contribuyeron significativamente a la reducción de la exposición a partículas respirables por parte de los trabajadores. Esto se corrobora con la Tabla 13 en la que se aprecia que los Niveles de Exposición para los 13 puntos de muestreo son Bajos.

## V. DISCUSIÓN

Son conocidos los controles de riesgo de exposición que se implementan en áreas dentro del proceso de la actividad minera, se ha revisado también, que el área de chancado es un de las más susceptibles a producir partículas respirables perjudiciales para los trabajadores (Pandey et al. 2017). Yabar, Carlos (2020) implementaron controles de ingeniería y administrativos en respuesta a una previa medición de la concentración de partículas (diseño preexperimental) en el área de chancado de una minera que arrojaban exposición ocupacional a partículas de polvo respirable con valores promedio de  $3 \text{ mg/m}^3$  y de polvo inhalable en  $13 \text{ mg/m}^3$ , que tras la implementación de controles se redujeron a  $2.2 \text{ mg/m}^3$  y  $10 \text{ mg/m}^3$  respectivamente, logrando al igual que esta investigación, la reducción de los niveles de exposición en los trabajadores.

Otras investigaciones sugieren que hay más de un aspecto que considerar en la generación de partículas respirables producto de las actividades mineras, como la de Khan y Gillies (2018) que aplicaron controles para la reducción a la exposición de trabajadores de mina de carbón a los aerosoles submicrométricos que son emitidos por motores diésel como producto de combustión incompleta. De la misma forma Massago; Chadyiwa y Nkosi (2020) tuvieron como objetivo evaluar el riesgo de exposición al polvo en dos plantas de trituración de rocas residuales de mina. Cabe recalcar que en ambos casos, solo del 75 % al 79 % de los trabajadores utilizaban su equipo de protección respiratoria correctamente, control que en el presente proyecto fue el que logró reducir los niveles de exposición de los trabajadores a 'Bajo' por como rige el Decreto Supremo N° 024-2016-EM.

Investigaciones como la de Pretorius y Strauss (2018) que se encargaron de demostrar la correlación que existe entre niveles altos de exposición a partículas respirables en los trabajadores y la aparición de enfermedades ocupacionales, justifican la realización de proyectos como el presente para prevenir esos escenarios.

Esta línea de proyectos es cada vez más estudiada para optimizar los controles de riesgo constantemente, como la investigación de Xiu *et al.* (2020) cuyo objetivo fue evaluar un modelo físico altamente simulado de la gavilla y múltiples fuentes de polvo para obtener la tasa de flujo de aire de eliminación de polvo óptima en la

mina, o la de Zhang *et al.* (2018) que tuvieron como objetivo desarrollar un nuevo tipo de supresor de polvo solidificado ecológico como medida de control para la exposición de trabajadores a polvo respirable en minas de carbón a cielo abierto. O la de Saurabh *et al.* (2020) que implementó un sistema de niebla seca en una planta de trituración y cribado de mineral de hierro para controlar la emisión de polvo respirable, cuya propuesta era tecno-económicamente viable. Así mismo, Liao *et al.* (2018) cuyo supresor de polvo complejo compuesto por surfactantes, sinergistas y celulosa se caracterizó por una alta capacidad humectante y adhesiva en adición al control por regadío que también fue implementado en este proyecto, lo que hace interesante su aplicación en futuro proyectos semejantes.

## VI. CONCLUSIONES

- La implementación de controles redujo la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de la minera en Huancavelica, 2020. Específicamente, la aplicación de controles de ingeniería respecto a la Cabina de refugio y el Riego con agua en los frentes de carguío, y los controles administrativos lograron reducir la concentración de partículas respirables por como se aprecia en las concentraciones expuestas de las tablas pretest (Tabla 4) y postest (Tabla 12). Esta reducción se corroboró con la prueba de *T Student*, cuyos valores de significancia fueron representativos de ello.
- La implementación de controles redujo el nivel de riesgo de los trabajadores en la chancadora de una minera en Huancavelica, 2020. La aplicación de controles de ingeniería y los controles administrativos lograron reducir los niveles de riesgo, mas no a categorías aceptables según NSH 0600 Partícula respirable no regulada de otra manera, siendo inicialmente 'Alto' para los PR-01 al PR-12 y 'Medio' para PR-13 (Tabla 4 - pretest) y posterior a los controles de ingeniería y administrativos (Tabla 12 – postest) 'Medio' para los PR-01 al PR-12 y 'Bajo' para PR-13.
- Finalmente, se lograron reducir los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables mediante la implementación de controles en la chancadora de una minera en Huancavelica, 2020. la implementación de los EPP Respirables posterior a la implementación de los controles de ingeniería y controles administrativos, sí lograron reducir los niveles de exposición a 'Bajo' para todos los PR (PR-01 al PR-13) por como rige el Decreto Supremo N° 024-2016-EM.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la Unidad Minera Huancavelica continúe desarrollando e implementando los controles que se ejecutaron en el desarrollo de este proyecto para así asegurar niveles aceptables de exposición ocupacional a partículas respirables en la chancadora, en base a los resultados obtenidos de la presente investigación.
- Con la implementación de los controles en el área de chancado de la Unidad minera Huancavelica, el jefe de SSOMA y el comité de salud y seguridad en el trabajo deberán establecer un cronograma de monitoreo de partículas respirables a fin de registrar la información pertinente que asegure la supervisión de la implementación de los controles y la continuidad de sus resultados.
- Reconocer la importancia del problema de estudio para que los trabajadores, la estructura administrativa, y los profesionales sean capaces de involucrarse con la reducción de la exposición ocupacional en los trabajadores de la Unidad minera Huancavelica.
- El presente estudio se puede replicar en otros sistemas de mitigación de niveles de riesgo frente a la exposición a partículas respirables en otras plantas concentradoras o chancadoras, para poder demostrar su eficiencia en la disminución de la exposición ocupacional.

## REFERENCIAS

- AGBOOLA, O., BABATUNDE, D.E., ISAAC FAYOMI, O.S., SADIKU, E.R., POPOOLA, P., MOROPENG, L., YAHAYA, A. y MAMUDU, O.A., 2020. A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. *Results in Engineering*, vol. 8, no. October, pp. 100181. ISSN 25901230. DOI 10.1016/j.rineng.2020.100181.
- AJITH, M.M., GHOSH, A.K. y JANSZ, J., 2020. Risk Factors for the Number of Sustained Injuries in Artisanal and Small-Scale Mining Operation. *Safety and Health at Work* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 50-60. ISSN 20937997. DOI 10.1016/j.shaw.2020.01.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.01.001>.
- AMRAN, S., LATIF, M.T., KHAN, M.F., GOH, E., LEMAN, A.M. y JAAFAR, S.A., 2017. Underestimation of respirable crystalline silica (RCS) compliance status among the granite crusher operators in Malaysian quarries. *Air Quality, Atmosphere and Health*, vol. 10, no. 3, pp. 371-379. ISSN 18739326. DOI 10.1007/s11869-016-0439-7.
- AYUSO, S.L., 2020. *Disasters and Loss of Life: New Evidence on the Effect of Disaster Risk Management Governance in Latin America and the Caribbean* [en línea]. First. S.I.: Inter-American Development Bank. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Disasters-and-Loss-of-Life-New-Evidence-on-the-Effect-of-Disaster-Risk-Management-Governance-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>.
- AZUERO, Á.E., 2019. Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, vol. 4, no. 8, pp. 110-127. ISSN 2542-3088. DOI 10.35381/r.k.v4i8.274.
- BATALLANOS GUEVARA, A.D., 2018. *Estudio experimental de los efectos a la salud ocupacional de los trabajadores de la unidad de chancado de mineral, por la exposición a polvo respirable con contenido de sílice*. S.I.: Universidad Tecnológica Del Perú.
- CAMARGO, Y., 2012. Partículas respirables en el aire generalidades y monitoreo en latinoamérica. *Inge-Cuc*, vol. 8, no. 1, pp. 293-312. ISSN 0122-

6517.

CASTRO, F., 2003. *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. 2a. ed. Caracas: Editorial Uyapar. ISBN 980-6629-00-0.

CHEN, Q., WANG, M., SUN, H., WANG, X., WANG, Y., LI, Y., ZHANG, L. y MU, Z., 2018. Enhanced health risks from exposure to environmentally persistent free radicals and the oxidative stress of PM<sub>2.5</sub> from Asian dust storms in Erenhot, Zhangbei and Jinan, China. *Environment International* [en línea], vol. 121, no. August, pp. 260-268. ISSN 18736750. DOI 10.1016/j.envint.2018.09.012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.012>.

CODELCO CHILE, 2018. «*Reduciendo la roca*». 2018. S.l.: Codelcoeduca.

DECRETO SUPREMO N° 024-2016-EM, 2016. *Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería*. 2016. Lima: Diario Oficial El Peruano.

DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR, 2012. *Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el trabajo*. 2012. Lima: Diario Oficial El Peruano.

DEPARTMENT OF HUMANITARIAN AFFAIRS, 2000. *Glosario multilingüe de términos convenidos internacionalmente relativos a la gestión de desastres*. Geneva: United Nations.

DIRECCIÓN GENERAL DE FORMALIZACIÓN MINERA /MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2017. *Catálogo de Medidas Ambientales en el marco del IGAFOM*. 2017. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

DOMINGO, J.L. y ROVIRA, J., 2020. Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections. *Environmental Research*, vol. 187, no. May, pp. 109650. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2020.109650.

EL-DAIRI, M. y HOUSE, R.J., 2019. *Living with Risk* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. ISBN 9780323609845. Disponible en: <https://cyberleninka.ru/article/n/living-with-risk-of-natural-disasters/viewer>.

ELGSTRAND, K., SHERSON, D.L., JØRS, E., NOGUEIRA, C., THOMSEN, J.F., FINGERHUT, M., BURSTRÖM, L., RINTAMÄKI, H., APUD, E., OÑATE, E. y OTHERS, 2017. *Safety and Health in Mining: Part 1*. 2017. S.l.: s.n.

ENTWISTLE, J.A., HURSTHOUSE, A.S., MARINHO REIS, P.A. y STEWART, A.G., 2019. Metalliferous Mine Dust: Human Health Impacts and the Potential Determinants of Disease in Mining Communities. *Current Pollution Reports* [en línea], vol. 5, no. 3, pp. 67-83. ISSN 21986592. DOI 10.1007/s40726-019-00108-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00108-5>.

FERNÁNDEZ, V.H., 2020. Tipos de justificación en la investigación científica. *Espí-ritu Emprendedor TES*, vol. 4, no. 3, pp. 65-76. ISSN 2602-8093. DOI 10.33970/eetes.v4.n3.2020.207.

GALLARDO, E., 2017. *Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo I*. Huancayo: Universidad Continental. ISBN 978-612-4196.

GAUTAM, S., PATRA, A.K., SAHU, S.P. y HITCH, M., 2018. Particulate matter pollution in opencast coal mining areas: a threat to human health and environment. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment* [en línea], vol. 32, no. 2, pp. 75-92. ISSN 17480949. DOI 10.1080/17480930.2016.1218110. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1218110>.

GENDLER, S.G., TUMANOV, M. V. y LEVIN, L.Y., 2021. Principles for selecting, training and maintaining skills for safe work of personnel for mining industry enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* [en línea], no. 2, pp. 156-162. ISSN 22232362. DOI 10.33271/nvngu/2021-2/156. Disponible en: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/156>.

GODDERIS, L., 2018. Occupational health: The global evidence and value. *Journal of Health, Safety and Environment*, vol. 34, no. 2. ISSN 22051104.

HALTERMAN, A., SOUSAN, S. y PETERS, T.M., 2018. Comparison of respirable mass concentrations measured by a personal dust monitor and a personal DataRAM to gravimetric measurements. *Annals of Work Exposures and Health* [en línea], vol. 62, no. 1, pp. 62-71. ISSN 23987316. DOI 10.1093/annweh/wxx083. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/annweh/wxx083>.

<https://doi.org/10.1093/annweh/wxx083>.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2010. *Metodología de la Investigación*. 5°. México D.F.: Mc Graw Hill Education. ISBN 9786071502919.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. y MENDOZA TORRES, C.P., 2018. *Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. S.I.: s.n. ISBN 978-1-4562-6096-5.

INSTITUTO ESPAÑOL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, 1999. *NTP 526: Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España*. 1999. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE, 2019. *Guía para la Selección y Control de Equipos de Protección Respiratoria*. 2019. Santiago de Chile: Instituto de Salud Pública de Chile.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018. *Normal Internacional ISO 45001*. 2018. Ginebra: Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, 1990. *Glossary of atmospheric chemistry terms*. Edición 2. S.I.: Applied Chemistry Division.

JAFARI, H., VOSOUGHI, S., ABOLGHASEMI, J. y EBRAHIMI, H., 2020. Development and validation checklist for the health, safety and environment management system auditing in the surface mines. *Iran Occupational Health* [en línea], vol. 17, no. 1. ISSN 22287493. Disponible en: <http://ioh.iums.ac.ir/article-1-2959-en.pdf>.

KHAN, M. y GILLIES, A., 2018. *Diesel particulate matter: Monitoring and control improves safety and air quality*. S.I.: Elsevier Ltd. ISBN 9780081012888.

KINNEY, P.L., 2018. Air pollution, Climate Change and Human Health Lectures. *Climate Change and Health* [en línea], vol. 5, pp. 179-186. DOI 10.1007/s40572-018-0188-x. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0188-x>.

LIAO, Q., FENG, G., FAN, Y., HU, S., SHAO, H. y HUANG, Y., 2018. Experimental investigations and field applications of chemical suppressants for dust control in coal mines. *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018. ISSN 16878442. DOI 10.1155/2018/6487459.

MANCINI, L. y SALA, S., 2018. Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks. *Resources Policy* [en línea], vol. 57, no. January, pp. 98-111. ISSN 03014207. DOI 10.1016/j.resourpol.2018.02.002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>.

MANRRIQUE, V., 2016. Evaluation of risk for occupational exposure in a carbon mine in socha boyaca. *Salud Historia Sanidad on line*, vol. 11, no. 2, pp. 105-114.

MATOS, Z. y MATOS, C., 2010. La construcción del marco teórico en la investigación educativa. Apuntes para su orientación metodológica en la tesis. *EduSol*, vol. 10, no. 31, pp. 92-105. ISSN 1729-8091.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2005. *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones - Subsector Minería*. 2005. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2020a. Estadística de Enfermedades Ocupacionales en Minería. *Ventanilla virtual*.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2020b. *Reglamento de seguridad y salud en el trabajo D.S. N° 024-2016 modificado por D.S. N° 023-2017*. Edición es. Lima: a Dirección de Promoción Minera.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2017. *Decreto Supremo No. 003-2017-MINAM*. 2017. Lima: Diario Oficial El Peruano.

NAGESHA, K. V., KUMAR, H. y MURALIDHAR SINGH, M., 2019. Development of statistical models to predict emission rate and concentration of particulate matters (PM) for drilling operation in opencast mines. *Air Quality, Atmosphere and Health* [en línea], vol. 12, no. 9, pp. 1073-1079. ISSN 18739326. DOI 10.1007/s11869-019-00723-7. Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/s11869-019-00723-7>.

NESTOR, D. V, PASURKA, C.A. y ORG ECON COOPERAT, D.E. V, 1996. The US environmental protection industry: A proposed framework for assessment. *Environment Industry: the Washington Meeting*,

NIKULIN, A. y NIKULINA, Y., 2017. Assessment of occupational health and safety effectiveness at a mining company. *Ecology, Environment and Conservation*, vol. 23, no. 1, pp. 351-355. ISSN 0971765X.

NIOSH, 2003. *NIOSH manual of analytical methods (NMAM) 0600: Respirable particulates not otherwise regulated gravimetric*. 2003. S.I.: NIOSH.

PANDEY, J.K., AGARWAL, D., GORAIN, S., DUBEY, R.K., VISHWAKARMA, M.K., MISHRA, K.K. y PAL, A.K., 2017. Characterisation of respirable dust exposure of different category of workers in Jharia Coalfields. *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 10, no. 7. ISSN 18667538. DOI 10.1007/s12517-017-2974-4.

PATTERSON, J.J. y HUITEMA, D., 2019. Institutional innovation in urban governance: The case of climate change adaptation. *Journal of Environmental Planning and Management* [en línea], vol. 62, no. 3, pp. 374-398. ISSN 13600559. DOI 10.1080/09640568.2018.1510767. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1510767>.

PEDROSA, I., JUARROS-BASTERRETXEA, J., ROBLES-FERNÁNDEZ, A., BASTEIRO, J. y GARCÍA-CUETO, E., 2015. Shapiro Wilk. , no. 1, pp. 245-254. DOI 10.11144/Javeriana.upsy13-5.pbad.

PETRORIUS, L. y STRAUSS, B., 2018. Dust Control Measures in the Reduction of Silica Exposure on Surface Mines. *Corobrik Pty (Ltd) Edenvale*, vol. 75, no. Suppl 2, pp. 2-3.

REED, W.R. y WESTMAN, E.C., 2005. A model for predicting the dispersion of dust from a haul truck. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, vol. 19, no. 1, pp. 66-74. ISSN 13895265. DOI 10.1080/13895260412331314220.

ROJANO, R.E., ANGULO, L.C. y RESTREPO, G., 2013. Niveles de partículas

suspendidas totales (PST), PM10 y PM2.5 y su relación en lugares públicos de la ciudad riohacha, caribe colombiano. *Informacion Tecnologica*, vol. 24, no. 2, pp. 37-46. ISSN 07168756. DOI 10.4067/S0718-07642013000200006.

