

Control de riesgos en la perforación con Jackleg en minería subterránea

Risk control in Jackleg drilling in underground mining

Jorge Luis Concepción Gamarra^{1,a}, Daniel Florencio Lovera Dávila^{1,b}

Recibido: 04/01/2022- Aprobado: 14/09/2022 – Publicado: 31/12/2022

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo reducir los niveles de riesgos a los cuales están expuestos el maestro y el ayudante de perforación que emplean máquina neumática Jackleg en minería subterránea, aportando la aplicación de controles asociados a la planificación, ejecución, seguimiento y mejora en dicha actividad; logrando lugares de trabajo seguros y saludables. La investigación es descriptiva explicativa y la metodología aplica la observación de la actividad de perforación de frentes en la minería subterránea. La investigación se desarrolló en Compañía Minera Castrovirreyna S.A. Los resultados obtenidos demuestran para quienes trabajan en la perforación de frentes con máquina neumática Jackleg, que están expuestos principalmente a riesgos de: caída de rocas, de vibraciones de brazo-mano, por caída al mismo nivel, de golpe de materiales, de atrapamiento por partes móviles y de atropellos por equipo en movimiento. La aplicación de los controles propuestos para esta actividad ha permitido lograr 64% de riesgos residuales bajos y 36% de riesgos residuales medios.

Palabras claves: perforación neumática Jackleg, peligros, riesgos, controles.

ABSTRACT

The objective of this research was to reduce the levels of risks to which the drilling master miner and the drilling assistant miner are exposed using Jackleg pneumatic machines in underground mining, it contributes to applicate the controls associated with the planning, execution, monitoring and improvement of this activity, to achieve safety and healthy workplaces. The research is descriptive and explanatory, and the methodology implements the observation of drilling fronts activity in underground mining. The research was developed in Compañía Minera Castrovirreyna S.A. The results obtained show that who work in drilling fronts with Jackleg pneumatic machines are mainly exposed to the following risks: rock falls, hand-arm vibrations, falls to the same level, material impact, entrapment by moving parts and knock down by moving equipment.

Keywords: Jackleg pneumatic drilling, hazards, risks, controls.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado. Lima, Perú.

a Egresado de la Maestría de Gestión Integrada Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Autor para correspondencia: jorge_concepcion@hotmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8870-7056>

b Docente. E-mail: dloverad@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-0716>

I. INTRODUCCIÓN

En las actividades humanas es inherente la presencia de peligros, siendo así, en minería subterránea en la perforación de frentes con máquinas neumáticas Jackleg, los trabajadores están expuestos a diversos peligros, siendo necesario su identificación. A fin de, tenerlos presentes antes, durante e incluso después de concluida dicha actividad. La hipótesis por comprobar es sobre la valoración de los riesgos en minería subterránea, según las características y el arte de operación de la máquina Jackleg, contribuirá en una adecuada Gestión de Seguridad Ocupacional.

Tomás Chaparro, gerente de seguridad de Buenaventura, cuestionó “¿Uno viene al trabajo a ganarse la vida o a perderla?”; ya que, según cifras oficiales del Ministerio de Energía y Minas, en el 2019; 40 mineros fallecieron en sus centros de labores, en distintas operaciones en el Perú. (Osinermin - GSM, 2019).

En el Manual para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles se establece que “La gestión de riesgos es el procedimiento que permite, una vez caracterizado el riesgo, la aplicación de las medidas más adecuadas para reducir al mínimo los riesgos determinados y mitigar sus efectos, al tiempo que se obtienen los resultados esperados” (Sunafil, 2019).

La evaluación de los riesgos y su gestión forma parte medular de un Sistema Gestión Integrado Calidad, Ambiente y Seguridad (Flores Arévalo, 2019).

El propósito del estudio y su importancia radican en primer lugar, en evaluar la influencia de la maquinaria utilizada; en segundo lugar, en lograr una correcta identificación de los peligros; por último, en analizar y evaluar los niveles de riesgos generados por la actividad de perforación de frentes. Se aplicó una metodología sistémica que permitió la identificación oportuna de los peligros; lo cuales nos han permitido aplicar con mayor rigor y exactitud la evaluación de sus riesgos en el fortalecimiento de la gestión de seguridad y salud ocupacional.

II. MÉTODOS

2.1. Selección y tamaño de la muestra

Según (R. Hernández Sampieri et al., 2014), para definir el tamaño de muestra se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Tabla 1. Determinación del tamaño de la muestra

| Descripción | Nomenclatura | Valor |
|----------------------------------------------------------|--------------|------------|
| Población o universo | N | 8 |
| Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza | z | 1.96 (95%) |
| Error de estimación máximo aceptado | e | 5% |
| Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito) | P | 50% |
| Probabilidad que no ocurra el evento estudiado (1-p) | q | 50% |
| Tamaño de la muestra | n | 8 |

Fuente: (R., Hernández Sampieri et al., 2014).

La población fue conformada por los trabajadores de las guardias de día y noche, que desarrollan la perforación con máquina neumática Jackleg en la Veta Poder del Nv. 740 de Compañía Minera Castrovirreyna S.A., compuesta por 04 maestros perforista y 04 ayudantes de perforista, un total de 8 trabajadores (Ver Tabla 1).

2.2. Medición de tiempos y movimientos (MTM)

El estudio de tiempos y movimientos permite a una organización establecer los tiempos estándares para una determinada actividad con sus respectivas tareas, está es una herramienta técnica para mejorar los rendimientos y la productividad. En nuestro caso, vamos a recurrir a este método para sinergizar la calidad y la seguridad ocupacional, de manera que, en toda la organización desde la alta dirección hasta los niveles operativos, comprendan e interioricen que ambas disciplinas son concurrentes, complementarias e inherentes a la mejora del trabajo. En el subproceso de perforación de frentes con máquina neumática Jackleg, con sección de 3,00 m x 3,00 m como producto de las observaciones y anotaciones en campo, se han establecido las actividades y tareas que se ejecutan como parte del subproceso de perforación de frentes con máquina neumática Jackleg.

