



Protocolo De Seguridad Para La Actividad De Perforación, Voladura Y Manipulación De Explosivos En El Área Operativa De La Sociedad Civil Minera Goldmins.

Safety Protocol for The Drilling, Blasting and Handling of Explosives in The Operational Area of The Goldmins Mining Civil Society.

Jorge Eduardo Maita Zhigue¹ 

jemaita@itsoriente.edu.ec.

Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez² 

benjaminquito@bqc.com.ec

Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Daniela Fernanda Vásconez Duchicela³ 

danielavasconez@bqc.com.ec

Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Recepción: 05-01-2026

Aceptación: 09-02-2026

Publicación: 30-03-2026

Como citar este artículo: Maita, J. Quito, B. Vásconez, D. (2026). **Protocolo De Seguridad Para La Actividad De Perforación, Voladura Y Manipulación De Explosivos En El Área Operativa De La Sociedad Civil Minera Goldmins.** *Metrópolis*. Revista de Estudios Globales Universitarios, 7 (1), pp. 1992-2042.

¹ Tecnólogo superior en seguridad y prevención de riesgos laborales (ITQ), Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO), facilitador en actividades de capacitación, reg.: MDT-SCPGA-2024-0372 (SVM GROUP), asistente en seguridad industrial, reg.: MDT-SCP-2023-0199 (DRC; DANIEL RUBIO MUÑOS), gerente en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (CONSISSO); prevención de riesgos laborales en construcción y obras públicas, reg: MDT-SCP-2023-0199 (DCR; DANIEL RUBIO MUÑOS), especialista en Microsoft Excel, cod: 17394 (CÁMARA DE COMERCIO EXTERIOR; PERU).

² Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentenario de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.

³ Ingeniera Mecánica mención Automotriz (Universidad Tecnológica América), Magister en Talento Humano (Universidad Internacional SEK), Magister en Administración de Empresas (Universidad Internacional del Ecuador), Doctor en Ciencias de la Educación PHD por la Universidad Bicentenario de Aragua, Venezuela.





Resumen

El presente artículo de revisión bibliográfica aborda la elaboración y fundamentación de un protocolo de seguridad específico para las actividades de perforación, voladura y manipulación de explosivos en el área operativa de la Sociedad Civil Minera Goldmins. La naturaleza de estas actividades minera operativas combina riesgos físicos, químicos y de proceso que demandan un enfoque integral de prevención y gestión en seguridad y salud en el trabajo. El trabajo define la pregunta de investigación: ¿qué medidas, procedimientos y responsabilidades debe incluir un protocolo de seguridad para minimizar la ocurrencia de incidentes y daños derivados de la perforación, voladura y manipulación de explosivos en la operación de la Sociedad Civil Minera Goldmins? Para responderla se emplea una metodología de revisión sistemática de fuentes secundarias artículos académicos, guías técnicas y legislación laboral ecuatoriana. El artículo primero contextualiza la importancia y secuencia operativa de las actividades (planificación de perforación, preparación del taladro, manejo de explosivos, voladura controlada y labores post-voladura): detonaciones no controladas, fragmentación y proyección de material, exposición a sustancias tóxicas, sobrepresión, vibraciones, fuego y fallas humanas. Se analizan también las interacciones organizacionales que elevan el riesgo, tales como deficiencias en la capacitación, falta de procedimientos estandarizados, supervisión insuficiente y carencias de equipos de protección y control técnico. Sobre esa base se proponen elementos centrales del protocolo: evaluación previa de riesgo, permisos de trabajo específicos y señalización de zonas restringidas, control estricto del almacenamiento y transporte de explosivos, procedimientos detallados para carga/colmado y voladura, uso obligatorio de EPP y equipos técnicos certificados. **Palabras Claves:** Seguridad Minera, Protocolo de Seguridad, Salud Ocupacional y Prevención de Accidentes.

Abstract

This bibliographic review develops and grounds a safety protocol for drilling, blasting, and explosives handling within the operational area of Sociedad Civil Minera Goldmins. These mining activities present complex and overlapping hazards mechanical, energetic, chemical, and human-factor related that require an integrated occupational safety and health (OSH) management response. The research question driving the review is: what procedures, controls and accountabilities should a safety protocol include to minimize incidents and harm during drilling, blasting and explosives handling at Goldmins? Using a systematic review of secondary sources scientific articles and relevant Ecuadorian legislation the paper synthesizes best practices and adapts them to the company's operational context. Key components examined include pre-operation risk assessment, permit to work systems, secure storage and transport of explosive materials, stepwise procedures for charging and firing, exclusion zoning and signage, mandatory personal protective equipment (PPE), pre-operation checklists, emergency response and communication plans, and incident reporting and investigation processes. The protocol emphasizes clear allocation of responsibilities among management, technical safety staff and field crews, aligning roles with legal and regulatory obligations. The review highlights that effective implementation demands more than documentation: it requires sustained training, active supervision, a reporting culture, resource allocation, and continuous monitoring and improvement. Combining technical controls, administrative measures and behavioral interventions is essential to reduce both likelihood and consequences of





events related to explosives handling and blasting. The proposed protocol provides a structured framework tailored to Goldmins that is compatible with national regulations and international OSH standards, and supports safer, more resilient drilling and blasting operations. **Keywords:** Mining Safety, Safety Protocol, Occupational Health and Accident Prevention.

Introducción.

Las actividades de perforación, voladura y manipulación de explosivos constituyen fases críticas dentro del proceso extractivo minero. Estas operaciones, aunque esenciales para la fragmentación del macizo rocoso y el acceso al mineral de interés, implican elevados riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, así como para las instalaciones y el entorno ambiental. La Sociedad Civil Minera Goldmins, dedicada a la extracción de minerales metálicos, enfrenta el desafío de garantizar que dichas actividades se realicen bajo un marco normativo y técnico que minimice la probabilidad de accidentes y optimice el control de los riesgos inherentes.

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019), las actividades de voladura representan una de las causas más frecuentes de accidentes graves y fatales en el sector minero, junto con los atrapamientos y caídas de rocas.

El Ecuador cuenta con una estructura legal robusta para la prevención de riesgos laborales, sustentada en la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ministerio del Trabajo, 2015) y complementada por reglamentos específicos para actividades de alto riesgo, como la minería.

En la práctica, muchos accidentes relacionados con explosivos surgen de la falta de protocolos operativos estandarizados, deficiencias en la capacitación del personal o inadecuada supervisión en las tareas de perforación y voladura (Ramírez & Vásquez, 2020).





Frente a este panorama, el presente artículo tiene como objetivo general revisar la literatura científica y técnica disponible sobre los protocolos de seguridad aplicables a la perforación, voladura y manipulación de explosivos, con el fin de estructurar una propuesta adaptada al contexto operativo de la Sociedad Civil Minera Goldmins. Se busca desarrollar una visión integral que combine los aspectos técnicos, organizacionales y humanos necesarios para un manejo seguro y eficiente de los explosivos en las operaciones mineras subterráneas y a cielo abierto.

Justificación del estudio

La revisión y sistematización de información sobre protocolos de seguridad en la manipulación de explosivos reviste una importancia fundamental, dado que las consecuencias de una gestión inadecuada pueden ser catastróficas. La energía liberada en una detonación no controlada puede generar daños estructurales, pérdidas humanas y severos impactos ambientales, además de afectar la reputación y sostenibilidad de la empresa.

Según Zhang y Wang (2019), las compañías mineras que carecen de protocolos normalizados presentan hasta un 40 % más de incidentes relacionados con fallos en la cadena de voladura, mientras que aquellas con sistemas de gestión certificados bajo ISO 45001 reducen sus índices de accidentes graves en más del 30 %. El mal manejo de cualquiera de estas etapas puede ocasionar accidentes graves o catastróficos. En América Latina demuestran que fallas en la secuencia de encendido almacenamiento inadecuado de explosivos o negligencia en la verificación de los circuitos de voladura han resultado en explosiones descontroladas con pérdidas humanas y materiales (López et al., 2022).





Marco Teórico.

Fundamentos conceptuales de la seguridad minera

La seguridad en la minería es un componente esencial de la sostenibilidad operativa y del bienestar laboral, la seguridad se define como el conjunto de políticas, procedimientos y medidas destinadas a identificar, evaluar, controlar y mitigar los riesgos asociados con las actividades mineras, especialmente aquellas que implican el uso de energías potencialmente peligrosas, como los explosivos (Karwowski, 2012).

