

# RUTA MINERA

UN CAMINO A LA MINERÍA BIEN HECHA

VOLUMEN 6 NÚMERO 1 / OCTUBRE 2023



**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

**GIMAB**

Grupo de Investigación  
Minero Ambiental El Bagre



# RUTA MINERA

UN CAMINO A LA MINERÍA BIEN HECHA

---

Una publicación anual del  
Centro de Formación Minero Ambiental  
Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA

Dirección General  
Dirección de Formación Profesional  
Grupo SENNOVA  
Grupo de Investigación Minero Ambiental de  
El Bagre - GIMAB

Centro de Formación Minero Ambiental  
Los Comodatos de Arriba (Vía Zaragoza)  
Teléfono: +57 (1) 837 0340 - 837 0461,  
Exts. 45125 - 45124 - 45105

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE  
[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)  
El Bagre, Antioquia, Colombia

Jorge Eduardo Londoño Ulloa  
**Director General del SENA**

Jaime León Tobón Vélez  
**Director Regional Antioquia**

---

## CREDITOS

**Director de la Revista**  
Jairo León Jiménez Zapata

**Editores**  
Julián Andrés Lenis Rodas  
Carlos Alberto Aguirre Quintero

**Diseño y Diagramación**  
Farley Giovanni González Londoño  
Damián Gómez

**Columnistas**  
Erika María Gracia Flórez  
Luis Enrique Morales Garces  
Marllory Isaza Ruiz  
Julián Andrés Lenis Rodas  
Envirosuite  
Diego Fernando Rivera Acuña  
Edison José Peñaranda Toscano  
Gloria Catalina Gheorghe

**Colaboradores**  
Luis Carlos Pineda Montiel  
Merly Marcela Mercado Heredia  
Fabian Enrique Nino Yepes  
Lina Marcela Cantero Domínguez

## Agradecimientos

A todas las personas e instituciones que  
comparten sus experiencias y resultados  
de investigación, innovación y desarrollo  
tecnológico para que otros puedan  
nutrirse y crecer en sus procesos  
productivos y académicos.

## EDITORIAL

Con gran entusiasmo, damos la bienvenida a nuestros estimados lectores al sexto volumen de la Revista Ruta Minera, un camino hacia la minería bien hecha. Este nuevo número representa un paso adelante en nuestro compromiso constante de difundir el conocimiento y promover buenas prácticas en el mundo de la minería en Colombia.

En este volumen, continuamos la labor que hemos venido realizando en colaboración con el sector privado y las instituciones públicas. A través de los esfuerzos conjuntos de empresarios, docentes, e investigadores, hemos logrado poner de manifiesto los avances más recientes en temas críticos y procesos de alto impacto en la industria minera actual. Nuestro enfoque sigue siendo la promoción de una minería responsable que se preocupa tanto por la eficiencia económica como por su huella social y ambiental.

En un momento en el que el estigma que rodea a la actividad minera sigue siendo un desafío, es crucial que continuemos compartiendo contenidos relacionados con las buenas prácticas mineras. Nuestra misión es fomentar la concienciación sobre la importancia de esta actividad económica que, durante décadas, ha sido un pilar fundamental para el desarrollo económico, tanto en el departamento de Antioquia como en toda Colombia.

La Revista Ruta Minera continúa siendo un espacio para el diálogo, el aprendizaje y la innovación en la industria minera colombiana. Esperamos que disfruten de esta nueva edición y que encuentren inspiración en sus páginas.

¡Gracias por acompañarnos en este viaje de descubrimiento y transformación!

Jairo León Jiménez Zapata  
**Revista Ruta Minera**







# Contenido

## RUTA MINERA

UN CAMINO A LA MINERÍA BIEN HECHA

6

Mujer Minera Colombiana.

12

La Crisis Minera en el Bajo Cauca Antioqueño:  
Desafíos y Perspectivas para los Pequeños  
Mineros.