SAHU, S.P., PATRA, A.K. y KOLLURU, S.S.R., 2018. Spatial and temporal variation of respirable particles around a surface coal mine in India. *Atmospheric Pollution Research*, vol. 9, no. 4, pp. 662-679. ISSN 13091042. DOI 10.1016/j.apr.2018.01.010.

SAURABH, K., CHAULYA, S.K., SINGH, R.S., KUMAR, S. y MISHRA, K.K., 2020. Intelligent dry fog dust suppression system: an efficient technique for controlling air pollution in the mineral processing plant. *Clean Technologies and Environmental Policy*, no. 0123456789. ISSN 16189558. DOI 10.1007/s10098-020-01991-z.

SEPADI, M.M., CHADYIWA, M. y NKOSI, V., 2020. Platinum mine workers' exposure to dust particles emitted at mine waste rock crusher plants in limpopo, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 2. ISSN 16604601. DOI 10.3390/ijerph17020655.

SILVA, V., AMO-ODURO, D., CALDERON, A., COSTA, C., DABBEEK, J., DESPOTAKI, V., MARTINS, L., PAGANI, M., RAO, A., SIMIONATO, M., VIGANÒ, D., YEPES-ESTRADA, C., ACEVEDO, A., CROWLEY, H., HORSPOOL, N., JAISWAL, K., JOURNEAY, M. y PITTORE, M., 2020. Development of a global seismic risk model. *Earthquake Spectra* [en línea], vol. 36, no. 1\_suppl, pp. 372-394. ISSN 87552930. DOI 10.1177/8755293019899953. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/8755293019899953>.

TETZLAFF, E.J., GOGGINS, K.A., PEGORARO, A.L., DORMAN, S.C., PAKALNIS, V. y EGER, T.R., 2021. Safety Culture: A Retrospective Analysis of Occupational Health and Safety Mining Reports. *Safety and Health at Work* [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 201-208. ISSN 20937997. DOI 10.1016/j.shaw.2020.12.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.12.001>.

TREMBLAY, A. y BADRI, A., 2018. Assessment of occupational health and

safety performance evaluation tools: State of the art and challenges for small and medium-sized enterprises. *Safety Science* [en línea], vol. 101, no. May 2017, pp. 260-267. ISSN 18791042. DOI 10.1016/j.ssci.2017.09.016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2017.09.016>.

TURCIOS, R.A.S., 2015. T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, vol. 26, no. 1, pp. 59-61. ISSN 01882198.

VALDERRAMA, S., 2015. *Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica Cualitativa, Cuantitativa y Mixta*. 2da Edició. Lima: Editorial San Marcos. ISBN 978-612-302-878-7.

WANNOUS, C. y VELASQUEZ, G., 2017. Advancing Culture of Living with Landslides. *Advancing Culture of Living with Landslides* [en línea], no. Icl. DOI 10.1007/978-3-319-59469-9. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59469-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59469-9_6).

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003. *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. 2003. Boon, Germany: WHO Working Group.

WU, H.W. y GILLIES, S., 2019. *Review of Real-Time Respirable Dust Survey Findings in Australian Coal Mines* [en línea]. 11. S.l.: Springer Singapore. ISBN 9789811314209. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-1420-9\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-1420-9_15).

XIU, Z., NIE, W., YAN, J., CHEN, D., CAI, P., LIU, Q., DU, T. y YANG, B., 2020. Numerical simulation study on dust pollution characteristics and optimal dust control air flow rates during coal mine production. *Journal of Cleaner Production*, vol. 248. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119197.

YABAR, C., 2020. *Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro en la planta chancadora del área San Nicolás - Marcona*. S.l.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

YADAV, A.K. y JAMAL, A., 2018. Impact of mining on human health in and around mines. *Environmental Quality Management*, vol. 28, no. 1, pp. 83-87. ISSN 15206483. DOI 10.1002/tqem.21568.

ZHANG, H., NIE, W., LIU, Y., WANG, H., JIN, H. y BAO, Q., 2018. Synthesis and performance measurement of environment-friendly solidified dust suppressant for open pit coalmine. *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 135, no. 29, pp. 1-11. ISSN 10974628. DOI 10.1002/app.46505.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
GENERAL	¿Cómo la implementación de controles reduciría los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020?	Implementar controles para reducir los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020	La implementación de controles reducirá los niveles de exposición de los trabajadores a partículas respirables en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020
ESPECÍFICOS	¿Cómo la implementación de controles reduce la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020?	Implementar controles para reducir la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020	La implementación de controles reducirá la concentración de partículas respirables por los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020
	¿Cómo la implementación de controles reduce el nivel de riesgo de exposición a partículas respirables de los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020?	Implementar controles para reducir el nivel de riesgo de exposición a partículas respirables de los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020	La implementación de controles reducirá el nivel de riesgo de exposición a partículas respirables de los trabajadores en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE: IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES DE RIESGOS	Como se describe en el Decreto Supremo N° 005-2012-TR (2012): En cuanto está orientado a disminuir los riesgos, se basa en propuestas de medidas correctivas, el mandato en el cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia en la seguridad.	El control de ingeniería se implementará mediante controles de ingenierías, controles administrativos y control con EPP Respiratoria.	CONTROL DE INGENIERIA	<p><b>Caseta de refugio:</b> % de cumplimiento de <i>chek list</i> diario (30 DIAS) = Números de <i>chek list</i> /30 *100</p> <p>% de las características optimas del <i>chek list</i> diario = sumatoria de puntos (BUENO) /5 * 100</p> <p><b>Riego con agua en los frentes de carguío:</b> % de cumplimiento de <i>chek list</i> diario (30 DIAS) = Números de <i>chek list</i> /90 *100</p> <p>% de las características optimas del <i>chek list</i> diario = sumatoria de puntos (BUENO) /4 * 100</p>	Ordinal
			CONTROL ADMINISTRATIVO	<p><b>Programa de rotación de puestos de trabajo:</b> % de cumplimiento de realizar el programa mensual en 1 año = Números de programas elaborados /12*100</p> <p><b>Capacitación del uso correcto del equipo protección respiratoria:</b> % de asistencia = número de trabajadores asistidos/12 * 100</p> <p>% de exámenes aprobados = total números aprobados/12 * 100</p>	Ordinal
			EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RESPIRATORIA	<p><b>Equipo de protección respiratoria:</b> % de cumplimiento de entrega de EPP = número de equipos entregados / 12 *100</p> <p>% de cumplimiento de inspección de EPP diaria en 30 días = número de inspecciones/30 * 100</p>	Ordinal

<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EXPOSICIÓN DE PARTICULAS RESPIRABLES</b>	Estar en contacto con todos los agente físico, químico o biológico que son dañino como resultado de una actividad de cada uno de nuestros colaboradores. "Es cuantificable en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, relacionado al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable". NTP 526 (Instituto Español de Seguridad e Higiene en el Trabajo 1999)	La exposición a partículas respirables se medirá calculando su concentración promedia ponderada.	<b>CONCENTRACIÓN DE PARTICULAS RESPIRABLES</b>	<b>Hallando la concentración de partículas:</b> $C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ <b>Comparando con los límites máximos permisibles según Decreto Supremo N° 024-2016-EM</b> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Agentes Químicos en el aire</th> <th colspan="2">Límites de Exposición Ocupacional</th> </tr> <tr> <td></td> <th colspan="2">TWA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Polvo Respirable</td> <td>3</td> <td>mg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Agentes Químicos en el aire	Límites de Exposición Ocupacional			TWA		Polvo Respirable	3	mg/m <sup>3</sup>	De razones  Ordinal					
			Agentes Químicos en el aire	Límites de Exposición Ocupacional															
	TWA																		
Polvo Respirable	3	mg/m <sup>3</sup>																	
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>Hallando la concentración de partículas:</b> $C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ <b>Comparando con los límites máximos permisibles según Decreto Supremo N° 024-2016-EM</b> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Agentes Químicos en el aire</th> <th colspan="2">Límites de Exposición Ocupacional</th> </tr> <tr> <td></td> <th colspan="2">TWA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Polvo Respirable</td> <td>3</td> <td>mg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table> <b>Clasificando el resultado de la concentración de partículas respirables vs LMP en el cuadro de nivel de riesgo según Decreto Supremo N° 024-2016-EM</b> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Criticidad – Nivel de Riesgo</th> <th>Rangos de Valoración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Bajo</span></td> <td>Bajo nivel de acción (50% de LMP)</td> </tr> <tr> <td>2 <span style="background-color: #FFFF00; padding: 2px;">Medio</span></td> <td>Sobre el Nivel de Acción (50% de LMP) y debajo del LMP</td> </tr> <tr> <td>3 <span style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">Alto</span></td> <td>Sobre el LMP</td> </tr> </tbody> </table>	Agentes Químicos en el aire	Límites de Exposición Ocupacional			TWA		Polvo Respirable	3	mg/m <sup>3</sup>	Criticidad – Nivel de Riesgo	Rangos de Valoración	1 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Bajo</span>	Bajo nivel de acción (50% de LMP)	2 <span style="background-color: #FFFF00; padding: 2px;">Medio</span>	Sobre el Nivel de Acción (50% de LMP) y debajo del LMP	3 <span style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">Alto</span>	Sobre el LMP	De razones  De intervalos  Ordinal
Agentes Químicos en el aire	Límites de Exposición Ocupacional																		
	TWA																		
Polvo Respirable	3	mg/m <sup>3</sup>																	
Criticidad – Nivel de Riesgo	Rangos de Valoración																		
1 <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">Bajo</span>	Bajo nivel de acción (50% de LMP)																		
2 <span style="background-color: #FFFF00; padding: 2px;">Medio</span>	Sobre el Nivel de Acción (50% de LMP) y debajo del LMP																		
3 <span style="background-color: #FF0000; padding: 2px;">Alto</span>	Sobre el LMP																		