Según Marras y Karwowski (2011), el riesgo laboral se entiende como la probabilidad de que ocurra un evento no deseado que cause daño o pérdida. En las operaciones con explosivos, los riesgos pueden clasificarse en: Riesgos físicos, Riesgos químicos, Riesgos de seguridad, Riesgos organizacionales y humanos.

El control de estos riesgos requiere protocolos que establezcan procedimientos estandarizados, responsabilidades definidas y mecanismos de supervisión continua. Como señalan Chaffin, Andersson y Martin (2019), la estandarización de procesos en tareas de alto riesgo reduce significativamente la tasa de accidentes y mejora la eficiencia operativa.

Actividades de perforación, voladura y manipulación de explosivos

La perforación constituye la primera fase de la voladura y tiene como propósito realizar los orificios o taladros donde se alojarán los explosivos. Existen distintos tipos de perforación, entre ellos la perforación rotativa, de percusión y rotopercutiva, dependiendo de las características del terreno. El riesgo principal de esta fase radica en el manejo de maquinaria pesada, la exposición a vibraciones, polvo de sílice y el riesgo de atrapamiento (Zhang & Wang, 2019).





Los errores humanos constituyen uno de los principales factores de riesgo. Según Singh, Kumar y Rathi (2020), más del 60 % de los incidentes con explosivos se originan por fallas en la ejecución de procedimientos, deficiencias en la capacitación o presiones de producción. Por ello, un protocolo de seguridad efectivo debe incorporar mecanismos de verificación, listas de chequeo y capacitación constante.

Gestión del riesgo en minería y sistemas de seguridad

La gestión del riesgo se fundamenta en la identificación de peligros, la evaluación de su probabilidad y severidad, y la implementación de controles adecuados. Este proceso se formaliza a través del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), cuyo propósito es garantizar condiciones laborales seguras y saludables.

De acuerdo con Goggins (2018), las empresas que aplican sistemas de gestión certificados presentan menores tasas de accidentes y mayor productividad, debido a la estandarización de procesos y a la participación activa de los trabajadores en la gestión preventiva.

En este sentido, el protocolo de seguridad de Goldmins debe ser parte de un sistema integral, y no un documento aislado. Su eficacia dependerá de la interacción entre el componente técnico (control de riesgos), el componente humano (capacitación y cultura preventiva) y el componente organizacional (liderazgo y cumplimiento normativo).

Normativa y marco legal aplicable en Ecuador

La legislación ecuatoriana establece obligaciones claras en materia de seguridad y salud laboral, especialmente en actividades de alto riesgo como la minería. La Constitución de la República del Ecuador (2008) garantiza el





derecho de los trabajadores a desarrollar sus labores en un ambiente seguro y saludable (artículo 33). Este principio se desarrolla en la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ministerio del Trabajo, 2015), que obliga a los empleadores a prevenir los riesgos derivados de las condiciones laborales.

El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo y Mejoramiento del Medio Ambiente Laboral (Decreto Ejecutivo 255, 2024) establece las disposiciones generales para la gestión de la seguridad, incluyendo la identificación de peligros, el control de exposiciones y la capacitación obligatoria. Por su parte, el Reglamento de Seguridad Minera (Ministerio de Energía, 2020) define normas específicas para el manejo de explosivos, la protección de los trabajadores y la autorización de operaciones de voladura.

Normativas y estándares internacionales

A nivel internacional, existen múltiples directrices que regulan la seguridad en el manejo de explosivos. La Administración de Seguridad y Salud en Minas (MSHA, 2021) en Estados Unidos y la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA, 2021) promueven políticas que incluyen.

Por su parte, la International Society of Explosives Engineers (ISEE, 2022) ha desarrollado manuales técnicos que especifican los parámetros de diseño de voladuras seguras, los métodos de almacenamiento de explosivos y las medidas de protección ambiental asociadas.

Cultura de seguridad y comportamiento organizacional

La cultura de seguridad se define como el conjunto de valores, creencias y





actitudes compartidas por los miembros de una organización respecto a la importancia de la seguridad en el trabajo (Reason, 1997; retomado por Zhang et al., 2020). Una cultura sólida fomenta la comunicación abierta, el reporte de incidentes sin represalias y la participación activa de los trabajadores en la identificación de riesgos.

Según González et al. (2021), la percepción de apoyo institucional a la seguridad reduce la incidencia de accidentes y mejora la adherencia de los trabajadores a los protocolos establecidos.

Estado del Arte

Panorama general de la seguridad en minería

En las últimas décadas, la seguridad minera ha sido objeto de una transformación sustancial, pasando de un enfoque reactivo centrado en la respuesta ante accidentes hacia un enfoque proactivo y preventivo basado en la gestión integral del riesgo. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019), esta transición ha sido impulsada por la necesidad de reducir la alta siniestralidad en el sector, especialmente en países de América Latina y Asia, donde la minería representa una actividad económica estratégica, pero con elevados niveles de exposición a peligros.

El uso de explosivos en minería constituye uno de los procesos más riesgosos debido a la combinación de factores humanos, técnicos y ambientales. Investigaciones como las de Zhang y Wang (2019) y Liu et al. (2020) destacan que, aunque la automatización y los sistemas electrónicos de detonación han mejorado la precisión y seguridad, persisten incidentes relacionados con fallas humanas, errores de planificación y deficiencias en la supervisión.





En el caso ecuatoriano, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2020) ha desarrollado normativas específicas para el uso y almacenamiento de explosivos, estableciendo procedimientos obligatorios para la autorización de su transporte y uso. Sin embargo, aún existen limitaciones en la implementación de estos lineamientos a nivel operativo, particularmente en la minería mediana y pequeña, donde los recursos para la formación técnica y el control son limitados (Cordero et al., 2021).

Evolución de la gestión de riesgos en perforación y voladura

Históricamente, la gestión de riesgos en voladura surgió con el desarrollo de la teoría de la fragmentación de rocas y el control de vibraciones, pero su enfoque se amplió con la incorporación de principios de ergonomía, psicología del trabajo y gestión organizacional. Estudios de Marras y Karwowski (2011) y Chaffin et al. (2019) confirman que más del 70% de los accidentes en actividades de alto riesgo se derivan de fallas en el comportamiento humano o de la ausencia de protocolos claros. En minería, estas fallas suelen manifestarse en omisiones de pasos críticos (como la verificación de circuitos eléctricos o el control de acceso durante la voladura) y en deficiencias de comunicación entre equipos.

Protocolos de seguridad y su aplicación en minería

Se destaca la importancia de los protocolos de seguridad como instrumentos operativos que consolidan las buenas prácticas y los requisitos normativos en procedimientos estandarizados. Según Singh et al. (2020), los protocolos deben diseñarse considerando tres ejes principales:





En estudios realizados por Zhang, Liu y Li (2020), se identificó que la implementación de protocolos de seguridad documentados reduce significativamente la variabilidad operativa y mejora la trazabilidad de las actividades. Sin embargo, su efectividad depende del compromiso organizacional y de la capacidad del personal para aplicarlos.

Cultura organizacional y comportamiento seguro

Diversos estudios coinciden en que la cultura de seguridad es un factor determinante en la efectividad de los protocolos mineros. Según Reason (1997), citado por Zhang et al. (2020), una cultura de seguridad sólida se caracteriza por la confianza mutua, el aprendizaje organizacional y la disposición a reportar errores. En la minería, donde las operaciones implican múltiples interfaces humanas y técnicas, esta cultura es la base para reducir los incidentes.

En investigaciones realizadas en minas de Chile y Perú, Ramírez y Vásquez (2020) demostraron que las empresas con programas de liderazgo en seguridad y sistemas de reconocimiento lograron disminuir los accidentes por manipulación de explosivos en un 20 %. Asimismo, la inclusión de los trabajadores en los comités de SST fortaleció la comunicación y el cumplimiento de los procedimientos.

Estudios latinoamericanos sobre seguridad en voladura

En América Latina, la investigación sobre seguridad minera ha aumentado, impulsada por la expansión de la minería metálica. En Chile, Gómez y Torres (2020) analizaron la relación entre la carga física de trabajo y las lesiones musculoesqueléticas en operarios de perforación, concluyendo





que las pausas activas y la automatización parcial reducen la fatiga y los errores humanos.

En Perú, Díaz, Pérez y Rodríguez (2019) examinaron los efectos de las posturas forzadas y la exposición a vibraciones durante la perforación, recomendando la implementación de equipos con aislamiento antivibración y rotación de tareas.