2.3. Identificación de peligros

Para la identificación de los peligros, se aplicó la metodología de los 5 W + T (Lasswell, 1985) que permite un seguimiento “sistémico” a un determinado peligro y su trazabilidad en cada tarea de una actividad en un subproceso. Aplicando los siguientes pasos:

Paso 1: Identifica la actividad a evaluar: Perforación con Jackleg (1.7)

Paso 2: Aplicar un código al Peligro: Formado por dos letras y un Número (AA – 0).

Paso 3: Señalar el tipo de Peligro: FF 1: Ruido

Paso 4: Aplicar las siguientes preguntas:

- 1W: ¿**Dónde** se presenta el peligro? = Especificar el “Lugar”.
- 2W: ¿**Cuándo** se presenta el peligro? = Especificar en la tarea.
- 3W: ¿**Cómo** se presenta el peligro? = Especificar si es Permanente / Temporal / Periódico.
- 4W: ¿**Por qué** se presenta el peligro? = Especificar tipo de energía involucrada.

- 5W: ¿Quién genera el peligro? = Especificar el Equipo / Material / Herramienta.
- T: ¿Cuánto es el tiempo de exposición? (promedio) = Exposición (importante para relacionarlo con algún límite máximo permisible).

2.4. Evaluación de riesgos

En el sector minero el D.S. 024-2016-EM (Diario Oficial El Peruano, 2016) exige la aplicación del Anexo N° 7 para la evaluación de los riesgos, estableciendo criterios de

Severidad y Probabilidad, brindando valoraciones como resultado de la combinación de dichos criterios.

III. RESULTADOS

3.1. MTM en las tareas en perforación con Jackleg

Aplicando el método MTM a las tareas y actividades de perforación de frentes con máquina Jackleg, se han establecido los tiempos estándares de ejecución. En un formato típico (Ver Tabla 2); se aprecia su aplicación en la actividad de perforación de taladros (1.7).

Tabla 2. Ficha: Estudio de Tiempos y Movimientos - Perforación de taladros con Jackleg
Ficha Estudio N° (MTM) Y GSSO :

| Proceso Minado | Descripción | | Ubicación | | Puesto de Trabajo | | Nombre Apellido Paterno | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| Sub Proceso | Perforación de frente con Jackleg | | Nivel: | 740 | Maestro Perforista | | Reservado ----- Abc | | | | | | |
| Actividad | (1.7) Perforación de taladros | | Labor: | Gal 800 | Ayudante Perforista | | Reservado ----- Def | | | | | | |
| Tarea 1 | (1.7.1) Perforación de cuele y cuadradores | | Área | 3.0 x 3.0 | Capataza | | Reservado ----- Ghi | | | | | | |
| Tarea 2 | (1.7.2) Perforación de arrastres | | Geomecánica | | Jefe de Guardia | | Reservado ----- Jkl | | | | | | |
| Tarea 3 | (1.7.3) Perforación de alzav y ayudas | | RQD | 35 | Jefe de Sección | | Reservado ----- Mno | | | | | | |
| Tarea 4 | Otras tareas menores | | RMR | 45 | Jefe de Mina | | Reservado ----- Pqr | | | | | | |
| Herramientas perf. | Código/Unid. | S /N | Accesorios | Unid | S /N | Materiales | Unid | S /N | | | | | |
| Maquina Jackleg | JA-021 | | Saca barreno | 1 Pza | OK | Manguera de 1" | 5 m | OK | | | | | |
| Pata de avance | PA-032 | | Barretilla - 4 Pies | 2 Pza | OK | Manguera de 1/2" | 5 m | OK | | | | | |
| Rimadora | 1 Pza | OK | Barretilla - 6 Pies | 2 Pza | OK | Coplas de 1" | 2 Pza | OK | | | | | |
| Brocas de botones | 4 Pza | OK | Barretilla - 8 Pies | 2 Pza | OK | Coplas de 1/2" | 2 pza | OK | | | | | |
| Barreno 2 Pies | 2 Pza | OK | Alineador - 10 Pies | 4 Pza | OK | Abrazaderas 1" | 4 Pza | OK | | | | | |
| Barreno 4 Pies | 2 Pza | OK | Tubo 3/4" - 8 Pies | 1 Pza | OK | Abrazaderas 1/2" | 4 Pza | OK | | | | | |
| Barreno 6 Pies | 2 Pza | OK | Cucharilla 1/2" - 8, 10 Pie | 2 Pza | OK | Lubricadora | 1 Pza | OK | | | | | |
| Barreno 8 Pies | 2 Pza | OK | Comba 2 lbs | 1 Pza | OK | Aceite rock drill | 1 lt | OK | | | | | |
| Requerimientos | STD | Valor | Ventilación | STD | Valor | Gases | LMP | Valor | | | | | |
| Presión de Aire | 75 a 90 PSI | 86 | Ventilador auxiliar CFM | 15000 | N.A | Oxígeno | 19.5 % | 20.8 | | | | | |
| Presión de Agua | 35 a 45 PSI | 43 | Longitud de manga | 75.0 | 80.0 | Monóxido de carbono | 25 ppm | 0.3 | | | | | |
| Orden de trabajo | Requiere | OK | Manga longitud del frente | 25.0 | 20.0 | Dióxido de carbono | 5000 ppm | 25.0 | | | | | |
| PETAR | Solo TAR | N.A. | Velocidad de aire m/min | 20.0 | 23.7 | Dióxido de nitrógeno | 3 ppm | 0.1 | | | | | |
| Descripción del Peligro | Código | Descripción del Peligro | Código | Descripción del Peligro | Código | | | | | | | | |
| Ruido generado (actividad / tarea) | FF 1 | Temperaturas extremas bajas | FF 4 | Iluminación (excesiva / deficiente) | FF 7 | | | | | | | | |
| Vibraciones cuerpo – mano – Brazo | FF 2 | Radiación ionizante | FF 5 | Velocidad del aire (caracterizar) | FF8 | | | | | | | | |
| Temperaturas extremas altas | FF 3 | Radiación no ionizante | FF 6 | | | | | | | | | | |
| Nro | Actividad | Taladro | Función | Tiempo | FF 1 | FF2 | FF3-4 | FF 5 | FF 6 | FF 7 | FF 8 | | |
| 1 | Rimador 1 | 2 | Perforar Salida 1 | 1 | 40 | 120 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 2 | Rimador 1 | 2 | Retirarlo | | 12 | 102 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 3 | Rimador 1 | 2 – 4 | Cambio de barreno | | 45 | 82 | N.A | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 4 | Rimador 1 | 4 | Perforar | 1 | 35 | 122 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 5 | Rimador 1 | 4 | Retirarlo | | 14 | 105 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 6 | Rimador 1 | 4 – 6 | Cambio de barreno | | 45 | 82 | N.A | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 7 | Rimador 1 | 6 | Perforar | 1 | 34 | 121 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 8 | Rimador 1 | 6 | Retirarlo | | 16 | 103 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 9 | Limpieza | 6 | Utiliza cucharilla en taladro | | 30 | 82 | N.A | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 10 | Rimador 1 | 6 – 8 | Cambio de barreno | | 48 | 82 | N.A | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 11 | Rimador 1 | 8 | Perforar | 1 | 45 | 125 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 12 | Rimador 1 | 8 | Retirarlo | | 18 | 108 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 13 | Mover Maquina | | Salida 2 | | 15 | 80 | N.A | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| 14 | Rimador 2 | 8 - 2 | Cambiar barreno | | 48 | 82 | N.A | 12 | N.A | N.A | X | 23.9 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Hr | Min | dB | | C° | | lux | m/s | |
| | | | Resultado | | 5 | 30 | 101.6 | R1 | 12 | N.A | N.A | X | 23.7 |
| Calidad: Problemas, riesgos, oportunidad de mejora | | | | Seguridad: Problemas, riesgos, oportunidad de mejora | | | | | | | | | |
| Presión de agua: Hay que incrementar al tope, para facilitar la extracción del detritus. | | | | FF 2: R1: Mediciones del instrumento será brindadas luego de ponderar la valoración. FF 5: No aplica; FF 6: No aplica FF 7: Medición de luminosidad del ambiente de trabajo, bajo las condiciones generadas por las lámparas mineras no es posible. | | | | | | | | | |