Anexo 3. Validez de los instrumentos de recolección de datos

**CARTA DE PRESENTACIÓN**

Señor(a)(ita): Mg: Lino Rodriguez Alegre

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted, para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EAP de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Implementación de controles para reducir exposición de partículas respirables del trabajador en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020.”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

---

Firma

Ruiz Seias, Dante

D.N.I: 40354814

---

Firma

Llashag Javier, Hugolino Santos

D.N.I: 40214350

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE Y LAS DIMENSIONES

**Variable Independiente:** CONTROL DE RIESGOS

Basado en la información obtenida en la evaluación de riesgos, al proceso de toma de decisiones producto de ello, se denomina control de riesgos. En cuanto está orientado a reducir los riesgos, se basa en propuestas de medidas correctivas, el mandato de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia. DECRETO SUPREMO N° 005- (2012)

**Dimensiones de la variable:** CONTROL DE RIESGOS

### Dimensión 1 CONTROLES DE INGENIERÍA

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001, la implementación de medidas de protección colectiva basado en:

- Concentración de partículas respirables (3mg/m<sup>3</sup>) en el cuarto de refugio.
- Chek list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme).
- Inventario de riego a los volquetes con roca (debe ser igual al número de volquetes que salen del área de extracción por día).

### Dimensión 2 CONTROL ADMINISTRATIVO

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001, entregar instrucciones apropiadas a los trabajadores, además de gestionar programas de vigilancia de la salud o médica para los trabajadores que han sido identificados en situación de riesgo:

- Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral.
- Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo.
- Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos.

### Dimensión 3 EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA (EPR)

Es un tipo particular de equipo de protección personal (EPP), que se utiliza para proteger al usuario individual contra la inhalación de sustancias peligrosas en el aire del lugar de trabajo (incluyendo instrucciones para la utilización y el mantenimiento del mismo). Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001.

**Variable Dependiente:** EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES

Contacto con un agente físico, químico o biológico potencialmente dañino como resultado del trabajo de uno. "Es cuantificable en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, relacionado al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable". NTP 526: Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España (1999)

**Dimensiones de la variable:** EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES

### Dimensión 1 CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$$

**Tabla 2.** Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable

**Tabla 3.** Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhablable

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES DE RIESGOS</b>	Es el proceso de toma de decisiones basadas en la información obtenida en la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los riesgos a través de la propuesta de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia (DS 005-2012-TR, p.33).	El control de riesgos se llevará a cabo mediante control de ingeniería, control administrativo, control, el empleo de EPPs.	<b>CONTROL DE INGENIERÍA</b>	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ Concentración de partículas respirables (3mg/m3) en el cuarto de refugio.	Razón
				Check list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme) (Anexo N°4)	Intervalo
				Inventario de riego a los volquetes con roca ( debe ser igual al numero de volquetes que salen del area de extracción por día).	Intervalo
			<b>CONTROL ADMINISTRATIVO</b>	Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral (Anexo N°4)	Intervalo
				Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo (Anexo N°4)	
				Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos Aprobado con nota:16 de 20 preguntas (Anexo N°4)	
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	Instrucciones para el uso y mantenimiento de EPR	Intervalo			
	$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Limite de exposición permitido}}$	Razón			
<b>VARIABLE DEPENDIENTE EXPOSICIÓN DE PARTICULAS RESPIRABLES</b>	Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador. Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación. Se cuantifican en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, referida al mismo periodo de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En consecuencia, pueden definirse dos tipos de exposición (DS N° 024-2016-EM Anexo N° 15).	La exposición de partículas respirables se medirá calculando la concentración promedio ponderada.	<b>Concentración promedio ponderada</b>	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ <b>Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable</b> <b>Tabla 3. Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b>	Razón

Fuente: Elaboración Propia

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: CONTROL DE RIESGOS</b>							
	<b>Dimensión 1: CONTROL DE INGENIERÍA</b>							
	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ Concentración de partículas respirables (3mg/m3) en el cuarto de refugio.	x		x		x		
	Chek list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme) (Anexo N°4)	x		x		x		
	Inventario de riego a los volquetes con roca ( debe ser igual al numero de volquetes que salen del area de extracción por día).	x		x		x		
	<b>Dimensión 2: CONTROL DE INGENIERÍA</b>							
	Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral.	x		x		x		
	Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo.	x		x		x		
	Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos Aprobado con nota:16 de 20 preguntas.	x		x		x		
	<b>Dimensión 3: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>							
	Instrucciones para el uso y mantenimiento de EPR	x		x		x		
	$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Límite de exposición permitido}}$	x		x		x		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EXPOSICIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES</b>							
	<b>Dimensión 1: CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA</b>							
	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ <b>Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b> <b>Tabla 3. Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b>	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **Es pertinente**

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [ x ]**    **Aplicable después de corregir [ ]**    **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ **Mag. Lino Rodriguez Alegre**    DNI: 06535058

Especialidad del validador: **Ing. Pesquero Tecnólogo Mag. Administración**

**06 de junio del 2020**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.



## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): Molina Vilchez, Jaime Enrique

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted, para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EAP de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Implementación de controles para reducir exposición de partículas respirables del trabajador en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020.”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

---

Firma

Ruiz Seías, Dante

D.N.I: 40354814

---

Firma

Llashag Javier, Hugolino Santos

D.N.I: 40214350

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE Y LAS DIMENSIONES

### **Variable Independiente:** CONTROL DE RIESGOS

Basado en la información obtenida en la evaluación de riesgos, al proceso de toma de decisiones producto de ello, se denomina control de riesgos. En cuanto está orientado a reducir los riesgos, se basa en propuestas de medidas correctivas, el mandato de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia. DECRETO SUPREMO N° 005- (2012)

### **Dimensiones de la variable:** CONTROL DE RIESGOS

#### **Dimensión 1 CONTROLES DE INGENIERÍA**

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001, la implementación de medidas de protección colectiva basado en:

- Concentración de partículas respirables (3mg/m<sup>3</sup>) en el cuarto de refugio.
- Chek list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme).
- Inventario de riego a los volquetes con roca (debe ser igual al número de volquetes que salen del área de extracción por día).

#### **Dimensión 2 CONTROL ADMINISTRATIVO**

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001, entregar instrucciones apropiadas a los trabajadores, además de gestionar programas de vigilancia de la salud o médica para los trabajadores que han sido identificados en situación de riesgo:

- Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral.
- Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo.
- Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos.

#### **Dimensión 3 EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA (EPR)**

Es un tipo particular de equipo de protección personal (EPP), que se utiliza para proteger al usuario individual contra la inhalación de sustancias peligrosas en el aire del lugar de trabajo (incluyendo instrucciones para la utilización y el mantenimiento del mismo). Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001.