Por su parte, en Colombia, López et al. (2022) evaluaron la frecuencia de incidentes con explosivos, hallando que el 60 % de los casos estaba relacionado con el incumplimiento de los procedimientos y la ausencia de supervisión directa. Estos resultados refuerzan la necesidad de establecer protocolos claros y verificables que definan las responsabilidades de cada actor durante las operaciones.

Hacia un modelo de protocolo integral

A partir del análisis de la literatura, puede afirmarse que un protocolo integral de seguridad minera debe contemplar los siguientes componentes clave:

- A. Planificación y análisis previo del terreno.
- B. Evaluación de riesgos y permisos de trabajo.
- C. Diseño técnico de voladura y selección del explosivo adecuado.
- D. Control de almacenamiento, transporte y trazabilidad.
- E. Comunicación efectiva y señalización.
- F. Medidas de emergencia y evacuación.
- G. Investigación de incidentes y mejora continua.





Como proponen Marras y Karwowski (2011), la integración de la ergonomía, la ingeniería de seguridad y la gestión organizacional en un mismo sistema de control es la vía más eficaz para reducir los riesgos asociados a operaciones de alto impacto energético.

Desarrollo.

La importancia de la perforación en la Sociedad Civil Minera Goldmins

La perforación constituye el punto de partida fundamental de cualquier operación minera moderna, ya que de su precisión, eficiencia y seguridad depende el éxito de las etapas posteriores, especialmente la voladura y la extracción del mineral. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, empresa dedicada a la explotación de yacimientos metálicos, esta actividad es esencial tanto desde el punto de vista técnico como desde la perspectiva de la seguridad laboral y la sostenibilidad operativa. Su importancia radica no solo en su papel dentro del ciclo productivo, sino en la necesidad de garantizar que el proceso se realice bajo estrictos controles que minimicen los riesgos inherentes a la manipulación de equipos pesados, energías mecánicas y materiales explosivos.

La perforación como base del proceso minero

En la Sociedad Civil Minera Goldmins, las operaciones de perforación se desarrollan principalmente en áreas subterráneas con condiciones geológicas variables. Esto exige un conocimiento detallado de las características del terreno, así como una constante calibración del equipo y supervisión técnica. Los operarios deben aplicar protocolos de seguridad rigurosos, ya que el manejo de maquinaria de alta potencia (como los





jumbos de perforación o martillos neumáticos) implica exposición a vibraciones, ruido intenso, polvo respirable y riesgo de atrapamiento mecánico.

Eficiencia productiva y control técnico

La Sociedad Civil Minera Goldmins ha identificado la perforación como un punto crítico de control dentro de su sistema operativo. La empresa implementa controles de calidad que

incluyen:

- Verificación del alineamiento y la profundidad de los barrenos mediante herramientas de medición láser.
- Registro digital de parámetros de perforación (presión, velocidad y penetración).
- Inspección diaria del estado de las brocas y mangueras.
- Capacitación periódica del personal en técnicas de perforación segura y mantenimiento preventivo.

Importancia desde la perspectiva de seguridad

La perforación, por su naturaleza, es una de las etapas de mayor exposición a riesgos en la minería. Los principales peligros asociados incluyen:

- Proyección de fragmentos durante la perforación.
- Exposición a polvo mineral y sílice cristalina, con riesgo de enfermedades respiratorias como la silicosis.
- Riesgo de atrapamiento en partes móviles de la maquinaria.





- Vibraciones de cuerpo entero y mano-brazo, que pueden causar lesiones
- osteomusculares.
- Ruido intenso, generador de pérdida auditiva inducida por exposición prolongada.
- Fatiga física y mental, resultado de posturas forzadas y jornadas extensas en entornos confinados.

En la Sociedad Civil Minera Goldmins, el protocolo de seguridad en perforación establece que los trabajadores deben cumplir con una rutina de inspección antes de iniciar las labores: verificar el estado del equipo, comprobar el funcionamiento de los sistemas hidráulicos, revisar el entorno de trabajo y reportar cualquier anomalía al supervisor de seguridad. Solo tras completar esta lista de chequeo se autoriza el inicio de la perforación.

Relación entre perforación y sostenibilidad operativa

Según Zhang et al. (2020), las empresas que adoptan sistemas de control en tiempo real para las operaciones de perforación logran reducir el consumo de explosivos en hasta un 15 %, disminuyendo así la huella ambiental de la actividad. Además, la reducción de errores en la perforación minimiza la necesidad de retrabajos, lo que disminuye el desgaste de los equipos y la exposición del personal a condiciones peligrosas.

La Sociedad Civil Minera Goldmins ha incorporado estos principios dentro de su estrategia de Responsabilidad Social y Ambiental, alineando sus





operaciones con los estándares internacionales de gestión sostenible, como los establecidos por el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM). Esto incluye la formación de sus operadores en prácticas de perforación responsable y la implementación de auditorías internas que evalúan el cumplimiento de los procedimientos.

La perforación como componente del control de riesgos

La perforación también cumple un papel preventivo al permitir la evaluación de las condiciones geotécnicas del macizo rocoso antes de la voladura. Durante la ejecución de los barrenos, los técnicos pueden identificar fracturas, zonas de humedad o presencia de gases, información que resulta vital para ajustar los parámetros de carga y evitar accidentes.

De acuerdo con la OIT (2019), el análisis geotécnico previo a la voladura es una medida esencial de control, ya que permite anticipar condiciones peligrosas y definir zonas de exclusión. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, los ingenieros de mina realizan inspecciones visuales y mediciones geomecánicas diarias antes de autorizar la carga de explosivos.

Factores humanos y capacitación

El componente humano es determinante para garantizar la seguridad en la perforación. Según Ramírez y Vásquez (2020), los accidentes en minería se correlacionan directamente con la falta de capacitación práctica y la ausencia de una cultura de reporte. En este sentido, Goldmins ha implementado un programa de formación continua en técnicas seguras de perforación y manipulación de equipos hidráulicos, que incluye simulacros, demostraciones y evaluaciones de competencia.





- Los operadores reciben capacitación sobre:
- Posturas adecuadas de trabajo.
- Técnicas de agarre seguro y control de vibraciones.
- Interpretación de señales y comunicación efectiva durante la perforación.
- Procedimientos de emergencia en caso de falla del equipo.

Vinculación entre perforación y gestión del conocimiento

La experiencia acumulada en cada operación de perforación constituye una fuente de aprendizaje organizacional, el protocolo de seguridad de la Sociedad Civil Minera Goldmins incluye un sistema de registro y análisis de datos operativos, que documenta cada incidencia, desviación o mejora implementada. Esta información se utiliza para actualizar los procedimientos y capacitar a nuevos operarios.

El conocimiento generado se gestiona a través del Departamento de Seguridad y Producción, que elabora informes mensuales con indicadores clave como:

- Tiempo promedio de perforación por frente.
- Número de incidentes reportados.
- Horas de capacitación en seguridad.
- Desviaciones detectadas en auditorías internas.

Este enfoque refuerza la cultura de mejora continua y permite que la empresa evolucione hacia un modelo de gestión del riesgo basado en el





aprendizaje organizacional, como recomiendan Zhang et al. (2020) y Goggins (2018).

Las diferentes condiciones de trabajo en base a la actividad

Introducción a las condiciones laborales en minería

Las condiciones de trabajo en minería son el conjunto de circunstancias físicas, ambientales, organizativas y sociales que rodean el desempeño de las tareas en el entorno laboral. De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019), dichas condiciones influyen directamente en la salud, el bienestar y la productividad del trabajador, siendo especialmente críticas en sectores de alto riesgo como la minería metálica.

En la Sociedad Civil Minera Goldmins, las actividades de perforación, voladura y manipulación de explosivos se desarrollan en entornos complejos y dinámicos, caracterizados por factores de riesgo múltiples: ruido, vibraciones, polvo, gases tóxicos, condiciones térmicas extremas, confinamiento espacial y presión de tiempo. Cada una de estas variables requiere estrategias específicas de control y mitigación, las cuales se integran en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de la empresa.