18

La Importancia de la Minería en el Desarrollo  
Social y Tecnológico de las Regiones

24

Operaciones Mineras Responsables  
Potenciadas por la Inteligencia Ambiental:  
Caso de Estudio.

30

La Responsabilidad del Empleador en la  
Minería Subterránea de Carbón.

36

Sistema Visual de Alerta de Riesgos Aplicado  
a las Minas Subterráneas de Colombia.

44

Modelo en la Prevención y Mitigación de  
Explosiones de Metano y Polvo de Carbón  
en la Minería Subterránea



# Mujer Minera Colombiana.

## Colombian Female Miner

---

*Por:* ERIKA MARÍA GRACIA FLÓREZ.  
Abogada, Especialista en Derecho  
Minero y Ambiental  
Gerente G&F Asesorías Mineras S.A.S  
[erikagraciaf@gmail.com](mailto:erikagraciaf@gmail.com)

### Resumen

Desde los inicios de la minería en Colombia, la cultura de este sector no ha favorecido a la mujer, por años ha existido una gran cantidad de creencias que dificultan su inclusión en el desarrollo de esta actividad donde se han visto relegadas hasta el punto de violar el derecho al trabajo, a la equidad de género, y al libre desarrollo de la personalidad, limitando su crecimiento profesional por el hecho de ser MUJER. Estos obstáculos se han presentado desde la parte social, empresarial, técnica y desde la normativa. Un ejemplo de ello es el **Decreto 1335 de 1987, artículo 4, mediante el cual se expide el reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas** (derogado por el artículo 263 del Decreto 1886 de 2015) "Queda prohibido el trabajo de mujeres de todas las edades y varones menores de 18 años, en labores subterráneas relacionadas a la actividad minera", permitiéndole a las mujeres realizar solo labores administrativas generando una

baja participación de ellas en el gremio minero. Por este motivo, se debe apostar por el apoyo, posicionamiento y visibilidad de las empresas lideradas por mujeres, con el fin de que éstas se conviertan en las principales proveedoras de la cadena de valor de la Minería Artesanal y en Pequeña Escala (MAPE).

**Palabras claves:** Minería, Asociatividad, Empoderamiento de la Mujer.

Las mujeres se han visto afectadas por grandes brechas de género en el gremio minero, que van desde la escasez de oportunidades laborales en proyectos del sector hasta la desigualdad salarial, la limitada participación en carreras científicas y tecnológicas, la violencia de género y la prevalencia en roles de apoyo, mantenimiento y oficios varios. Hasta la fecha, tanto el gobierno nacional como las instituciones de educación superior y las organizaciones internacionales han adoptado un enfoque de género principalmente descriptivo, sin abordar profundamente estas problemáticas. Es por esto que en los territorios mineros hoy en día podemos observar a mujeres que desarrollan actividades de extracción minera de manera artesanal, como la minería de subsistencia, desde el



barequeo, la cual está regulada en el artículo 155 de la ley 685 de 2001, y las seleccionadoras (chatarreras), cuya labor consiste en seleccionar y lavar minerales a las afueras de las unidades de producción minera subterránea, donde se encuentran los desechos de los minerales extraídos. En su mayoría, estas mujeres son madres cabeza de hogar que llevan a sus hijos pequeños a trabajar con ellas, exponiéndolos a riesgos significativos debido a la inestabilidad del terreno y la falta de cumplimiento de los requisitos de protección personal que establece la ley. A lo largo de los años, las mujeres en la industria minera han enfrentado numerosos desafíos, entre los que se destacan:

- Enfermedades derivadas del uso de mercurio en la separación del mineral, estando prohibida su comercialización por la ley 1658 de 2013.
- Problemas relacionados con la falsificación y usurpación de sus identidades al momento de comercializar el mineral.
- La falta de acompañamiento institucional por parte de la autoridad minera competente.
- Vulnerabilidad social en las comunidades mineras.
- Insuficiente capacitación y supervisión en la minería de subsistencia, la cual requiere registrar el RUT ante la DIAN, inscribirse en la plataforma del GENESIS de cada alcaldía municipal y presentar la cuenta de servicios públicos como parte de los requisitos para la comercialización del mineral en las cantidades permitidas por la ley.
- A pesar de estar calificadas, las mujeres reciben ingresos promedio más bajos que los hombres.
- Falta de conocimiento sobre sus derechos ante la autoridad minera.
- Ausencia de políticas y acciones para promover la equidad de género en la industria minera.