### **Variable Dependiente:** EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES

Contacto con un agente físico, químico o biológico potencialmente dañino como resultado del trabajo de uno. "Es cuantificable en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, relacionado al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable". NTP 526: Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España (1999)

### **Dimensiones de la variable:** EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES

#### **Dimensión 1 CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA**

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$$

**Tabla 2.** Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable

**Tabla 3.** Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhablable

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES DE RIESGOS</b>	Es el proceso de toma de decisiones basadas en la información obtenida en la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los riesgos a través de la propuesta de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia (DS 005-2012-TR, p.33).	El control de riesgos se llevará a cabo mediante control de ingeniería, control administrativo, control, el empleo de EPPs.	<b>CONTROL DE INGENIERÍA</b>	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^6 \frac{mg}{m^3}$ Concentración de partículas respirables (3mg/m3) en el cuarto de refugio.	Razón
				Check list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme) (Anexo N°4)	Intervalo
				Inventario de riego a los volquetes con roca ( debe ser igual al numero de volquetes que salen del area de extracción por día).	Intervalo
			<b>CONTROL ADMINISTRATIVO</b>	Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral (Anexo N°4)	Intervalo
				Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo (Anexo N°4)	
				Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos Aprobado con nota:16 de 20 preguntas (Anexo N°4)	
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	Instrucciones para el uso y mantenimiento de EPR	Intervalo			
	$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Limite de exposición permitido}}$	Razón			
<b>VARIABLE DEPENDIENTE EXPOSICIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES</b>	Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador. Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación. Se cuantifican en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, referida al mismo periodo de referencia que el utilizado para el valor limite aplicable. En consecuencia, pueden definirse dos tipos de exposición (DS N° 024-2016-EM Anexo N° 15).	La exposición de partículas respirables se medirá calculando la concentración promedio ponderada.	<b>Concentración promedio ponderada</b>	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^6 \frac{mg}{m^3}$ <b>Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable</b> <b>Tabla 3. Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b>	Razón

Fuente: Elaboración Propia

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: CONTROL DE RIESGOS</b>							
	Dimensión 1: CONTROL DE INGENIERÍA	X		X		X		
	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ Concentración de partículas respirables (3mg/m <sup>3</sup> ) en el cuarto de refugio.							
	Chek list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme) (Anexo N°4)	X		X		X		
	Inventario de riego a los volquetes con roca ( debe ser igual al numero de volquetes que salen del area de extracción por día).	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: CONTROL DE INGENIERÍA</b>							
	Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral.	X		X		X		
	Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo.	X		X		X		
	Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos Aprobado con nota:16 de 20 preguntas.	X		X		X		
	<b>Dimensión 3: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>							
	Instrucciones para el uso y mantenimiento de EPR	X		X		X		
	$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Limite de exposición permitido}}$							
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EXPOSICIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES</b>							
	Dimensión 1: CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA							
	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ <b>Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable</b> <b>Tabla 3. Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b>	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable [ X ]**    **Aplicable después de corregir [ ]**    **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Molina Vilchez, Jaime Enrique    DNI: 06019540

Especialidad del validador: Ingeniero industrial CIP 100497.....

Lima, 07 de Junio de 2020

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
\_\_\_\_\_

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): Mg: José La Rosa Zeña Ramos

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted, para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EAP de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Implementación de controles para reducir exposición de partículas respirables del trabajador en la chancadora de una minera, Huancavelica, 2020.”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

---

Firma

Ruiz Seias, Dante

D.N.I: 40354814

---

Firma

Llashag Javier, Hugolino Santos

D.N.I: 40214350

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE Y LAS DIMENSIONES

**Variable Independiente:** CONTROL DE RIESGOS

Basado en la información obtenida en la evaluación de riesgos, al proceso de toma de decisiones producto de ello, se denomina control de riesgos. En cuanto está orientado a reducir los riesgos, se basa en propuestas de medidas correctivas, el mandato de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia. DECRETO SUPREMO N° 005- (2012)

**Dimensiones de la variable:** CONTROL DE RIESGOS

### Dimensión 1 CONTROLES DE INGENIERÍA

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001, la implementación de medidas de protección colectiva basado en:

- Concentración de partículas respirables (3mg/m<sup>3</sup>) en el cuarto de refugio.
- Chek list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme).
- Inventario de riego a los volquetes con roca (debe ser igual al número de volquetes que salen del área de extracción por día).

### Dimensión 2 CONTROL ADMINISTRATIVO

En concordancia con lo sugerido por la Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001, entregar instrucciones apropiadas a los trabajadores, además de gestionar programas de vigilancia de la salud o médica para los trabajadores que han sido identificados en situación de riesgo:

- Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral.
- Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo.
- Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos.

### Dimensión 3 EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA (EPR)

Es un tipo particular de equipo de protección personal (EPP), que se utiliza para proteger al usuario individual contra la inhalación de sustancias peligrosas en el aire del lugar de trabajo (incluyendo instrucciones para la utilización y el mantenimiento del mismo). Organización Internacional de Normalización (2018) ISO: 45001.

**Variable Dependiente:** EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES

Contacto con un agente físico, químico o biológico potencialmente dañino como resultado del trabajo de uno. "Es cuantificable en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, relacionado al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable". NTP 526: Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España (1999)

**Dimensiones de la variable:** EXPOSICIÓN A PARTÍCULAS RESPIRABLES

### Dimensión 1 CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$$

**Tabla 2.** Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable

**Tabla 3.** Nivel de Riesgo – Polvo Respirable y Polvo Inhahlable

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES DE RIESGOS</b>	Es el proceso de toma de decisiones basadas en la información obtenida en la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los riesgos a través de la propuesta de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia (DS 005-2012-TR, p.33).	El control de riesgos se llevará a cabo mediante control de ingeniería, control administrativo, control, el empleo de EPPs.	<b>CONTROL DE INGENIERÍA</b>	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^6 \frac{mg}{m^3}$ Concentración de partículas respirables (3mg/m3) en el cuarto de refugio.	Razón
				Check list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme) (Anexo N°4)	Intervalo
				Inventario de riego a los volquetes con roca ( debe ser igual al numero de volquetes que salen del area de extracción por día).	Intervalo
			<b>CONTROL ADMINISTRATIVO</b>	Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral (Anexo N°4)	Intervalo
				Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo (Anexo N°4)	
				Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos Aprobado con nota:16 de 20 preguntas (Anexo N°4)	
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	Instrucciones para el uso y mantenimiento de EPR	Intervalo			
	$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Limite de exposición permitido}}$	Razón			
<b>VARIABLE DEPENDIENTE EXPOSICIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES</b>	Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador. Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación. Se cuantifican en términos de la concentración del agente obtenido de las mediciones de exposición, referida al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En consecuencia, pueden definirse dos tipos de exposición (DS N° 024-2016-EM Anexo N° 15).	La exposición de partículas respirables se medirá calculando la concentración promedio ponderada.	<b>Concentración promedio ponderada</b>	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^6 \frac{mg}{m^3}$ <b>Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo inhalable</b> <b>Tabla 3. Nivel de Riesgo - Polvo Respirable y Polvo inhalable</b>	Razón

Fuente: Elaboración Propia

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: CONTROL DE RIESGOS</b>							
	<b>Dimensión 1: CONTROL DE INGENIERÍA</b>							
	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ Concentración de partículas respirables (3mg/m3) en el cuarto de refugio.	✓		✓		✓		
	Check list diario del cuarto de refugio (conforme, no conforme) (Anexo N°4)	✓		✓		✓		
	Inventario de riego a los volquetes con roca ( debe ser igual al numero de volquetes que salen del area de extracción por día).	✓		✓		✓		
	<b>Dimensión 2: CONTROL DE INGENIERÍA</b>							
	Check list de equipo de protección respiratoria al inicio de la actividad laboral.	✓		✓		✓		
	Cronograma mensual de rotación de puestos de trabajo.	✓		✓		✓		
	Capacitación y evaluación del uso correcto de los protectores auditivos Aprobado con nota:16 de 20 preguntas.	✓		✓		✓		
	<b>Dimensión 3: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>							
	Instrucciones para el uso y mantenimiento de EPR							
	$IP = \frac{\text{Concentración contaminante}}{\text{Limite de exposición permitido}}$	✓		✓		✓		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: EXPOSICIÓN DE PARTICULAS RESPIRABLES</b>							
	<b>Dimensión 1: CONCENTRACIÓN PROMEDIO PONDERADA</b>							
	$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \frac{mg}{m^3}$ <b>Tabla 2. Límites de exposición de Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b> <b>Tabla 3. Nivel de Riesgo - Polvo Respirable y Polvo Inhalable</b>	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):     HAY SUFICIENCIA    

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable [X]**       **Aplicable después de corregir [ ]**       **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: José La Rosa Zeña Ramos       **DNI: 17533125**

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

**06 de Junio del 2020**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.



Firma del Experto Informante.

Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

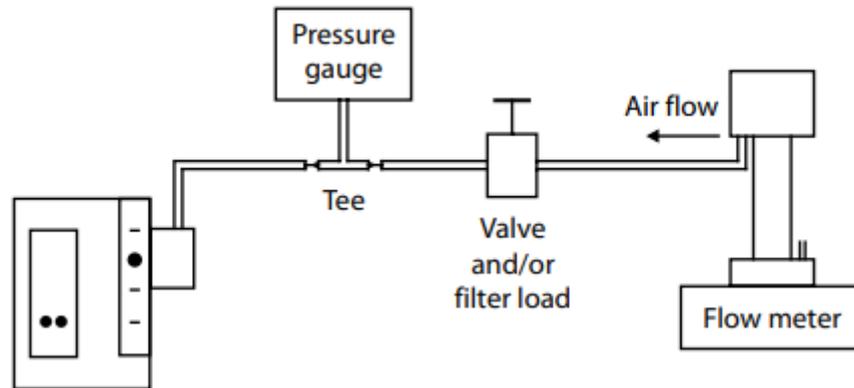


Figura 11. Diagrama de bloques de la configuración de la bomba / carga / caudalímetro.