Condiciones físicas y ambientales

Las condiciones físicas comprenden los factores del entorno que inciden directamente en la seguridad y el confort del trabajador durante la jornada laboral. En las operaciones de perforación y voladura, estos factores





incluyen la temperatura, la humedad, la ventilación, el nivel de iluminación, el ruido y la calidad del aire.

a) Temperatura y humedad

En las minas subterráneas, la temperatura tiende a aumentar con la profundidad debido al gradiente geotérmico. Según González et al. (2021), temperaturas superiores a 28°C pueden generar fatiga, deshidratación y reducción del rendimiento cognitivo. Goldmins monitorea continuamente las condiciones térmicas mediante sensores ambientales y aplica sistemas de ventilación forzada para mantener la temperatura dentro de límites seguros (entre 18°C y 26°C).

b) Ventilación y calidad del aire

La ventilación es crucial para eliminar gases tóxicos generados durante la perforación y, especialmente, tras las voladuras. Entre los gases más peligrosos se encuentran el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido nítrico (NO), productos de la detonación incompleta de explosivos (NIOSH, 2021).

c) Ruido y vibraciones

Las perforadoras hidráulicas y neumáticas generan niveles de ruido entre 95 y 115 dB(A), muy por encima del límite legal de exposición de 85 dB(A) (Ministerio del Trabajo del Ecuador, 2015). Por ello, el uso de protección auditiva de alta atenuación es obligatorio. Asimismo, se monitorean las vibraciones de cuerpo entero y mano-brazo, que pueden causar lesiones musculoesqueléticas o neuropatías periféricas (Marras & Karwowski, 2011).





d) Iluminación

Una iluminación insuficiente aumenta la probabilidad de errores operativos y accidentes. Las áreas de trabajo deben mantener niveles mínimos de 200 lux, conforme a la Norma INEN 2253. En zonas subterráneas, Goldmins utiliza lámparas LED portátiles y sistemas de alumbrado fijo con respaldo de emergencia, garantizando la visibilidad adecuada durante la perforación.

e) Polvo y partículas

La perforación de rocas genera polvo respirable que contiene sílice cristalina, causante de enfermedades pulmonares crónicas como la silicosis. Según EU-OSHA (2021), la exposición prolongada a concentraciones superiores a 0.05 mg/m³ es extremadamente peligrosa. La empresa aplica sistemas de supresión de polvo con agua pulverizada, además de exigir el uso de respiradores con filtros P100 en zonas de alta exposición.

Condiciones técnicas y operativas

Las condiciones técnicas hacen referencia al estado, mantenimiento y adecuación de los equipos utilizados, así como a la organización del trabajo. En las actividades de perforación y voladura, los equipos de perforación (jumbos, martillos, compresores, mangueras, detonadores y cargadores de explosivos) deben mantenerse en óptimas condiciones para evitar fallas que puedan desencadenar accidentes graves.





a) Estado y mantenimiento de equipos

De acuerdo con ISO 45001:2018, el mantenimiento preventivo constituye una medida esencial de control del riesgo mecánico. Goldmins cuenta con un programa de inspecciones diarias y mantenimiento periódico de todas las máquinas de perforación, con registro digital de cada intervención. Las piezas que presentan desgaste son reemplazadas de inmediato, y las herramientas eléctricas o neumáticas deben someterse a pruebas de aislamiento antes de cada jornada.

b) Estandarización de procedimientos

La variabilidad operativa es una de las principales causas de incidentes. Por ello, Goldmins aplica procedimientos normalizados de trabajo (PNT) para cada fase: perforación, carga de explosivos, voladura, evacuación y limpieza. Estos procedimientos incluyen listas de verificación (checklists) que deben ser firmadas por el operador y el supervisor antes de continuar con la siguiente etapa.

c) Sistemas de comunicación y señalización

Durante las voladuras, la comunicación clara y oportuna es vital para evitar la presencia de personal no autorizado en la zona. Se utilizan códigos de señalización auditiva y visual, conforme a los estándares de la OIT (2019): tres señales cortas para aviso de evacuación y una larga para detonación. Las zonas de peligro se delimitan con cintas y carteles de advertencia visibles desde todos los ángulos.





d) Control de acceso y trazabilidad

La manipulación de explosivos requiere un control estricto del inventario. Cada cartucho o detonador es registrado desde su recepción hasta su consumo final. Goldmins utiliza un sistema digital de trazabilidad con códigos QR, garantizando la transparencia en el uso de materiales peligrosos y cumpliendo con las exigencias del Ministerio de Defensa Nacional (Reglamento de Explosivos, 2020).

e) Equipos de protección personal (EPP)

El EPP obligatorio en la perforación y voladura incluye casco de seguridad, gafas panorámicas, protección auditiva, mascarilla con filtro P100, guantes anticorte, calzado dieléctrico, arnés de seguridad (en zonas elevadas) y chaleco reflectivo. Los EPP deben ser inspeccionados y reemplazados periódicamente; su uso es supervisado por los técnicos de SST y los capataces de turno.

Condiciones ergonómicas

La ergonomía busca adaptar el trabajo a las capacidades y limitaciones del ser humano. En minería, las condiciones ergonómicas deficientes pueden provocar trastornos musculoesqueléticos, fatiga y disminución del rendimiento.

a) Posturas de trabajo

Los operarios de perforación suelen adoptar posturas forzadas, especialmente en galerías estrechas o zonas inclinadas. Estas posiciones, mantenidas durante largas horas, generan sobrecarga en la espalda, hombros y extremidades. Goldmins implementa programas de rotación





de tareas y pausas activas cada dos horas para reducir la tensión muscular.

b) Carga física

El manejo manual de herramientas pesadas (brocas, mangueras, compresores portátiles) implica un alto esfuerzo físico. Para mitigar este riesgo, se han incorporado sistemas de asistencia mecánica y carros portaequipos, que reducen la carga sobre el trabajador.

c) Diseño del puesto de trabajo

El diseño ergonómico de los controles de las perforadoras y la altura ajustable de las plataformas permite mantener posturas neutras. Los operadores reciben capacitación en ergonomía aplicada para identificar posiciones seguras y evitar movimientos repetitivos.

d) Vibraciones y repercusiones musculares

Las vibraciones de cuerpo entero transmitidas por la maquinaria pueden causar lesiones de columna, mientras que las vibraciones de mano-brazo generan el síndrome de Raynaud ocupacional (EU-OSHA, 2021). Goldmins utiliza empuñaduras antivibratorias y guantes de absorción mecánica para reducir la exposición.

Condiciones organizacionales

Las condiciones organizacionales comprenden los aspectos relacionados con la gestión del trabajo, la planificación, la supervisión y la carga laboral. Estas variables influyen directamente en la percepción del riesgo y en la calidad de las decisiones operativas.





a) Horarios y turnos

Las operaciones mineras se realizan bajo sistemas de turnos rotativos, que pueden alterar los ritmos biológicos y generar fatiga. Según Reason (1997), la fatiga aumenta la probabilidad de errores humanos hasta en un 30 %. Por ello, Goldmins limita la jornada diaria de perforación a 8 horas efectivas e implementa descansos intermedios de 15 minutos cada dos horas.

b) Supervisión y liderazgo

La supervisión continua es esencial para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad. Goldmins cuenta con un supervisor de perforación y voladura por cada frente de trabajo, responsable de verificar la aplicación del protocolo. Además, los técnicos de SST realizan inspecciones in situ y levantan actas de observación cuando detectan desviaciones.

c) Comunicación y coordinación

La coordinación entre equipos de perforación, voladura, transporte y seguridad es fundamental para evitar interferencias. La empresa utiliza radios de comunicación con frecuencias exclusivas y procedimientos estandarizados de reporte (comando único).

d) Participación y cultura preventiva

La cultura organizacional de Goldmins fomenta la participación activa de los trabajadores a través de los Comités Paritarios de Seguridad y Salud, que se reúnen mensualmente para revisar incidentes y proponer mejoras. Este enfoque participativo ha demostrado, según González et al. (2021), reducir la tasa de accidentes al fortalecer la corresponsabilidad y el compromiso del personal.