Luego de la aplicación del MTM a las diversas tareas de la actividad (1.7) del subproceso de perforación con Jackleg, se consolida toda esa información lográndose una matriz MTM de actividad y tareas, cuyo resultado se aprecia en la Tabla 3.

3.2. Identificación de peligros y riesgos: perforación con Jackleg

Con la información obtenida en la matriz MTM de tareas y actividades, se procede a la aplicación de la metodología de las 5W + T (Lasswell 1985), que nos permitió obtener en forma sistémica los peligros y los riesgos al que está expuesto el personal que realiza la perforación con máquina neumática Jackleg en cada una de las tareas y actividades.

A continuación, se aprecia la aplicación para el peligro ruido (Ver Tabla 4), nótese la presencia de dicho peligro en solo cinco (5) tareas, las cuáles son: (1.2.1) Traslado mina -Tramo, (1.4.1) Extracción con scooptram, (1.7.1) Perforación de Arrastres, (1.7.2) Perforación de Cuele – cuadradores y (1.7.3) Perforación de Alzas; las

cuales serán consideradas en la evaluación de riesgos en las matriz IPERC.

Por lo tanto, aplicando la metodología 5W + T se logra la identificación de los peligros presentes y sus potenciales riesgos relacionados con las diversas actividades y tareas en el subproceso de perforación con Jackleg. Los cuales podemos apreciar en la Tabla 5, que a continuación se muestra.

3.3. Evaluación de los niveles de riesgos

3.3.1. Evaluación del riesgo inicial empleado máquina neumática Jackleg

Aplicando el Anexo N° 8 del D.S. 024-2016-EM (Diario Oficial El Peruano, 2016), nos permitió elaborar el IPERC Línea de Base de la Perforación Neumática con máquina Jackleg, considerando los datos siguientes:

- Actividades y Tareas: Perforación con Jackleg.

Tabla 3. Actividad de perforación de frentes con Jackleg (MTM) de Tareas y Sub-Tareas