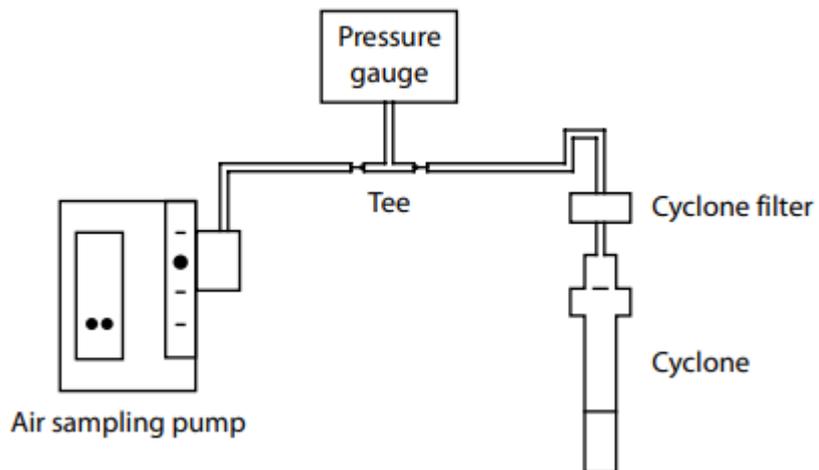


Figura 12. Diagrama de bloques con ciclón como carga de prueba.

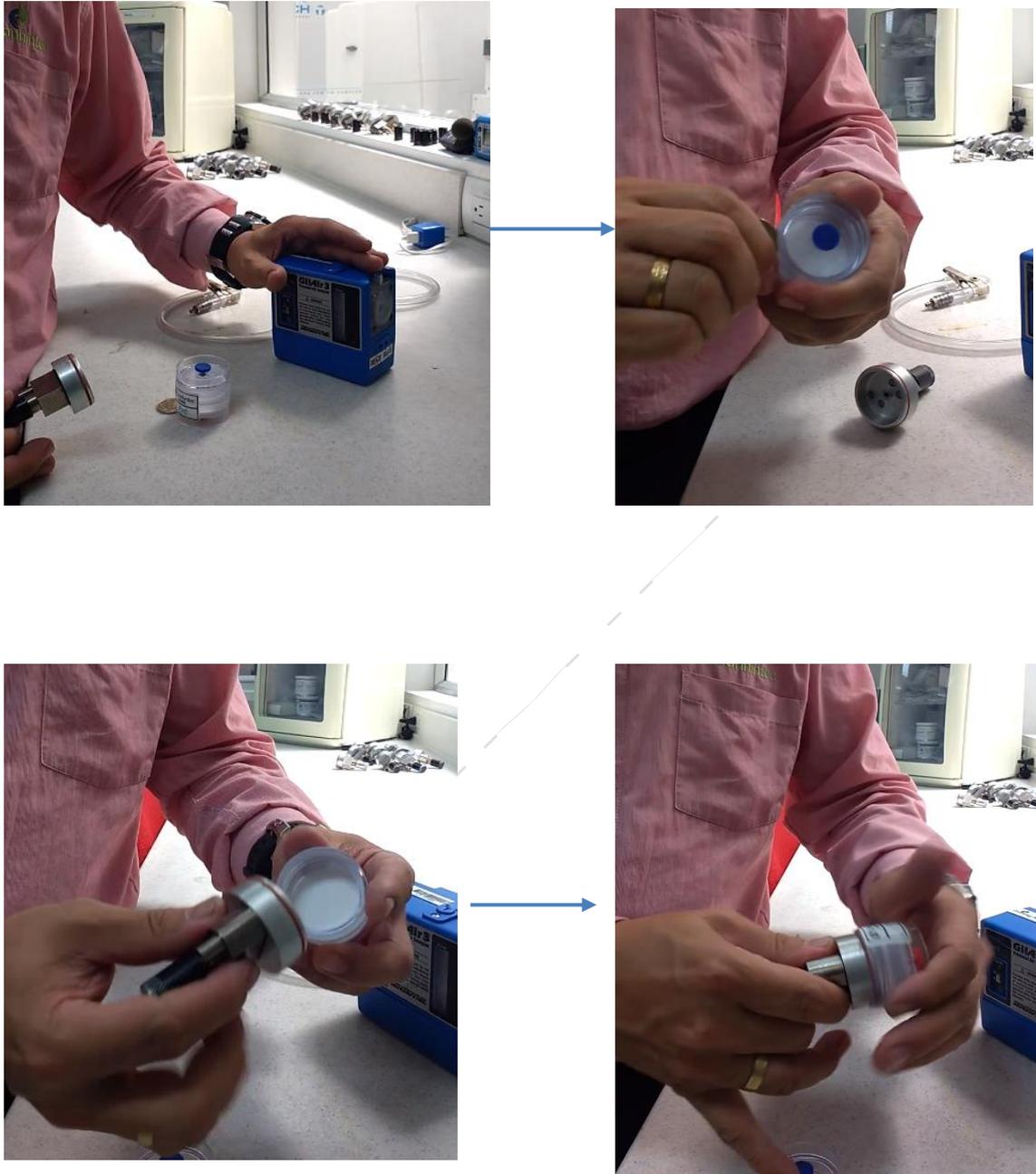


Figura 13. Toma de muestras - Fase 1



Figura 14. Toma de muestras – Fase 2

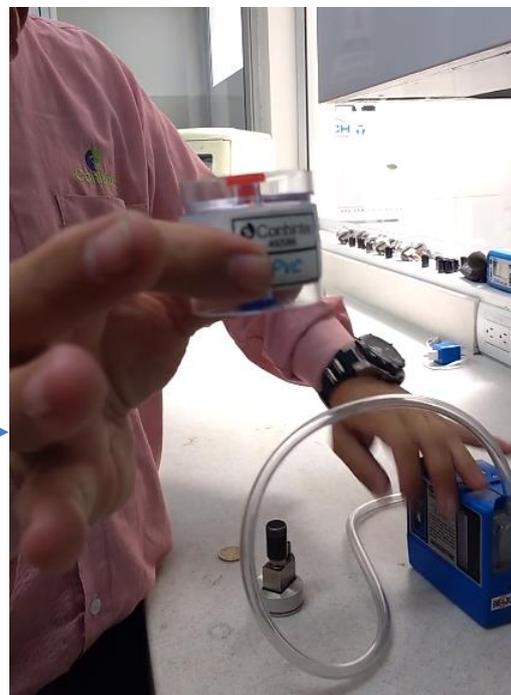


Figura 15. Toma de muestras – Fase 3

En la figura 13 se observa la Fase 1 de la toma de muestras que está comprendida por los siguientes pasos:

*Sellar el soporte en el ciclón verificando que esté limpio.*

Verificar que la bomba esté a un caudal de 2.2

Realizar la apertura del filtro.

Apenas se apertura el filtro, ingresar rápidamente el ciclón a presión.

En la figura 14 se observa la Fase 2 de la toma de muestras que está comprendida por los siguientes pasos:

Verificar que el tampón naranja esté dirigido a la manguera.

Extraer el tampón naranja e introducir la manguera.

Introducir el otro extremo de la manguera en la bomba.

Instalar el equipo en el trabajador a ser monitoreado, la bomba debe ubicarse a la altura de la cintura.

En la figura 15 se observa la Fase 3 de la toma de muestras que está comprendida por los siguientes pasos:

Ubicar el ciclón firmemente a la altura del pecho del trabajador.

Verificar que el ingreso del flujo al ciclón esté ubicado opuestamente al trabajador.

Luego del tiempo precisado para el monitoreo, apagar la bomba y desconectar la manguera.

A una temperatura de 45°C extraer la manguera y el ciclón.

Tapar de nuevo el filtro e invertir el color de los tampones.

Enviar a analizar el filtro.

*Anexo 5. Identificación de causa raíz y elección de variable independiente*

A fin de señalar las causas que están afectando la exposición de partículas respirables, se presenta un diagrama de causa-efecto, donde se aprecia las causas principales.

En la Figura 16 se aprecian como problemas de exposición a las partículas respirables, estando las causas que llevan a ello divididas en 6 categorías, según las seis M's.