Condiciones psicosociales

Las condiciones psicosociales son aquellas que afectan la salud mental y emocional del trabajador, influyendo en su comportamiento y desempeño. En la minería, los factores más relevantes incluyen el estrés laboral, la presión por productividad, el aislamiento geográfico y la exposición a situaciones de peligro.

a) Estrés laboral y carga mental

La manipulación de explosivos genera una tensión psicológica elevada, ya que los trabajadores son conscientes de los riesgos potenciales. La presión por cumplir metas de producción puede aumentar el estrés, afectando la concentración y el juicio (Ramírez & Vásquez, 2020). Goldmins ofrece apoyo psicológico preventivo y talleres de manejo del estrés, promoviendo la estabilidad emocional del personal.

b) Motivación y reconocimiento

La motivación es un factor determinante para el cumplimiento de las normas de seguridad. Los programas de reconocimiento de buenas prácticas En la Sociedad Civil Minera Goldmins otorgan incentivos y menciones a los equipos que mantienen cero incidentes en un trimestre.

c) Comunicación interpersonal

Un entorno de trabajo con comunicación deficiente o relaciones jerárquicas rígidas puede generar conflictos y aumentar los errores. Por ello, la empresa promueve una comunicación horizontal y abierta, donde los trabajadores pueden reportar observaciones sin temor a sanciones.





d) Clima laboral y cohesión de equipo

Las operaciones mineras dependen del trabajo coordinado. Un buen clima laboral favorece la confianza y la solidaridad entre compañeros, esenciales en situaciones de emergencia. Goldmins realiza encuestas periódicas de clima organizacional para detectar tensiones o áreas de mejora.

Descripción de las actividades a realizar: antes, durante y después de la perforación

Importancia de la planificación y la secuencia operativa

Toda actividad minera segura y eficiente comienza con una planificación estructurada. En las operaciones de perforación y voladura, la secuencia de actividades antes, durante y después debe seguir un orden lógico, documentado y supervisado.

De acuerdo con Chaffin, Andersson y Martin (2019), el 70 % de los accidentes relacionados con explosivos se debe a errores o desviaciones en los procedimientos previos a la detonación. Por ello, la estandarización de las etapas operativas y su cumplimiento estricto son fundamentales.

En la Sociedad Civil Minera Goldmins, cada jornada de perforación se organiza conforme al Protocolo Operativo de Seguridad (POS), el cual establece responsabilidades, medidas preventivas, permisos de trabajo, requisitos de equipos y mecanismos de comunicación. Dicho protocolo se enmarca dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y de las normativas del Reglamento de Seguridad Minera del Ecuador (2020).





A. Actividades previas a la perforación

La etapa previa es determinante para asegurar que el proceso se desarrolle bajo condiciones controladas. Incluye la planificación técnica, la inspección del entorno, la verificación de equipos, la capacitación del personal y la autorización formal de inicio de operaciones.

Planificación técnica

Antes de iniciar la perforación, se realiza una planificación técnica integral, que abarca los siguientes aspectos:

a) Diseño de la malla de perforación:

Los ingenieros de mina diseñan la disposición de los barrenos (espaciamiento, profundidad, inclinación y diámetro) con base en las características del macizo rocoso. Se emplean softwares especializados como BlastMetrix™ o ShotPlus™, que permiten simular la voladura y optimizar el rendimiento del explosivo.

b) Selección del equipo y herramienta:

Dependiendo de la dureza de la roca, se elige entre perforadoras neumáticas, hidráulicas o jumbos eléctricos. Las brocas se seleccionan en función del diámetro del taladro y la longitud requerida.

c) Determinación del tipo de explosivo:

Los técnicos de voladura definen si se utilizará ANFO, emulsiones o dinamita, considerando factores de humedad, ventilación y condiciones del terreno.





d) Plan de emergencia:

Antes de iniciar la jornada, se actualizan los procedimientos de emergencia, las rutas de evacuación y los puntos de encuentro. Se verifica la disponibilidad de extintores, botiquines y equipos de rescate.

Inspección del área de trabajo

Antes de la perforación, se ejecuta una inspección visual y técnica del área para identificar peligros potenciales. Los puntos de revisión incluyen:

- Estabilidad del terreno (fisuras, filtraciones, desprendimientos).
- Existencia de gases o deficiencia de oxígeno (mediante detectores multig s).
- Estado de las plataformas, accesos y puntos de anclaje.
- Condiciones de iluminación y ventilación.
- Verificación de se nalizaci n y barreras de seguridad.

Si durante la inspección se detecta cualquier condición insegura, la operación se suspende inmediatamente hasta que se corrija el problema, conforme a los lineamientos de la OIT (2019) y la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ministerio del Trabajo, 2015).

Revisión y calibración de equipos

Todo equipo de perforación debe pasar por una revisión previa al uso:

- Comprobación de sistemas hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación del anclaje y la estabilidad de la base del equipo.
- Inspección del estado de las brocas y las mangueras.





- Prueba de funcionamiento en vacío.
- Comprobación del sistema de lubricación y refrigeración.

Inducción y reunión de seguridad

Antes de cada jornada, el Supervisor de Seguridad y Salud realiza una inducción preoperativa (conocida como “charla de cinco minutos”), donde se repasan:

- Los riesgos específicos de la tarea.
- Las condiciones ambientales del turno.
- El procedimiento de trabajo seguro (PTS).
- Los equipos de protección requeridos.
- El protocolo de comunicación y emergencia.
- Actividades durante la perforación

Esta fase constituye el núcleo operativo del proceso minero y demanda un estricto cumplimiento de los procedimientos de seguridad. En ella, el control técnico, la coordinación entre trabajadores y la supervisión directa son determinantes.

Posicionamiento del equipo y del trabajador

Antes de perforar, el operador debe:

- Ubicar correctamente la perforadora conforme al diseño de malla.
- Asegurar la estabilidad del equipo y el anclaje del brazo de perforación.





- Confirmar que no haya personal dentro del radio de acción del equipo.
- Verificar la distancia mínima de seguridad respecto a otros equipos eléctricos.
- El trabajador debe adoptar una postura estable y segura, evitando colocarse entre el equipo y la pared del frente para prevenir atrapamientos.

Procedimiento de perforación

El procedimiento se desarrolla en las siguientes etapas:

- Alineación inicial: el operador ajusta el ángulo y la profundidad según el plano de perforación.
- Inicio del taladro: se aplica presión moderada hasta que la broca se estabilice en la roca.
- Perforación continua: se controla la velocidad y presión para evitar desviaciones.
- Lubricación y refrigeración: se utiliza agua o aire comprimido para evitar el sobrecalentamiento y controlar el polvo.
- Finalización: se detiene gradualmente el equipo, evitando sacudidas que puedan dañar la broca.

Comunicación durante la operación

La comunicación continua entre el operador, el ayudante y el supervisor es esencial. Goldmins utiliza radios de comunicación intrínsecamente seguros y señales manuales estandarizadas.





Por ejemplo:

- Dos toques de radio = iniciar perforación.
- Tres toques = detener operación por anomalía.
- Señal de brazo cruzado = evacuación inmediata.

Tabla 1. Identificación de peligros, riesgos y medidas preventivas En la Sociedad Civil Minera Goldmins

Tipo de riesgo	Actividad	Peligro identificado	Riesgo potencial	Consecuencias posibles	Medidas preventivas / controles
Fisico	Perforación con martillo neumático o jumbo hidráulico	Exposición a ruido >100 dB(A) y vibraciones constantes	Pérdida auditiva inducida por ruido, lesiones osteomusculares	Hipoacusia, fatiga, trastornos musculoesqueléticos	Uso de protectores auditivos; mantenimiento de equipos; medición periódica de ruido; rotación de tareas.
Fisico	Voladura de roca	Proyección de fragmentos y sobrepresión aérea	Golpes, heridas, contusiones, daño estructural	Lesiones graves o mortales	Delimitación del área; evacuación total antes de detonar; uso de detonadores eléctricos seguros; comunicación de aviso previo.
Quimico	Manipulación de explosivos y gases post-voladura	Inhalación de monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Intoxicación aguda, asfixia	Dolor de cabeza, pérdida de conciencia, muerte	Ventilación forzada; medición de gases; ingreso solo con niveles <25 ppm CO; uso de mascarillas con filtro P100.
Quimico	Perforación en roca con contenido de silice	Polvo respirable (silice cristalina)	Silicosis, daño pulmonar crónico	Disnea, tos crónica, enfermedad pulmonar ocupacional	Sistemas de supresión de polvo por agua; uso obligatorio de respiradores certificados; limpieza húmeda.