| Subproceso | Tiempo | | Actividad | Tarea | Rutinaria (SI / NO) | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|
| | Horas | min | | | | |
| 1. SUB-PROCESO DE PERFORACION DE FRENTES – MAQUINA NEUMACTICA JACKLEG | 0.50 | 5 | 1.1 Despacho de Guardia (Interior Mina) | 1.1.1 Inducción de Seguridad de 5 minutos en Sala de Capacitación | SI | |
| | | 25 | | 1.1.2 Reparto de Guardia: Distribución de trabajos en las diversas labores de mina subterránea y entrega de ORDEN DE TRABAJO | SI | |
| | 1.50 | 45 | 1.2 Personal se traslada a las labores mineras ya distribuidas, más (ida / retorno / comedor) | 1.2.1 Traslado por sus propios medios a las labores distribuidas en el Despacho de Guardia (Ingreso Mina – Sale Comedor – Regresa Comedor e Ingres a Mina – Sale Mina) | | SI |
| | | 45 | | | | |
| | 0.50 | 5 | 1.3 Personal verifica las condiciones iniciales de la labor - Elaborar IPERC continuo 1 | 1.3.1 Verificación que la manga de ventilación sople hacia la labor | SI | |
| | | 5 | | 1.3.2 Verificación mediante medición de gases en la labor | SI | |
| | | 20 | | 1.3.3 Acondicionamiento desatado de rocas en la labor | SI | |
| | 1.00 | 60 | 1.4 Extracción de mineral / desmonte - scooptram | 1.4.1 Extracción de (mineral / desmonte) de la labor minera con scooptram | SI | |
| | 0.50 | 15 | 1.5 Acondicionamiento del equipo de perforación Jumbo -Elaborar IPERC continuo 2 | 1.5.1 Acondicionamiento desatado de rocas en la labor | SI | |
| | | 5 | | 1.5.2 Verificación de tiros cortados | SI | |
| | | 5 | | 1.5.3 Traslado de Jackleg hacia el frente de perforación | SI | |
| | | 5 | | 1.5.4 Check list de Jackleg y herramientas de perforación (Habilitación del equipo de perforación) | SI | |
| | 0.50 | 5 | 1.6 Preparación del lugar de trabajo para la perforación con Jackleg | 1.6.1 Equipamiento con EPP para la perforación | SI | |
| | | 5 | | 1.6.2 Instalación de Jackleg en frente de la labor, verificación de aire comprimido y agua | SI | |
| | | 5 | | 1.6.3 Delimitación del área de trabajo - señalización y colocado de barreras. | SI | |
| | | 5 | | 1.6.4 Pintado de la malla de perforación según calidad de rocas | SI | |
| | | 10 | | 1.6.5 Revisión por la supervisión - (Capataz / Ing. de Guardia) | SI | |
| | 5.50 | 54 | 1.7 Perforación con Jackleg | 1.7.1 Perforación de arrastres y ayuda de arrastres | SI | |
| | | 176 | | 1.7.2 Perforación de cuele y cuadradores | SI | |
| | | 100 | | 1.7.3 Perforación de ayuda de alzas y alzas | SI | |
| 0.75 | 40 | 1.8 Ir Comedor / cuarto en Superficie | 1.8.1 Ir al comedor y cuarto en Superficie | SI | | |
| | 5 | | 1.8.2 Uso de servicios higiénicos (Interior mina y superficie) | SI | | |
| 0.50 | 15 | 1.9 Termino de la actividad de perforación | 1.9.1 Desinstalación de la Jackleg (aire / agua) | SI | | |
| | 15 | | 1.9.2 Traslado de la Jackleg y herramientas a un lugar seguro (Bodega de avance) | SI | | |
| 0.25 | 10 | 1.10 Coordinación con cuadrilla de voladura. | 1.10.1 Acondicionamiento de la labor re-desatado de rocas | SI | | |
| | 5 | | 1.10.2 Coordinación con cuadrilla de voladura | SI | | |
| 0.50 | 30 | 1.11 Reporte diario de perforista | 1.11.1 Presentar reporte escrito de labor perforada | SI | | |

Tabla 4. Perforación de frentes con Jackleg: Peligro Ruido en: Actividades y Tareas

| Peligro (Qué) | Código | Sub-Proceso | ¿Dónde? | ¿Cuándo? | ¿Cómo? | ¿Por qué? | ¿Quién? | ¿Tiempo Exposición? | ¿Aplica? | |
|---------------|---------|-------------|----------------------------|--------------------------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------|----|
| Físicos | Código | Perforación | Lugar | Actividad / Tarea | Forma | Energía | Lo genera | Hr y Min | SI | NO |
| Ruido | FF 1 | Jackleg | Sala | 1.1.1 Inducción de Seguridad | Temporal | Sonora | Humano voces | 00:05 | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Sala | 1.1.2 Reparto de Guardia | Temporal | Sonora | Humano voces | 00:25 | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Galería | 1.2.1 Traslado mina (Tramo) | Temporal | Mecánica | Ventilador Sec. | 00:15 | X | |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.3.1 Verificación manga | Temporal | Eólica | Ventiladores | 00:05 | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.3.2 Medición de gases | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.3.3 Desate de rocas | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.4.1 Extracción con scoop | Temporal | Mecánica | Ventiladores | 01:00 | X | |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.5.1 Desatado de rocas | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.5.2 Tiros cortados? | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Galería | 1.5.3 Traslado de Jackleg | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.5.4 Check Jackleg y otros | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.6.1 Equipamiento con EPP | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.6.2 Instalación de Jackleg | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.6.3 Delimita área de trabajo | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.6.4 Pinta malla perforación | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.6.5 Revisión x Supervisión | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.7.1 Perf. Arrastres | Permanente | Neumática | Jackleg y rock | 01:00 | X | |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.7.2 Perf. Cuele cuadradores | Permanente | Neumática | Jackleg y rock | 01:00 | X | |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.7.3 Perf. Alzas | Permanente | Neumática | Jackleg y rock | 01:00 | X | |
| | FF 1 | Jackleg | Superficie | 1.8.1 Comedor / Superficie | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Mina / Sup | 1.8.2 Servicios higiénicos | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.9.1 Recojo Jackleg | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Galería | 1.9.2 Traslado Jackleg y útil | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| | FF 1 | Jackleg | Frente | 1.10.1 Desatado de rocas | N.A | N.A | N.A | N.A | | X |
| FF 1 | Jackleg | Frente | 1.10.2 Coordina voladura | N.A | N.A | N.A | N.A | | X | |
| FF 1 | Jackleg | Sala | 1.11.1 Reporte perforación | Temporal | Sonora | Humano voces | 00:30 | | X | |

Tabla 5. Peligros y Riesgos en la perforación en minería subterránea

| N° | Peligros | Código | Riesgos | Máquina |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Ruido generado por la actividad (caracterizar) | FF 1 | Exposición a nivel de ruido no permisible | Jackleg |
| 2 | Vibraciones cuerpo – mano - Brazo (caracterizar) | FF 2 | Exposición a la vibración originado por herramientas, máquinas y vehículos. | Jackleg |
| 3 | Temperaturas extremas altas (caracterizar) | FF 3 | Exposición prolongada a temperaturas extremas altas | No Aplica |
| 4 | Temperaturas extremas bajas (caracterizar) | FF 4 | Exposición prolongada a temperaturas extremas bajas | Jackleg |
| 5 | Radiación Ionizante (Rayos x, rayos gamma, fuentes radioactivas) | FF 5 | Exposición no controlada del o parte cuerpo del trabajador a radiaciones radiológicas o radioactivas ionizantes | No Aplica |
| 6 | Radiación no ionizante / solar (infrarrojos, electromagnética, de soldadura etc.) (caracterizar) | FF 6 | Exposición del o parte del cuerpo a radiaciones infrarrojas, ultravioletas, solar | No Aplica |
| 7 y 22 | Iluminación (excesiva / deficiente) (caracterizar) | FF 7 | Deficiencia / Exceso de iluminación | Jackleg |
| 21 | Velocidad del aire (caracterizar) | FF 8 | "Deficiencia de velocidad de aire (ventilación), pobre dilución de los agentes contaminantes. | Jackleg |
| 8 | Polvo presente en la actividad (caracterizar) | FQ 1 | Exposición a polvo con material particulado con contenido de mineral, desmonte. | Jackleg |
| 9 | Nieblas/ aerosoles (caracterizar) | FQ 2 | Exposición a neblinas y aerosoles (irritantes o causan malestar) | No Aplica |
| 10 | Humedad (caracterizar) | FQ 3 | Exposición a ambientes secos o húmedos | Jackleg |