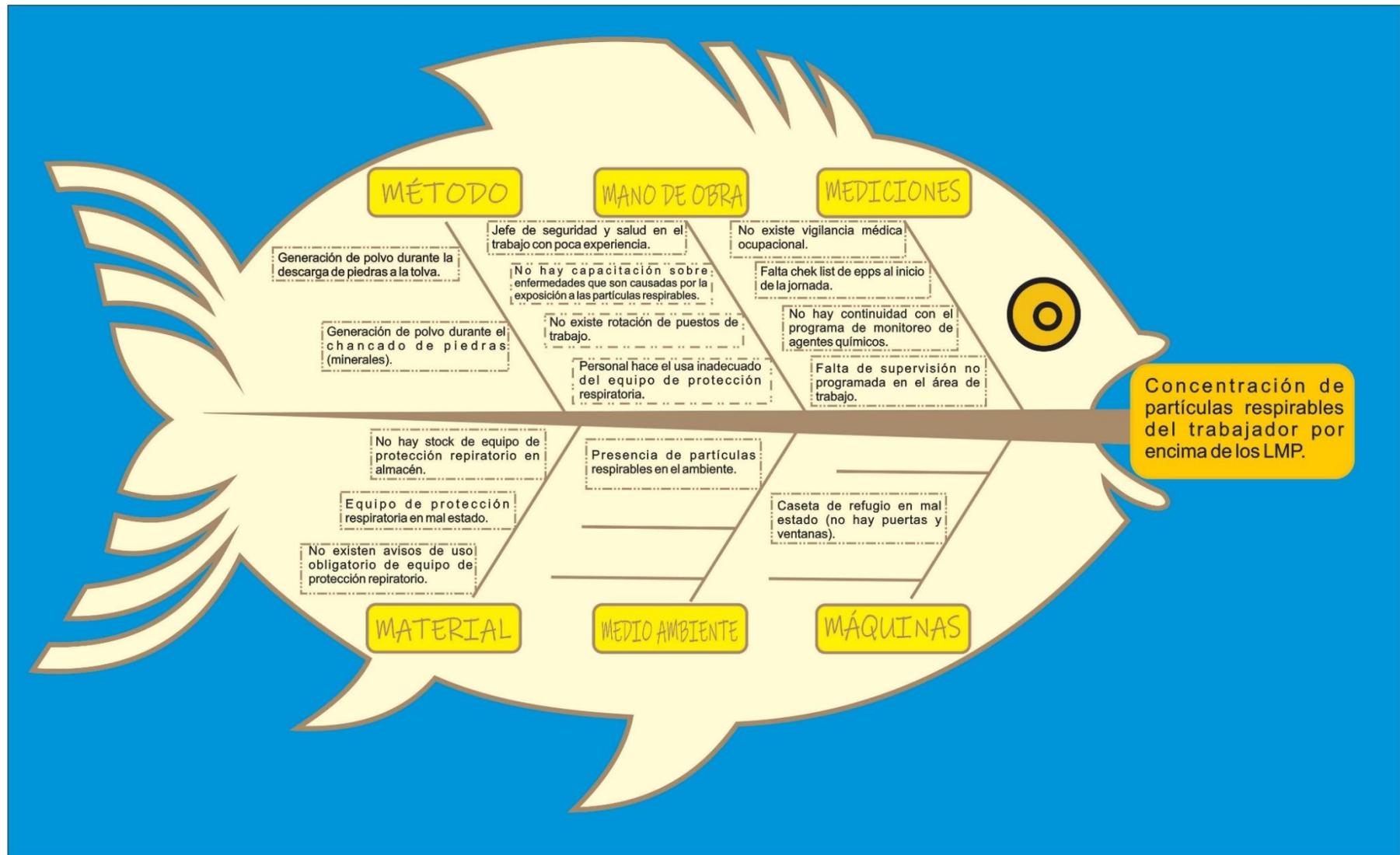


Figura 16. Diagrama de Ishikawa

El análisis cuantitativo se complementará mediante el empleo de la técnica de Pareto a partir de una matriz de correlación (Tabla 19), considerando consignarle valores en cuanto a la relación que presenten ente: fuerte = 5, media = 3, débil = 1, no hay relación = 0.

En la Tabla 24 se pueden indicar cuáles son las causas prioritarias que influyen con mayor fuerza en el problema principal, esto gracias a la matriz de correlación.

En la Tabla 25 se expresa el grado de causalidad entre los elementos y el problema principal a modo de puntajes, además del % acumulado, desde la causa que expresa mayor grado de correlación, hasta la más inferior; datos que coadyuvarán a representar de una forma más entendible la problemática.

Tabla 24. Matriz de correlación

Causas que originan: Concentración de partículas respirables del trabajador por encima de los LMP.		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Puntaje de influencia	
1	Generación de polvo durante la descarga de piedras a la tolva.	C1	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	3	1	8	
2	Generación de polvo durante el chancado de piedras (minerales).	C2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	3	3	3	39	
3	Jefe de seguridad y salud en el trabajo con poca experiencia.	C3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	17	
4	No hay capacitación sobre enfermedades que son causadas por la exposición a las partículas respirables.	C4	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	2	1	14	
5	No existe rotación de puestos de trabajo.	C5	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	41	
6	Personal hace el uso inadecuado del equipo de protección respiratoria.	C6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	40	
7	No existe vigilancia médica ocupacional.	C7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
8	Falta de supervisión no programada en el área de trabajo.	C8	0	0	0	0	0	3	0	2	0	1	0	2	1	1	10	
9	Falta chek list de epps al inicio de la jornada.	C9	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	
10	No hay continuidad con el programa de monitoreo de agentes químicos.	C10	3	3	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	12	
11	No hay stock de equipo de protección respiratorio en almacén.	C11	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
12	No existen avisos de uso obligatorio de equipo de protección respiratorio.	C12	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	17	
13	Equipo de protección respiratoria en mal estado.	C13	3	3	2	0	0	0	2	3	1	1	2	1	1	0	19	
14	Presencia de partículas respirables en el ambiente.	C14	3	3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	17	
15	Caseta de refugio en mal estado (puertas y ventanas ).	C15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	39	
	Total de Dependencia		26	22	18	19	16	20	20	22	20	14	19	10	18	21	16	281

ESCALA DE CALIFICACIÓN	
0	NULA INFLUENCIA
1	BAJA INFLUENCIA
2	MEDIA INFLUENCIA
3	ALTA INFLUENCIA

Tabla 25. Puntaje de priorización

Causas que originan: Concentración de partículas respirables del trabajador por encima de los LMP.	Puntaje de Influencia	Frecuencia	Puntaje total
Generación de polvo durante la descarga de piedras a la tolva.	8	1	8
Generación de polvo durante el chancado de piedras (minerales).	39	5	195
Jefe de seguridad y salud en el trabajo con poca experiencia.	17	1	17
No hay capacitación sobre enfermedades que son causadas por la exposición a la	14	1	14
No existe rotación de puestos de trabajo.	41	5	205
Personal hace el uso inadecuado del equipo de protección respiratoria.	40	5	200
No existe vigilancia médica ocupacional.	2	3	6
Falta de supervisión no programada en el área de trabajo.	10	3	30
Falta chek list de epps al inicio de la jornada.	4	3	12
No hay continuidad con el programa de monitoreo de agentes químicos.	12	1	12
No hay stock de equipo de protección respiratorio en almacén.	2	3	6
No existen avisos de uso obligatorio de equipo de protección respiratorio.	17	1	17
Equipo de protección respiratoria en mal estado.	19	5	95
Presencia de partículas respirables en el ambiente.	17	5	85
Caseta de refugio en mal estado (puertas y ventanas ).	39	5	195