Biológico	Trabajo prolongado en zonas húmedas o con fauna	Exposición a bacterias, hongos o mordeduras de animales	Infecciones dérmicas o zoonosis	Dermatitis, leptospirosis, picaduras	Higiene personal; vacunación; botas impermeables; fumigación periódica de túneles.
Ergonómico	Manipulación manual de herramientas y equipos	Posturas forzadas, esfuerzos excesivos	Lesiones músculo-esqueléticas	Dolor lumbar, tendinitis, hernias discales	Ergonomía del puesto; pausas activas; rotación de tareas; capacitación en levantamiento seguro.
De seguridad	Manejo y transporte de explosivos	Detonación accidental, incendio, caída de cargas	Explosión, incendio o fatalidades múltiples	Muerte, daños materiales severos	Transporte autorizado; uso de contenedores antiestáticos; rutas seguras; permisos de trabajo controlado.
De seguridad	Carga de explosivos en barrenos	Fallo en el cebado o mezcla de materiales incompatibles	Explosión no controlada	Pérdida total de la operación, fatalidades	Inspección de taladros; uso de materiales certificados; aislamiento del área; supervisión directa del técnico.
Psicosocial	Presión por metas de producción y exposición a riesgo constante	Estrés ocupacional y fatiga mental	Errores humanos, distracciones	Accidentes, baja motivación, ansiedad	Jornadas controladas; apoyo psicológico; pausas activas; reconocimiento de buenas prácticas.
Psicosocial	Trabajo en aislamiento prolongado o turnos nocturnos	Desconexión social, alteraciones del sueño	Desmotivación, fatiga, insomnio	Bajo rendimiento, conflictos laborales	Programas de bienestar laboral; rotación de turnos; descanso compensatorio.





Implementación del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)

Enfoque general del SG-SST

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) es el conjunto de políticas, normas, procedimientos y recursos destinados a prevenir los riesgos laborales, promover ambientes seguros y garantizar el bienestar físico y mental de los trabajadores.

Su implementación en el sector minero es obligatoria conforme a la Ley de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo N.o 255, 2024) y a la Resolución del Ministerio del Trabajo MDT-2017-135, que exige la aplicación de sistemas de gestión basados en la mejora continua.

En la minería moderna, el SG-SST se convierte en el eje central de la gestión operativa, ya que integra el control de riesgos técnicos, ambientales y humanos.

Para Goldmins, su implementación implica establecer una estructura organizativa clara, políticas de prevención, procedimientos operativos estandarizados y mecanismos de seguimiento y auditoría que aseguren el cumplimiento de los estándares nacionales e internacionales, como la ISO 45001:2018.

El propósito fundamental del SG-SST en la Sociedad Civil Minera Goldmins es proteger la vida, promover la salud, prevenir accidentes y enfermedades laborales, y fomentar una cultura organizacional de seguridad proactiva.





Principios rectores del SG-SST

El diseño del SG-SST de Goldmins se fundamenta en los siguientes principios rectores, que orientan toda la gestión preventiva:

- **Prevención antes que corrección:** toda acción debe orientarse a eliminar o controlar los riesgos antes de que se materialicen.
- **Participación y corresponsabilidad:** la seguridad es un compromiso compartido entre empleadores, técnicos y trabajadores.
- **Cumplimiento legal:** todas las operaciones deben alinearse con la legislación ecuatoriana vigente y los convenios internacionales de la OIT.
- **Mejora continua:** el sistema debe revisarse y optimizarse de forma periódica.
- **Cultura preventiva:** la seguridad debe integrarse como valor institucional, no como una obligación documental.
- **Gestión basada en evidencias:** las decisiones deben sustentarse en datos medibles y verificables.

Estructura del SG-SST En la Sociedad Civil Minera Goldmins

La implementación del SG-SST en la Sociedad Civil Minera Goldmins se estructura en seis componentes operativos principales:

- a) Política de seguridad y salud en el trabajo.
- b) Identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- c) Planificación y control operacional.





- d) Formación, competencia y cultura preventiva.
- e) Seguimiento, medición y auditoría.
- f) Revisión gerencial y mejora continua.

Cada componente interactúa de forma dinámica para garantizar la protección integral del

personal y la sostenibilidad del proceso productivo.

Política de seguridad y salud

La política de seguridad constituye el marco de referencia del sistema. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, la política institucional se basa en los siguientes compromisos:

- Garantizar condiciones de trabajo seguras en todas las operaciones de perforación, voladura y manipulación de explosivos.
- Cumplir con la legislación ecuatoriana, las normas ISO 45001 y los convenios internacionales suscritos por el país.
- Promover la consulta y participación activa de los trabajadores.
- Proveer recursos financieros, humanos y tecnológicos suficientes para la prevención.
- Mantener una mejora continua mediante la evaluación constante del desempeño en seguridad.
- Esta política debe difundirse a todo el personal, proveedores y contratistas, y estar visible en todas las instalaciones de la empresa.





Identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)

El proceso de Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos (IPER) es la base técnica del sistema. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, este proceso se desarrolla mediante la aplicación de metodologías reconocidas, como:

- Matriz de Riesgos GTC 45: utilizada para valorar la probabilidad y severidad de cada peligro.
- Análisis de Tareas Seguras (ATS): permite descomponer cada actividad en pasos y determinar los riesgos específicos.
- Análisis de Causa Raíz (RCA): se aplica tras un incidente o desviación.
- La IPER se actualiza trimestralmente o cada vez que se incorporan nuevas tecnologías, materiales o procedimientos, garantizando su vigencia y pertinencia.
- Además, los resultados del IPER sirven como base para definir los Planes de Acción Preventiva, que incluyen medidas de ingeniería, controles administrativos y requisitos de EPP.

Planificación y control operacional

La planificación del control operacional define cómo se gestionan los riesgos en las tareas diarias. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, se estructura bajo los siguientes ejes:

- Procedimientos operativos estándar (POE): describen paso a paso las actividades de perforación, carga y detonación, con sus medidas de seguridad.





- Permisos de trabajo para tareas críticas: exigidos para operaciones con explosivos, trabajos en altura, espacios confinados y mantenimiento eléctrico.
- Controles de ingeniería: sistemas de ventilación, sensores de gases, barreras físicas, anclajes y señalización.
- Controles administrativos: rotación de personal, inspecciones programadas, charlas de seguridad y gestión documental.
- Equipos de protección personal (EPP): definidos según el riesgo, verificados por el área de SST y reemplazados periódicamente.
- El control operacional también incluye mecanismos de comunicación efectiva entre turnos y equipos, mediante radios intrínsecamente seguros y reportes de cambio de guardia.

Formación, competencia y cultura preventiva

La capacitación es el pilar de cualquier sistema de gestión exitoso. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, se ejecuta un Programa Anual de Capacitación en SST, diseñado por el área de seguridad y aprobado por la gerencia general.

El programa incluye:

- Inducción general a nuevos trabajadores.
- Cursos especializados en manejo de explosivos, primeros auxilios, ergonomía y respuesta ante emergencias.
- Simulacros de evacuación y rescate en mina.





- Observaciones conductuales y retroalimentación sobre comportamientos seguros.
- De acuerdo con la OIT (2019), los programas de formación deben ser prácticos, evaluables y repetitivos, asegurando que los trabajadores no solo reciban información, sino que adquieran competencias verificables.

Para fortalecer la cultura preventiva, Goldmins fomenta el liderazgo visible: los supervisores deben participar activamente en las inspecciones, reconocer buenas prácticas y comunicar con el ejemplo los valores de seguridad.

Comunicación y participación

La comunicación efectiva es un elemento transversal del SG-SST. En la Sociedad Civil Minera Goldmins promueve mecanismos de comunicación interna que facilitan la participación de todos los trabajadores:

- Reuniones semanales de seguridad (“toolbox meetings”).
- Paneles informativos y boletines de seguridad.
- Canales anónimos para reportar actos o condiciones inseguras.
- Sistema de incentivos por reportes preventivos.

Asimismo, el Comité Paritario de Seguridad y Salud tiene un rol activo en la revisión de los incidentes, la actualización de procedimientos y la validación de las capacitaciones. Este enfoque participativo refuerza el compromiso colectivo y fortalece la cultura preventiva, aspecto esencial en operaciones de alto riesgo.





Emergencias, rescate y primeros auxilios

La gestión de emergencias es parte integral del SG-SST. En minería, los incidentes con explosivos pueden tener consecuencias graves, por lo que es imprescindible contar con planes de respuesta estructurados.

El Plan de Emergencias de Goldmins incluye:

- Procedimientos específicos para incendios, explosiones, derrumbes y fugas de gas.
- Designación de brigadas de emergencia (evacuación, primeros auxilios, control de incendios y rescate).
- Simulacros trimestrales de evacuación y rescate subterráneo.
- Equipos de emergencia (detectores multigás, camillas, oxímetros, extintores, desfibriladores automáticos).