### La importancia de la asociatividad

Con el paso de los años, las mujeres mineras han mostrado un creciente interés en desarrollar actividades alternas al barequeo y participar en



### La importancia de la asociatividad

Con el paso de los años, las mujeres mineras han mostrado un creciente interés en desarrollar actividades alternas al barequeo y participar en pequeñas, medianas o grandes empresas mineras. Su objetivo es ocupar cargos administrativos que les permitan influir en la formulación de políticas con enfoque de género, equidad e inclusión en todos los aspectos relacionados con la toma de decisiones. La asociatividad ha desempeñado un papel fundamental en este proceso, ya

que ha brindado a estas mujeres la oportunidad de capacitarse, trabajar en equipo, lograr independencia económica y generar empleo en sus comunidades. Además, han servido de motivación para otras que desean crecer y tener una mayor participación en la





configuración de modelos asociativos y la economía solidaria. Todo esto ha contribuido al empoderamiento tanto individual como colectivo de las mujeres mineras en sus respectivos territorios. Algunas de las ventajas de la asociatividad incluyen:

- Obtener mejores garantías laborales al participar en proyectos empresariales; ya sea en agricultura, minería, ganadería, confección, viveros u otras áreas.
- Bancarización.
- Reconocimiento por parte de entidades gubernamentales y no gubernamentales.
- Realizar actividades laborales con una adecuada vinculación a la seguridad y salud en el trabajo.

### **Barreras que impiden el acceso y permanencia de las mujeres en la MAPE**

**Sector masculinizado:** se refiere a aquellos sectores económicos donde la presencia de mujeres es escasa o nula. En el contexto de la MAPE, es un sector tradicionalmente dominado por hombres, lo que dificulta la participación activa de las mujeres.

**Techo de cristal:** esta situación se manifiesta cuando las mujeres cuentan con la educación y la experiencia necesaria, pero enfrentan dificultades para ascender a puestos directivos y de toma de decisiones en la industria minera. A menudo, se encuentran con barreras invisibles que limitan su avance profesional (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

**Imaginaros y estereotipos de género:** alrededor del trabajo minero se han desarrollado imágenes y estereotipos de género que refuerzan roles sexistas y discriminatorios hacia las mujeres. Estos imaginarios

promueven la idea de que las mujeres deben desempeñar roles subordinados en el hogar o en trabajos precarios (Arcos, 2018). Además, los imaginarios naturalizan la exclusión de las mujeres en las labores mineras y contribuyen a mantener “prejuicios amparados en estereotipos discriminatorios”. Por ejemplo, en situaciones sexistas, las mujeres pueden no ser contratadas bajo la creencia errónea de que no son capaces de realizar trabajos físicos, y tampoco se les brindan oportunidades para formar parte de este sector en otras capacidades (Red Chilena contra la Violencia hacia las Mujeres, 2015).

**Discriminación por género:** las mujeres pueden enfrentar diversos tipos de discriminación de género, que pueden ejemplificarse de la siguiente manera:

**Castigo a la maternidad:** en ocasiones, se considera la maternidad como un obstáculo para la contratación de mujeres. Se asume que puede haber conflictos de relaciones personales: “Entre las causas que explican la no contratación de las mujeres, algunos titulares y administradores afirmaron que generan conflictos, tanto con los propios mineros como con sus esposas. Mencionaron que el coqueteo e incluso la posibilidad de que haya una relación entre minero y minera los distrae del trabajo y baja su productividad” (Arcos, 2018).