Tabla 5. Continuación...

| N° | Peligros | Código | Riesgos | Máquina |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 11 | Gases: O ₂ (caracterizar) | FQ 4 | Reducción de oxígeno en el aire y exposición a Gases de (CO; CO ₂ ,NO ₂) | Jackleg |
| | Gases CO (caracterizar) | FQ 5 | Exposición a niveles no permisibles de Gases de CO. | Jackleg |
| | Gases CO ₂ (caracterizar) | FQ 6 | Exposición a niveles no permisibles de Gases de CO ₂ . | Jackleg |
| | Gases Nitrosos: NO y NO ₂ (caracterizar) | FQ 7 | Exposición a niveles no permisibles de Gases de NO ₂ . | Jackleg |
| 12 | Vapores (caracterizar) | FQ 8 | Exposición a vapores de líquidos que emanen olores, gases, humos contaminantes del ambiente de trabajo | No Aplica |
| 13 | Sólidos reactivos / inflamables (Carburo, madera) | FQ 9 | Reacciones del material sólido por contacto con agua, humedad, temperatura que originen emisión de gases, vapores, olores, fuego, etc., que afecten directa o indirectamente la salud de los trabajadores | No Aplica |
| 14 | Líquidos contacto con (aceites y lubricantes) a presión o calientes (caracterizar) tóxicos, cáusticos. | FQ 10 | Exposición a líquidos (aceites y lubricantes) a presión o temperatura elevadas y que afecten o dañen ojos, piel, los órganos internos por contacto (adsorción, inhalación o ingesta) | No Aplica |
| | Humos (caracterizar) | FQ 11 | Exposición a humos por la combustión de sólidos, líquidos o gases que afecten o dañen la salud del trabajador por inhalación. | No Aplica |
| 15 | Virus y Bacterias (caracterizar) | FB 1 | Exposición a microorganismos | Jackleg |
| | Parásitos (caracterizar) | FB 2 | Exposición a microorganismos | Jackleg |
| 16 | Vectores (insectos, roedores, canes, etc.) (caracterizar) | FB 3 | Potencial ataque de animales e insectos | Jackleg |
| 17 | Sobreesfuerzos físicos – Aplicación de fuerzas (caracterizar) | FE 1 | Sobreesfuerzos de los miembros superiores y espalda para desplazar un objeto (carro, traspallet, carretilla, etc.) | Jackleg |
| 18 | Levantamiento y transporte manual de cargas (caracterizar) | FE 2 | Sobreesfuerzos de los miembros superiores, espalda para trasladar un peso (herramientas, máquinas, materiales, paquetes, etc.) | Jackleg |
| 19 | Posturas de trabajo forzadas (caracterizar) | FE 3 | Adoptar posturas forzadas o incómodas para ejecutar las actividades (posición de pie prolongadas en espacio reducido, posición de encorvados y en cuclillas) | Jackleg |
| | Movimientos repetitivos solo miembros superiores (caracterizar) | FE 4 | Sobreesfuerzo de los miembros superiores (brazos, codos y manos) | Jackleg |
| | Movimientos repetitivos de manos y pies – manipular volantes o pedales (caracterizar) | FE 5 | Ejecutar en forma prolongada movimientos repetitivos de las manos y pies para manipular volantes o pedales | No Aplica |
| 20 | Trabajos Nocturnos (caracterizar) | FE 6 | Mal manejo de las condiciones de reposo del personal en periodo de actividad nocturna | Jackleg |
| 23 | Jornada de trabajo prolongadas (Sobre turno) | FE 7 | Fatiga laboral y psicológica que afecta el rendimiento y salud del trabajador | No Aplica |
| 24 | Monotonía y repetitividad | FE 8 | Fatiga laboral y psicológica que afecta el rendimiento y salud del trabajador | Jackleg |
| 25 | Aislamiento (al realizar trabajos en ..) | FE 9 | Que el trabajador quede aislado o se extravió y no pueda ser ubicado por sufrir algún incidentes o accidente | No Aplica |
| Psicosociales | Carga excesiva de trabajo (caracterizar) | FS 1 | Desarrollo de enfermedades psicosomáticas en los trabajadores | Jackleg |
| | Exigencias contradictorias (caracterizar) | FS 2 | Conflicto de roles | Jackleg |
| | Comunicación ineficaz (caracterizar) | FS 3 | Mal clima laboral | Jackleg |
| | Acoso laboral: mobbing (caracterizar) | FS 4 | Afectación de cultura SSO | Jackleg |
| | Supervisión deficiente (caracterizar) | FS 5 | Afectación de cultura SSO | Jackleg |
| | Falta de apoyo o compromiso de Alta Dirección (caracterizar) | FS 6 | Afectación de cultura SSO | Jackleg |
| | Falta de participación en toma de decisiones por el trabajador (caracterizar) | FS 7 | Afectación de cultura SSO | Jackleg |
| | Preocupación por problemas personales (caracterizar) | FS 8 | Afectación de cultura SSO | Jackleg |
| 27 | Organización inadecuada del espacio físico | FL 1 | Restricción de movimiento que lleva a ser golpeado o tropezar con (equipo, herramientas, materiales, etc.) | Jackleg |
| 28 | Falta de orden y limpieza | FL 2 | Caída al mismo nivel (resbalar y caer, tropezar y caer, volcarse) | Jackleg |
| 31 | Herramientas inadecuadas o defectuosas. | FL 3 | Uso inapropiado de herramientas manuales, de potencia o empleo de herramientas en mal estado. | Jackleg |
| 32 | Rocas sueltas (caracterizar) | FL 4 | Caída de rocas | Jackleg |
| 33 | Objetos pesados suspendidos o inestables (caracterizar) | FL 5 | Atrapado / Chancado entre o debajo de objetos (aplastado) | Jackleg |
| 35 | Materiales explosivos (caracterizar) | FL 6 | Explosiones | Jackleg |
| 36 | Materiales Inflamables (caracterizar) – combustibles - aceites | FL 7 | Incendios, explosiones, intoxicación | No Aplica |
| 39 | Obstáculos en el piso (caracterizar) | FL 8 | Caída al mismo nivel (resbalar y caer, tropezar y caer, volcarse) | Jackleg |
| 40 y 51 | Equipo pesado y liviano en movimiento (caracterizar) | FL 9 | Golpeado por (objeto en movimiento) | Jackleg |
| 43 | Trabajos próximos a zonas con desnivel (caracterizar) – Subir / Bajar | FL 10 | Caída a distinto nivel (el cuerpo cae) | No Aplica |