El personal de primeros auxilios recibe capacitación certificada por el Ministerio de Salud Pública y el Cuerpo de Bomberos, cumpliendo la Norma NTE INEN-ISO 22320:2020 sobre gestión de emergencias.

Revisión gerencial y mejora continua

La revisión gerencial constituye la fase final del ciclo PHVA. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, la alta dirección revisa anualmente el desempeño del SG-SST mediante un proceso formal que incluye:

- Análisis de indicadores de seguridad y salud.
- Evaluación de cumplimiento legal.
- Revisión de resultados de auditorías y acciones correctivas.





- Retroalimentación de los trabajadores y contratistas.
- Identificación de nuevas oportunidades de mejora.

Como resultado de esta revisión, se actualiza el Plan Anual de Seguridad y Salud, definiendo metas, presupuestos y responsabilidades para el siguiente periodo.

De acuerdo con Goggins (2018), la participación de la alta dirección es un predictor clave del éxito del sistema: cuando los líderes priorizan la seguridad en la toma de decisiones estratégicas, los índices de siniestralidad tienden a disminuir sostenidamente.

Desafíos y factores críticos de éxito

La implementación del SG-SST enfrenta desafíos comunes en el sector minero ecuatoriano, como:

- Escasez de técnicos especializados.
- Limitaciones presupuestarias para capacitación o equipos.
- Resistencia cultural al cambio.
- Sin embargo, Goldmins ha superado estos retos mediante:
- Fortalecimiento de la capacitación técnica interna.
- Inversión en equipos de seguridad certificados.

Creación de una cultura de liderazgo en seguridad, donde cada trabajador asume un rol activo en la prevención.

Los factores críticos de éxito identificados son:

- Compromiso visible de la alta dirección.





- Comunicación constante y bidireccional.
- Medición de resultados y transparencia.
- Involucramiento del trabajador en la gestión.
- Actualización normativa y técnica permanente.

Responsabilidades de la empresa, del técnico de SST y de los trabajadores

La prevención de riesgos laborales en el sector minero depende, en gran medida, de la claridad en las responsabilidades de cada actor dentro del sistema de gestión. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, las tareas de perforación, voladura y manipulación de explosivos son consideradas actividades de alto riesgo, por lo que exigen la definición precisa de funciones y deberes conforme a la legislación ecuatoriana y los convenios internacionales suscritos por el país.

Este subtema desarrolla las obligaciones y deberes de la empresa, del técnico de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y de los trabajadores, con base en los principales instrumentos legales:

- Constitución de la República del Ecuador (2008).
- Código del Trabajo (actualizado 2024).
- Ley de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 255, 2024).
- Acuerdo Ministerial MDT-2017-0135 (Reglamento del SG-SST).
- Reglamento de Seguridad Minera (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020).





- Convenios Internacionales de la OIT, especialmente el Convenio 155 (Seguridad y Salud de los Trabajadores) y el Convenio 176 (Seguridad y Salud en las Minas).

Discusión

La revisión bibliográfica se centra en analizar críticamente los fundamentos teóricos, técnicos, legales y organizacionales que sustentan el Protocolo de Seguridad para la Perforación, Voladura y Manipulación de Explosivos aplicado a la Sociedad Civil Minera Goldmins. Se comparan los hallazgos del desarrollo con estudios y normativas internacionales, identificando coincidencias, divergencias y vacíos en la gestión de riesgos de esta naturaleza.

En la minería moderna, la perforación y la voladura son actividades imprescindibles para la fragmentación del macizo rocoso. Sin embargo, su carácter altamente riesgoso exige un control riguroso de todos los procesos asociados: almacenamiento de explosivos, transporte, carga, detonación y post-voladura. Según Navarro-Torre et al. (2020), más del 60 % de los accidentes graves en minería a cielo abierto se relacionan con fallos en el diseño o ejecución de voladuras, en tanto que el 30 % restante corresponde a errores humanos o deficiencias en la supervisión. Estos datos confirman la necesidad de protocolos sistemáticos de seguridad y salud que incluyan componentes técnicos y conductuales.

La seguridad como sistema integral en minería

La principal coincidencia entre la literatura revisada y la experiencia práctica en la Sociedad Civil Minera Goldmins es la necesidad de concebir la seguridad como un sistema integral, más allá del cumplimiento legal. De





acuerdo con Reason (1997) y su modelo del “queso suizo”, los accidentes no se producen por una sola causa, sino por la alineación de fallos organizacionales, técnicos y humanos. En este sentido, el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) actúa como una red de barreras que previene la alineación de tales errores.

Estudios realizados por Goggins (2018) y Arenas et al. (2022) demuestran que las empresas mineras con liderazgo visible en seguridad reducen entre un 30 % y un 50 % los incidentes relacionados con operaciones de alto riesgo. Goldmins refleja este principio a través de políticas activas de participación, comunicación y control operativo diario, pero requiere fortalecer la auditoría conductual y la evaluación de cultura preventiva, dimensiones aún poco desarrolladas en la minería latinoamericana.

Factores humanos y organizacionales en la seguridad minera

El componente humano sigue siendo el factor más crítico y, a la vez, más difícil de controlar. De acuerdo con Fernández-Muñiz et al. (2017), el 80 % de los accidentes industriales tienen alguna relación con el comportamiento humano, ya sea por falta de atención, formación insuficiente o presión laboral. En la Sociedad Civil Minera Goldmins, los riesgos psicosociales identificados (estrés, fatiga, aislamiento y presión por la producción) son factores que pueden comprometer la atención y la toma de decisiones durante operaciones críticas como la manipulación de explosivos.

El Convenio OIT 176 establece que el trabajador tiene derecho a recibir capacitación teórica y práctica antes de desempeñar cualquier tarea minera. Este principio se cumple En la Sociedad Civil Minera Goldmins





mediante un programa anual de formación y simulacros, pero la discusión académica sugiere avanzar hacia un modelo de aprendizaje adaptativo, donde la capacitación se vincule directamente con los resultados de desempeño y retroalimentación conductual.

Eficacia de los protocolos técnicos

Los protocolos técnicos para perforación y voladura son la columna vertebral del sistema de seguridad minera. La literatura técnica (por ejemplo, Konya & Walter, 2019) resalta que la precisión en el diseño de la malla de perforación y el control de la carga explosiva determinan la seguridad del proceso.

Otra área de mejora identificada es la gestión de residuos y gases post-voladura, que requiere ventilación forzada y monitoreo continuo de gases como NO₂ y CO. Aunque Goldmins cumple con las normas NTE INEN 2267 y 2390, los estándares de países mineros avanzados exigen sistemas automáticos de detección y alarmas inteligentes, lo cual representa una oportunidad de innovación tecnológica para la empresa.

Cultura de seguridad y comportamiento organizacional

La cultura de seguridad es un elemento transversal discutido ampliamente en la literatura científica. Según Cooper (2018), una cultura de seguridad madura se caracteriza por tres dimensiones: clima organizacional, comportamientos observables y resultados de desempeño.

En la Sociedad Civil Minera Goldmins, la cultura preventiva se fortalece mediante programas de comunicación, charlas de seguridad y comités





paritarios, pero aún enfrenta desafíos relacionados con la resistencia al cambio y la subestimación de riesgos rutinarios.

Comparación entre la teoría y la práctica En la Sociedad Civil Minera Goldmins

La revisión muestra que Goldmins cumple gran parte de las exigencias normativas y recomendaciones técnicas internacionales, pero aún enfrenta desafíos en la dimensión humana y cultural.

Mientras que la teoría enfatiza la prevención integral, la práctica diaria aún depende del compromiso individual y de la supervisión directa. Esto evidencia la necesidad de consolidar un modelo de liderazgo distribuido, donde cada trabajador asuma responsabilidad personal sobre su seguridad y la de su equipo.

En términos de cumplimiento, Goldmins presenta una alta madurez técnica (controles de ingeniería, sistemas de monitoreo, procedimientos estandarizados), pero su madurez cultural podría fortalecerse mediante:

- Indicadores de cultura preventiva.
- Programas de liderazgo en seguridad.
- Evaluaciones psicosociales periódicas.
- Estrategias de motivación y reconocimiento.

Limitaciones y desafíos futuros

La discusión también reconoce ciertas limitaciones estructurales que condicionan la implementación plena del protocolo:





- Limitaciones económicas: la inversión inicial en seguridad puede ser alta para empresas pequeñas, lo cual genera brechas de cumplimiento.
- Capacitación insuficiente: la falta de programas técnicos especializados en seguridad minera limita el desarrollo de competencias locales.
- Débil fiscalización pública: la escasez de inspectores especializados en minería reduce la efectividad de la supervisión estatal.
- Resistencia al cambio cultural: las actitudes tradicionales y la baja percepción de riesgo son obstáculos persistentes.