### **Empoderamiento de la mujer minera**

En el sector minero, existe un alto índice de analfabetismo y un conocimiento limitado en el uso de herramientas tecnológicas. Las mujeres, en su mayoría, han estado más centradas en el cuidado de sus familias, especialmente en las zonas rurales de los

municipios de Colombia. Esto ha dificultado su acceso a la educación básica, técnica y superior. Por esta razón, una de las propuestas que se han estado desarrollando con las mujeres es promover actividades alternativas a la minería. Algunas de estas iniciativas incluyen:

- Apicultura.
- Piscicultura.
- Agricultura.
- Alfabetización digital.
- Participación comunitaria.
- Creación de modelos de negocio.

La mujer continúa experimentando una significativa discriminación que ha obstaculizado su progreso equitativo en el sector minero; esto se refleja en su baja participación en los proyectos que desarrollan los titulares mineros. A pesar de que las cifras del DANE indican un aumento en la participación de las mujeres en el sector minero, pasando del 20 % en 2015 a 30 % en 2020 (Portafolio, 2021), persiste la falta de reconocimiento territorial e institucional hacia ellas, lo que las lleva en muchas ocasiones a recurrir a venta de su cuerpo como una forma de obtener ingresos económicos para alimentar a sus hijos.

Es importante destacar que las mujeres Barequeras, en su mayoría, son víctimas de abuso sexual, y estos delitos rara vez son denunciados ante las autoridades competentes. Además, se estima que un 33 % de las mujeres involucradas en la minería lo hacen estando embarazadas, lo que pone en riesgo tanto su vida como la de sus bebés. Es fundamental señalar que esta actividad se realiza de manera independiente, por lo tanto, no existe una vinculación laboral formal.

Durante décadas, los territorios mineros han experimentado problemas de orden público que han resultado en el desplazamiento de familias enteras. Esto ha dificultado la creación de oportunidades laborales en estas áreas. Además, la MAPE ha enfrentado importantes desafíos, entre ellos la falta de política clara de formalización de la actividad minera. Esta falta de claridad ha impedido el crecimiento económico y la obtención de empleo decente en línea con las competencias académicas y el tipo de minería que se lleva a cabo. En la actualidad, solo alrededor de 2 de cada 10 procesos de titulación o formalización minera involucran a mujeres, y en muchas ocasiones, estas forman parte de asociaciones o empresas ya tituladas.



## Participación en proyectos de apoyo a la mujer minera

En el año 2021, tuve la oportunidad de participar como consultora en el proyecto “Creative Capacity Building to Address Gender-Based Violence in the Artisanal and Small Scale Mining Sector in Colombia”, en el cual, lideré la estrategia de sostenibilidad dirigida a las mujeres Barequeras de los municipios





de Zaragoza y Andes del departamento de Antioquia, financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID a través de la Universidad MITD-Lab de Estados Unidos. En colaboración con estas mujeres, desarrollamos una estrategia de género junto con sus respectivas metodologías y herramientas, logrando alcanzar los objetivos establecidos. De igual manera, brindamos liderazgo y asesoramiento en la implementación de actividades con enfoque de género en colaboración con la Alianza por la Minería Responsable (ARM), que trabajó en conjunto con el MITD en Colombia. Cabe destacar que este proyecto tenía como objetivo principal desarrollar acciones de incidencia en la formación de políticas públicas que promovieran el desarrollo de una minería artesanal con enfoque de género, basado en los resultados derivados del análisis de los grupos participantes.

Adicionalmente, durante ese mismo periodo, participé en el proyecto “PIRE: Minería Responsable para Comunidades Resilientes”, ejecutado por la Universidad de Colorado School of Mines desde el año 2018. Este proyecto se centró en la formación y desarrollo de capacidades en comunidades, así como en estudiantes colombianos de la Universidad Nacional sede Medellín, y estudiantes norteamericanos.