Tabla 5. Continuación...

| N° | Peligros | Código | Riesgos | Máquina |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 44 | Vía en mal estado: irregulares o resbalosa (caracterizar) | FL 11 | Caída al mismo nivel (el cuerpo cae) | Jackleg |
| 45 | Superficies cortantes o puntiagudas (caracterizar) | FL 12 | Cortes o penetraciones en el cuerpo o partes del mismo. | No Aplica |
| 48 | Estructura inadecuada o defectuosa (Piso de trabajo / Plataforma / etc.) | FL 13 | Caída al mismo / de diferente nivel (resbalar y caer, tropezar y caer, volcarse) | Jackleg |
| 50 | Proyección de partículas (caracterizar) | FL 14 | Exposición a impactos en el cuerpo por partículas en proyección de tamaño menor | Jackleg |
| 29 | Equipos o maquinarias con partes móviles. | FM 1 | Atrapamiento, atracción, corte de parte afectada. | Jackleg |
| 30 | Partes rotatorias o móviles (engranajes, ejes, pistones, etc.). | | | |
| 49 | Equipos o maquinarias defectuosas: Sistema Mecánico (caracterizar) | FM 2 | Atrapamiento, aplastamiento de parte afectada por funcionamiento súbito fuera de control | Jackleg |
| 34 | Equipos e instalaciones eléctricas con sistemas eléctricos defectuosos (caracterizar) | FX 1 | Exposición a descarga eléctrica de mediano o bajo voltaje | No Aplica |
| 37 | Equipos o instalaciones presurizados (hidráulica, neumática) (exposición a caracterizar) | FX 2 | Contacto con energías no controlada (neumática, hidráulica) | Jackleg |
| | Peligros identificados y riesgos relacionados | | | 42 |

- Identificación de Peligros empleando la Metodología 5W + T (Tiempo de Exposición).

Se obtuvo la valoración de los riesgos iniciales, que están presentes en las 11 actividades y tareas del subproceso de perforación (ver Figura 1).

Como resultado de esta primera fase de clasificación para los riesgos iniciales (Ver Tabla 1), se sintetiza en riesgos altos 17 (6%), riesgos medios 166 (56%) y riesgos bajos 111 (38%).

3.3.2. Evaluación del riesgo residual empleado máquina neumática Jackleg

La mejora de las condiciones de seguridad y salud ocupacional del subproceso de perforación con máquina neumática con Jackleg, requiere la aplicación de controles permanentes y sostenibles, dichos controles permiten una nueva valoración del nivel del riesgo residual, que resulta en la condición en la cual trabajan y quedan actualmente expuestos el maestro y ayudante de perforación.

La aplicación de un enfoque sistémico de los controles, mediante: 1ro. el **PLANEAR** para determinar el control más idóneo y factible en aplicabilidad técnica y económica; 2do. el **HACER** que se ejecutará mediante la implementación de barreras, la capacitación y la aplicación de los procedimientos de trabajo en el día a día; 3ro. el **VERIFICAR** mediante la supervisión e inspecciones que permiten medir el progreso, necesario para la sostenibilidad y 4to. el **ACTUAR** mediante las auditorías y revisiones de la Alta Dirección para la resiliencia de la Gestión de Seguridad donde aplicamos la mejora continua.

Esto nos permite la aplicación del **P-H-V-A** de E. Deming (Balcells Dalmau, 2014), a través de los controles de riesgos en la gestión de los riesgos según corresponda mediante: a) eliminación, b) sustitución, c) ingeniería, d) administrativos y e) EPP.

Un ejemplo aplicativo se ilustra para el peligro FF 1 Ruido (Ver Tabla 6).

Mediante la aplicación de los controles, según nuestra propuesta basada en el P-H-V-A a los riesgos iniciales obtenidos en el IPERC Línea Base y siguiendo nuevamente los criterios del Anexo 7 del D.S. 024-2016-EM (Diario El Peruano, 2016), se obtiene una nueva clasificación para los riesgos residuales en las 11 actividades de perforación de frentes con máquina Jackleg (ver Figura 2), estos riesgos residuales representan en su valoración, las condiciones actuales de seguridad y salud ocupacional en las cuales trabajan el maestro y ayudante de perforación de Jackleg en la CMCSA.

Los resultados de la segunda fase en la evaluación y clasificación de los riesgos residuales (Ver Tabla 1), se resumen como sigue: Riesgos Altos 0 (0%), Riesgos Medios 166 (56%) y Riesgos bajos 111 (38%).

3.4. Demostración de la hipótesis

La valoración de los riesgos en la perforación de minería subterránea según las características de la maquinaria si contribuye a una adecuada Gestión de Seguridad, debido a que los valores de riesgos inicial y riesgo residual obtenidos en los IPERC Línea de Base, nos brindan los resultados de la (P) planificación, (H) ejecución, (V) seguimiento y (A) mejora; sobre los controles aplicados por la organización en todos sus niveles en la gestión de seguridad y salud ocupacional.