FRECUENCIA	PUNTAJE
ALTA	5
MEDIA	3
BAJA	1

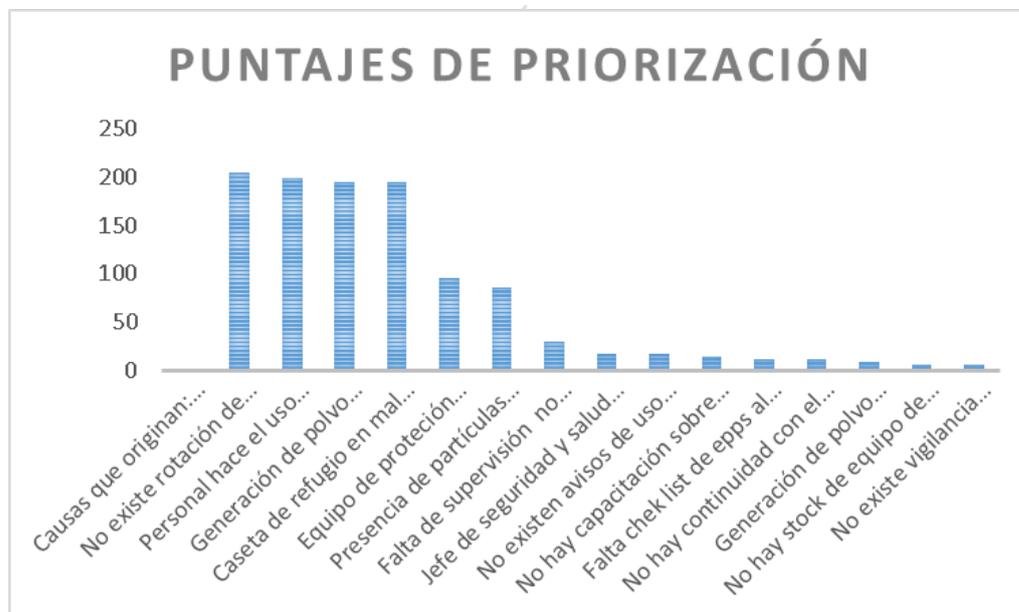
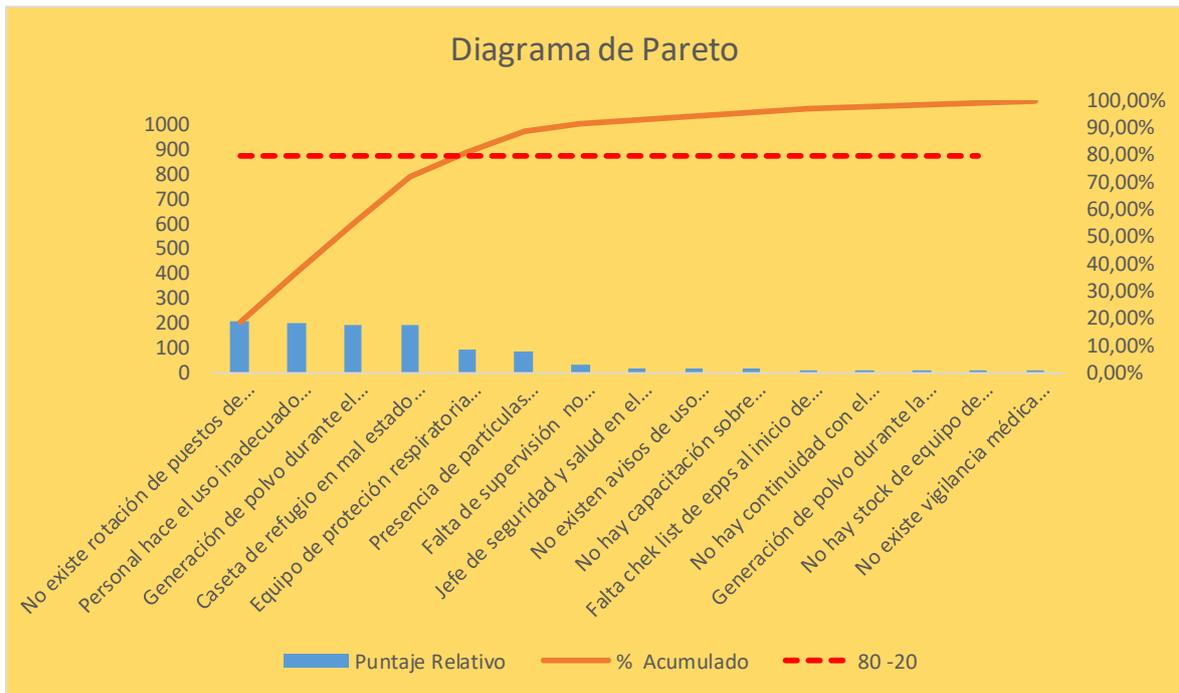


Figura 17. Puntajes de priorización

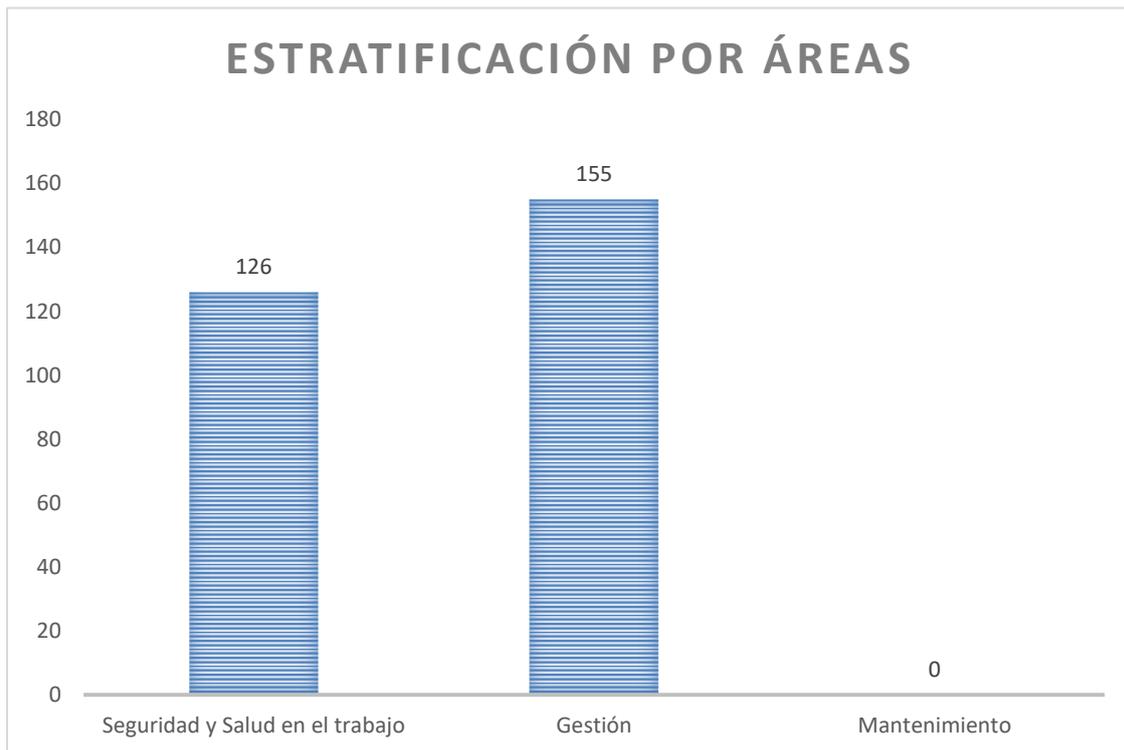


**Figura 18. Diagrama de Pareto**

Con el fin de identificar las causas que están afectando las áreas con mayor intensidad, se realiza una estratificación agrupándolas por áreas (Tabla 26).

Tabla 26. Estratificación de las causas por Áreas

Causas que originan incumplimiento de despacho	Puntaje de influencia	
Generación de polvo durante la descarga de piedras a la tolva.	8	Seguridad y Salud en el trabajo
Generación de polvo durante el chancado de piedras (minerales).	39	
Jefe de seguridad y salud en el trabajo con poca experiencia.	17	
No existe vigilancia médica ocupacional.	2	
Falta de supervisión no programada en el área de trabajo.	10	
Falta chek list de epps al inicio de la jornada.	4	
No hay continuidad con el programa de monitoreo de agentes químicos.	12	
No existen avisos de uso obligatorio de equipo de protección respiratorio.	17	
Presencia de partículas respirables en el ambiente.	17	Gestión
No hay capacitación sobre enfermedades que son causadas por la exposición a las partículas respirables.	14	
No existe rotación de puestos de trabajo.	41	
Personal hace el uso inadecuado del equipo de protección respiratoria.	40	
Equipo de protección respiratoria en mal estado.	19	
Caseta de refugio en mal estado (puertas y ventanas ).	39	
No hay stock de equipo de protección respiratorio en almacén.	2	



*Figura 19. Estratificación por áreas*

En la Figura 19 se presentan dos áreas que agrupan mediante estratificación el total de las cusas, podemos observar que estas influyen a mayor cantidad en el área de salud en el trabajo.

Tabla 27. Alternativas de solución

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				Total
	Solución a la problemática	Costo de aplicación	Facilidad de aplicación	Tiempo de aplicación	
Controles de riesgos	2	1	2	2	7
Gestión de recursos humanos	1	1	1	1	4
Infraestructura	1	0	1	1	3
<b>No bueno (0)-Bueno(1) -Muy Bueno(2)</b>					
<b>Los criterios fueron establecidos con el jefe de almacén y distribución</b>					

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 27 se evidencian las alternativas y criterios de solución, siendo que el puntaje mayor indicaría la alternativa apropiada; esto sujeto a un previo análisis de cada alternativa.

Tabla 28. Matriz de priorización de las causas a resolver

Consolidación de causas por área	Medición	Mano de Obra	Materia prima	Ambiente	Métodos	Nivel de Criticidad	Total de problemas	Porcentaje	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a tomar
Seguridad y Salud en el Trabajo	8			56	62	MEDIO	126	44,8%	10	1260	2	Implementar controles de exposición de partículas respirables
Gestión					155	ALTO	155	55,2%	8	1240	1	Gestión del talento humano, Infraestructura, Gestión de proveedores
<b>Total de problemas</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>56</b>	<b>217</b>		<b>281</b>	<b>100,0%</b>				

En la Tabla 28 se observa el consolidado de causas para las dos áreas, se determinó que aplicando controles se debe reducir la exposición del trabajador del área de chancado con material respirable.