Mi trabajo me ha brindado la oportunidad de crecer como profesional y también a interesarme en acompañar a las comunidades mineras, especialmente en la subregión del Bajo Cauca antioqueño. En el año 2022, tuve la oportunidad de participar en las convocatorias de fomento minero organizadas por la Secretaría de Minas de la



Gobernación de Antioquia, y en particular, en la categoría “Mujer Dirigente en la Minería”, en la cual fui reconocida, lo que me llenó de gran satisfacción y alegría al sentir que mi esfuerzo, dedicación y perseverancia como Mujer Minera eran reconocidos y visibles para la institucionalidad.



## Referencias

- [1] Banco Interamericano de Desarrollo, Asesoría y Estudios Económicos/EQUALES. “Iniciativa público-privada para reducir las brechas económicas de género en Colombia: Diagnóstico”. Iniciativa de Paridad de género Colombia. 2019. Pág. 92
- [2] Arcos Alonso Ander y RIVERA Guzmán Estefanía. “Brechas de género en la minería: la minería artesanal y de pequeña escala desde una perspectiva de género”. Alianza por la Minería Responsable. Noviembre de 2018. Pág. 111. Disponible en: [https://www.responsiblemines.org/wp-content/uploads/2019/02/DIGITAL-BRECHAS-DE-G%C3%89NERO\\_M21\\_C13-compressed.pdf](https://www.responsiblemines.org/wp-content/uploads/2019/02/DIGITAL-BRECHAS-DE-G%C3%89NERO_M21_C13-compressed.pdf)
- [3] Red Chilena contra la Violencia hacia las Mujeres. “El continuo de violencia hacia las mujeres y la creación de nuevos imaginarios”. Santiago - Chile. 2015. Pág. 28. Disponible en: <https://www.nomasviolenciacontramujeres.cl/wp-content/uploads/2015/11/El-continuo-de-violencia-hacia-las-mujeres.pdf>
- [4] Portafolio, 2021. “Las mujeres mineras se destacan por su labor en el sector”. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/las-mujeres-mineras-se-destacan-por-su-labor-en-el-sector-549869>









# La Crisis Minera en el Bajo Cauca Antioqueño: Desafíos y Perspectivas para los Pequeños Mineros.

*The Mining Crisis in Bajo Cauca Antioquia: Challenges and Perspectives for Small Miners.*

*Por:* LUIS ENRIQUE MORALES GARCES.  
Abogado, Especialista en Derecho Administrativo, Especialista en Derecho Minero y Ambiental. Magíster en Derecho Administrativo.  
[luís.morales6768@gmail.com](mailto:luís.morales6768@gmail.com)

## Resumen

*Este artículo examina la crisis minera que actualmente enfrenta el Bajo Cauca antioqueño, centrándose en las dificultades que enfrentan los pequeños mineros para legalizar sus prácticas. Para ello, se explorará la historia de la minería en la región, destacando su importancia económica y social. A continuación, se analizará la problemática actual, incluyendo los obstáculos legales y sociales que impiden la regularización de la actividad minera. Por último, se presentarán posibles soluciones para mejorar la situación en la región, abordando un enfoque integral que considere aspectos económicos, sociales y ambientales.*