IV. DISCUSIÓN

La investigación tuvo como propósito, lograr la mejora de las condiciones de trabajo del personal involucrado en el subproceso de perforación de frentes con máquina neumática Jackleg. Los resultados obtenidos (Ver Tabla 1), luego de la aplicación de los diversos controles y considerando el P-H-V-A como parte de la mejora continua se logró lo siguiente:

- Los riesgos iniciales altos son de 17 (6%) y luego de la implementación de los controles, se eliminan al 100%;

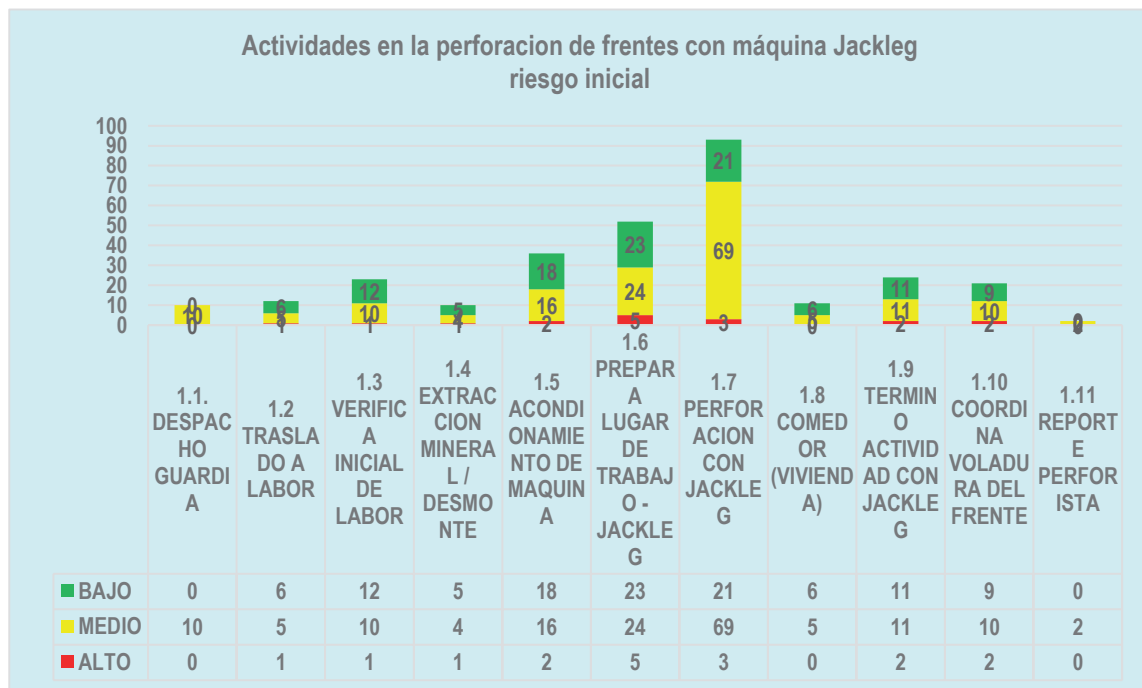


Figura 1. Perforación con máquina neumática Jackleg, valoración de riesgo inicial.

Tabla 6. FF1 Peligro Ruido – Riesgo Exposición a nivel de ruido no permisible – Controles

| H-V-A | Ingeniería | Administrativo | EPP |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hacer | Obligatorios seguridad ocupacional 1. Usar silenciadores en ventiladores principales superiores a 100 000 cfm. Art. 249° inc 3) | Obligatorios seguridad ocupacional 1. IPERC Línea base y Mapa de Riesgos. Art.97° - IPERC Continuo. Art 95° Anexo 7 - PETS Perforación Neumática con Jackleg 2. Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional Art 57°, inc 2), e) Nro de monitoreos. 3. Programa Anual de Capacitación Art. 26° inc b) - Capacitación Art. 74° Anexo N° 6, curso 6: en IPERC. - Capacitación Art 74°, Anexo 6, curso 14 Higiene ocupacional (agentes Físicos). - Capacitación Art. 74° Anexo 6 curso 9 Significado y uso del código de señales y colores. - Capacitación Art. 74°, Anexo 6, curso 26: Uso de EPP. 4. Señalización Art 127°: Peligro "Ruido" | Obligatorios seguridad ocupacional 1. Tapones auditivos de hule 2. Orejeras tipo copa en protector de cabeza |
| | Obligatorios seguridad ocupacional 2. Programa de Monitoreo: Ruido (sonometría y dosimetría) Art. 102° 3. Guía 1 Ruido: - Equipos de sonometría y dosimetría - Calibración de equipos 4. LME a Ruido Anexo N° 12 | Obligatorios seguridad ocupacional 5. Inspección de Seguridad: - Inopinada Art 142°: Supervisor de Área - Periódica Art 143°: Semanal / Mensual / Comité SSO - Periódica 143°: Trimestral Alta Dirección 6. Higienista Ocupacional Art 100° | |
| Verificar | Obligatorios salud ocupacional 1. EMO (ingreso, periódico, retiro) Art. 26° inc n) y Art 119° 2. Vigilancia de la salud ocupacional Art. 117° inc a) | Obligatorios salud ocupacional 1. Proporcionar resultados de EMO Art. 26° inc o) 2. Registro de enfermedad Ocupacional Art. 26° inc p), Art 117° a) 3. Capacitación en enfermedades comunes y ocupacionales Art 126° | |
| | Obligatorios seguridad ocupacional | Auditoría Art. 145°: Auditoría externa al SGSST Reporte de Actos / Condiciones Subestándar Investigación de Incidentes / Accidentes | |
| Actuar | Obligatorios salud ocupacional | Consulta Médica en U.M. / Especializada Enfermedad ocupacional confirmada: Reubicación, entrenamiento en otro puesto de trabajo. | |