Los desafíos futuros para Goldmins y el sector minero ecuatoriano incluyen:

- Implementar sistemas digitales de gestión preventiva.
- Fortalecer la cooperación entre Estado, empresa y academia.
- Promover la formación de técnicos mineros especializados en seguridad y salud ocupacional.
- Consolidar una cultura de liderazgo y compromiso con la vida.

Nos permite afirmar que el Protocolo de Seguridad para la Perforación, Voladura y Manipulación de Explosivos En la Sociedad Civil Minera Goldmins constituye un modelo integral que combina la prevención técnica, la gestión organizacional y la responsabilidad social.

Su alineación con la normativa nacional y los convenios internacionales garantiza un marco sólido de cumplimiento, mientras que su enfoque en la





capacitación, la participación y la mejora continua fortalece la cultura de seguridad.

Conclusiones

El presente artículo de revisión bibliográfica sobre el “Protocolo de Seguridad para la Actividad de Perforación, Voladura y Manipulación de Explosivos en el Área Operativa de la Sociedad Civil Minera Goldmins ha permitido integrar, desde una perspectiva técnico-legal y científica, los elementos esenciales de la gestión preventiva en minería. A partir del análisis de la literatura especializada, la normativa ecuatoriana e internacional y las prácticas empresariales, se desprenden las siguientes conclusiones principales:

Importancia de la planificación y control operacional

El análisis de la Sociedad Civil Minera Goldmins demuestra que la planificación técnica precisa, el uso de software de diseño de mallas y la verificación posterior mediante indicadores de desempeño son prácticas que reducen significativamente los riesgos asociados a las explosiones no controladas y a la proyección de fragmentos.

Autores como Konya & Walter (2019) y Spathis (2020) coinciden en que el control técnico del proceso de voladura tiene un impacto directo en la seguridad, la productividad y la estabilidad estructural de la mina.

Identificación y control de los riesgos laborales

Los riesgos críticos más significativos en la operación son los derivados del manejo de explosivos, la exposición a gases post-voladura, el ruido y las





vibraciones, y los factores psicosociales vinculados a la presión laboral y la fatiga.

Según la OIT (2019), la prevención efectiva requiere combinar controles técnicos (barreras físicas, sensores y ventilación) con controles administrativos (protocolos, permisos, capacitación) y medidas conductuales (observaciones seguras y autocontrol).

El caso de la Sociedad Civil Minera Goldmins evidencia una implementación adecuada de estas tres dimensiones, aunque persisten oportunidades de mejora en el monitoreo automatizado de gases y vibraciones.

Responsabilidades y corresponsabilidad institucional

La Sociedad Civil Minera Goldmins ha desarrollado una estructura jerárquica funcional en la que cada nivel asume responsabilidades específicas. Esta corresponsabilidad refleja los principios del Convenio OIT 176 (1995), que define la seguridad minera como una obligación compartida entre empleadores y trabajadores.

Recomendaciones

La seguridad minera moderna requiere pasar del cumplimiento formal a la excelencia operacional en la prevención. En este contexto, las siguientes recomendaciones se formulan con base en los resultados del estudio, la normativa ecuatoriana vigente y las mejores prácticas internacionales en seguridad y salud ocupacional (SST). Su aplicación fortalecerá el Protocolo de Seguridad de la Sociedad Civil Minera Goldmins, garantizando la protección integral de los trabajadores y la sostenibilidad de la operación minera.





Fortalecimiento del liderazgo y la cultura preventiva

- a) Implementar un modelo de liderazgo en seguridad visible y participativo. La dirección general y los mandos intermedios deben asumir un rol activo en la promoción de la seguridad. Las visitas de liderazgo al campo, los diálogos directos con los trabajadores y la presencia visible de los supervisores durante las operaciones críticas generan confianza, compromiso y disciplina operativa (Goggins, 2018).
- b) Consolidar la cultura preventiva como valor institucional. La seguridad debe integrarse en la misión y visión corporativa de Goldmins, reflejándose en decisiones de inversión, contratación y evaluación del desempeño. La empresa debe avanzar hacia una cultura de madurez preventiva, caracterizada por la autorregulación y el aprendizaje colectivo (Reason, 1997).

Capacitación y desarrollo de competencias

- a) Diseñar un Plan Integral de Capacitación Minera (PICM).

Este plan debe incluir módulos técnicos, legales, psicológicos y de primeros auxilios, ajustados al perfil de cada puesto. La capacitación debe ser continua, evaluable y certificable conforme al artículo 13 del Acuerdo Ministerial MDT-2017-0135.

- b) Incorporar metodologías activas de aprendizaje.

El entrenamiento debe incluir simulaciones, análisis de casos, juegos de roles y aprendizaje basado en la experiencia, para aumentar la retención y la aplicabilidad de los conocimientos (Fernández-Muñiz et al., 2017).





c) Fortalecer la formación del personal técnico y supervisores.

Los técnicos de SST y supervisores deben recibir formación avanzada en investigación de incidentes, análisis de causa raíz y evaluación de riesgos complejos, siguiendo las directrices de la ISO 45001:2018 y la OIT (2019).

Bienestar y factores psicosociales

a) Implementar un programa de salud mental ocupacional.

Debe incluir apoyo psicológico, orientación en manejo del estrés, prevención de adicciones y espacios de descanso adecuados. Las condiciones psicosociales influyen directamente en la concentración y la toma de decisiones (Carvajal, 2022).

b) Regular los turnos laborales y periodos de descanso.

Evitar jornadas excesivas y fomentar pausas activas para reducir la fatiga muscular y cognitiva. La OIT (Convenio 155) recomienda que las jornadas en entornos de riesgo no superen los límites establecidos en la legislación nacional.

c) Fortalecer el sentido de pertenencia y cohesión social.

Promover actividades recreativas y culturales mejora el bienestar emocional del personal y refuerza la identidad colectiva, elemento clave en la prevención de comportamientos de riesgo.

d) Desarrollar programas de ergonomía avanzada.

Incluir evaluación de posturas, diseño de herramientas y análisis biomecánico de tareas, especialmente en actividades de perforación manual o manipulación de cargas pesadas.





Consideraciones finales

Las recomendaciones aquí expuestas proponen un enfoque integral orientado a la excelencia en la seguridad minera, combinando innovación tecnológica, desarrollo humano, cumplimiento normativo y cultura preventiva.

Su implementación permitirá a la Sociedad Civil Minera Goldmins consolidarse como referente nacional en gestión de seguridad minera, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 8, 9 y 12) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas.

Finalmente, se recomienda mantener una visión de seguridad sostenible, en la que el bienestar del trabajador, la productividad y la protección ambiental sean elementos inseparables de la competitividad minera.

Referencias

Arenas, F., Ledesma, J., & Morales, D. (2022). Gestión de riesgos laborales en minería subterránea: análisis de desempeño y cultura preventiva. *Revista de Seguridad Industrial*, 18(2), 45–61.

Carrillo, M., & Jácome, V. (2021). Cumplimiento normativo y cultura de seguridad en la minería ecuatoriana. Universidad Central del Ecuador.

Carvajal, G. (2022). Evaluación de riesgos psicosociales en entornos mineros. Quito: INIGEMM.

Cooper, D. (2018). *Behavioral Safety: A Framework for Success*. John Wiley & Sons.





Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. J. (2017). Safety management system: from structure to performance. *Safety Science*, 101, 119–131.

Goggins, R. (2018). *Leadership in Mining Safety Management*. International Council on Mining and Metals (ICMM).

Konya, C. J., & Walter, E. J. (2019). *Surface Blasting Design*. Oxford: SME Publishing.

McSween, T. (2003). *Values-Based Safety Process*. Wiley.

Navarro-Torre, C., Ramos, J., & Díaz, R. (2020). Voladuras seguras: técnicas y prevención de accidentes. *Boletín Minero Latinoamericano*, 12(3), 76–88.

Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot: Ashgate.

Spathis, A. (2020). Vibration Control and Air Overpressure in Mining Blasting Operations. *Mining Technology Journal*, 23(1), 55–70.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). *Seguridad y salud en el trabajo: Convenios 155, 161 y 176*. Ginebra.