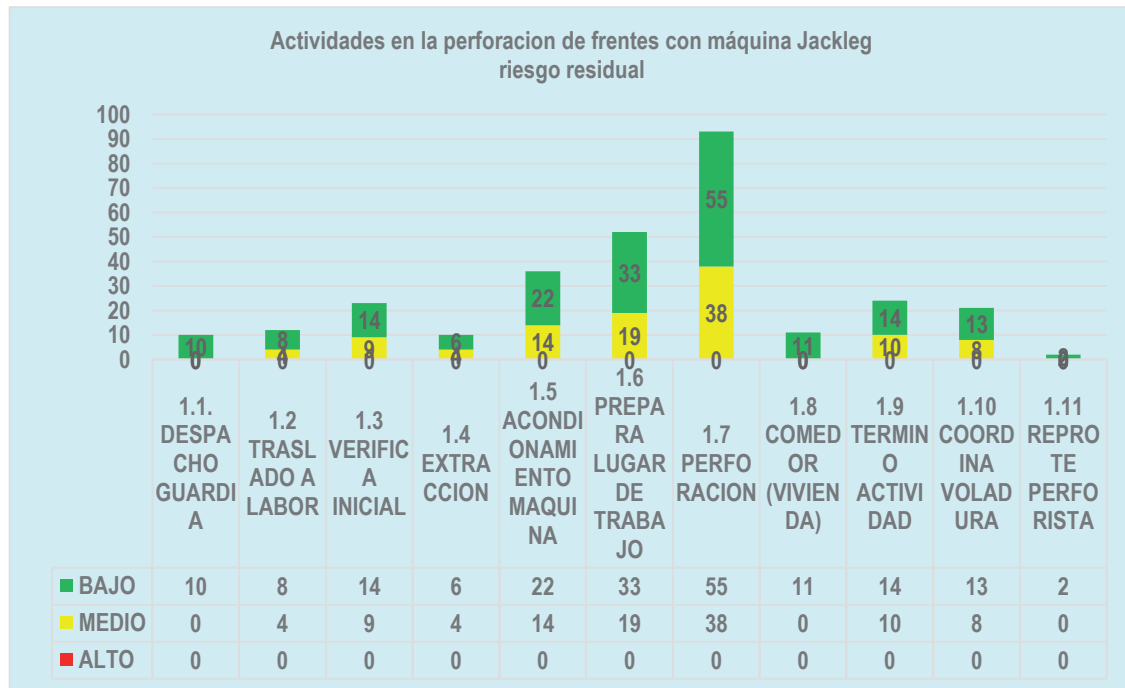


Figura 2. Perforación con máquina neumática Jackleg, valoración de riesgo residual.

- los riesgos iniciales medios de 166 (56%), luego de la implementación de los controles, se reducen en cantidad y quedan 106 (36%).
- los riesgos iniciales bajos que son 111 (38%), con la implementación de los controles se incrementan, llegando a 188 (64%)

Tabla 7. Riesgo inicial y riesgo residual en la perforación con máquina neumática Jackleg

| Niveles de riesgo | Riesgo inicial | | VS | Riesgo residual | |
|-------------------|----------------|-----|----|-----------------|-----|
| Alto | 17 | 6% | > | 0 | 0% |
| Medio | 166 | 56% | > | 106 | 36% |
| Bajo | 111 | 38% | < | 188 | 64% |

V. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación ha permitido revisar y evaluar en el subproceso de perforación de frentes empleando máquina neumática Jackleg, los peligros presentes, sus riesgos asociados y los resultados de la valorización de los riesgos residuales luego de la aplicación de los controles siguiendo el proceso de mejora continua P-H-V-A.

La eliminación de riesgos altos 0%, la reducción de riesgos medios a 36% y el incremento de los riesgos bajos hasta 64%, manifiesta un efectivo avance en materia de seguridad y salud ocupacional que se debe mantener y mejorar en CMCSA.

Merece remarcar lo siguiente: a) los resultados de la investigación no desestiman el empleo de la máquina neumática Jackleg, b) la información proporcionada, pretende servir de insumo para la toma de decisiones en materia seguridad y salud ocupacional para los Titulares mineros y Contratistas mineros que emplean máquina neumática Jackleg, c) Los líderes de proceso en concordancia con su responsabilidad deben: evaluar, implementar, hacer seguimiento y mejorar en forma continua; los diversos controles que son aplicados para lograr el fin humanista de brindar condiciones de trabajo seguras y saludables a los trabajadores mineros.

VI. AGRADECIMIENTOS

Es menester agradecer a los funcionarios de la Superintendencia de Seguridad y Salud Ocupacional de Compañía Minera Castrovirreyna S.A, que hicieron posible se cristalice esta investigación, mediante el suministro de información, accesibilidad y facilidades para el desarrollo de actividades de campo.

VII. REFERENCIAS

- Balcells Dalmau, G. (2014). Manual práctico para la implantación del estándar OHSAS 18001. *Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de La Seguridad Social*, 61, 1–134.
- Diario El Peruano. (2016). Decreto Supremo N° 024-2016-EM. *Ministerio de Energía y Minas*.
- Diario Oficial El Peruano. (2016). *Decreto Supremo N° 024-2016-EM - Osinergmin*.

Flores Arévalo, P. R. (2019). Enfoque integrado de la administración en Salud, Seguridad Ocupacional y Ambiente en los Laboratorios Clínicos. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 22(43), 81–92.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). Metodología de la investigación - 6ª edición. In S. A. D. C. V. INTERAMERICANA EDITORES (Ed.), *McGraw-Hill Interamericana* (6ta.). MCGRAW-HILL.

Lasswell, H. D. (1985). *Estructura y función de la comunicación en la sociedad. Sociología de la Comunicación de masas*.

Osinermin - GSM. (2019). Accidentes Mortales. Mediana Minería y Gran Minería. In *Boletín Estadístico de la Gerencia de Supervisión Minera*.

Sunafil. (2019). *Manual para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles (IPERC)*.

Contribución de autoría:

Conceptualización, Análisis formal, Administración del proyecto, Visualización, Redacción-borrador original: Jorge Luis Concepción Gamarra.

Curación de datos, Metodología, Investigación, Recursos, Supervisión, Redacción-revisión y edición: Daniel Florencio Lovera Dávila.