**Palabras claves:** Crisis Minera, Legalización, Pequeños Mineros.

## Introducción

El Bajo Cauca antioqueño es una región reconocida por su rica tradición minera, que ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo económico de la región a lo largo de los años, siendo parte integral de la vida de las comunidades allí asentadas. Sin embargo, hoy en día, es innegable que los pequeños mineros están experimentando una crisis que abarca múltiples facetas. Esta problemática surge en gran medida debido a la escasez de oportunidades disponibles para legalizar sus operaciones mineras. Esto se manifiesta como un grave problema, pues, sin el estatus legal adecuado, los mineros enfrentan un conjunto de dificultades que van desde la falta de acceso a financiamiento y recursos, hasta la imposibilidad de beneficiarse de los programas gubernamentales destinados a promover una minería sostenible. Una de las causas fundamentales de esta problemática radica en la notoria ausencia del Estado en estas zonas. Esta carencia de presencia gubernamental sitúa a los pequeños mineros en un estado de vulnerabilidad, ya que no cuentan con el apoyo necesario para regular sus actividades y asegurar que se ajusten a las normativas vigentes. A

menudo se ven forzados a operar en un vacío regulatorio, incumpliendo con frecuencia los requisitos legales y medioambientales establecidos por la ley, lo que contribuye a la perpetuación de un ciclo de prácticas ilegales que socavan la sostenibilidad del sector minero a largo plazo. En última instancia, la falta de oportunidades legales y la ausencia del Estado en estas áreas están interconectadas y agravan la crisis que enfrentan los pequeños mineros, debilitando tanto su capacidad para prosperar como el cumplimiento de las normativas y estándares que son cruciales para garantizar la responsabilidad y el respeto ambiental en la minería.

Es por ello que, en este artículo, se examinará esta problemática. Con este propósito, se realizará una breve aproximación a su origen histórico, posteriormente, se presentarán las causas alegadas por los mineros que participaron en el paro minero del pasado mes de marzo del año 2023, y, por último, se presentarán las posibles soluciones para abordar la crisis.

### **Reseña histórica**

La región del Bajo Cauca es una subregión del departamento de Antioquia, la cual está conformada por los siguientes municipios: Caucasia y El Bagre (municipios de quinta categoría), y Cáceres, Nechí, Tarazá y Zaragoza (municipios de sexta categoría) (Equipo técnico de la Universidad de Antioquia, 2021, pág. 10). Cuando se dice que un municipio es de quinta o de sexta categoría se refiere a la categorización realizada conforme al número de personas que lo habitan y a los ingresos corrientes de libre destinación anuales con los que cuentan,

siguiendo los lineamientos establecidos en la Ley 617 de 2000, específicamente su artículo 2.

Así, se tiene que esta subregión antioqueña está conformada por seis municipios pequeños, es decir, que tanto el presupuesto como los habitantes son menores en comparación con otros municipios del departamento. Como consecuencia de esto, junto con factores como la presencia de grupos armados al margen de la ley, entre otros, con el paso de los años se ha evidenciado que las condiciones de vida en estos municipios no son las mejores, ya que las personas carecen de acceso a servicios esenciales como agua potable, educación de calidad, y su poder adquisitivo resulta insuficiente para cubrir las necesidades básicas. Esta situación ha llevado a la discusión sobre la presencia de la pobreza multidimensional en esta región, la cual debe entenderse como una “serie de carencias definidas en múltiples dominios, como las oportunidades de participación en las decisiones colectivas, los mecanismos de apropiación de recursos o las titularidades de derechos que permiten el acceso al capital físico, humano o social, entre otros.” (CONEVAL, 2014, pág. 8).

Esta región ha sido reconocida a nivel nacional como proveedora de recursos naturales no renovables, especialmente oro, siendo esta actividad, y la explotación ganadera, las principales actividades económicas de la región (Gobernación de Antioquia, 2020, pág. 5), además, en la región se realizan otras actividades económicas, como el comercio.

A pesar de la riqueza en recursos naturales de la región, como se mencionó anteriormente, una parte





significativa de su población vive en la pobreza y se dedica a actividades mineras informales debido a falta de conocimientos técnicos y recursos económicos para recibir una información integral en el campo. Además, debido a que en esta región se encuentran importantes yacimientos de oro, la presencia de grupos armados ilegales ha estado operando en esta región desde la década de 1970, con presencia de grupos como el EPL, el ELN, las FARC-EP, entre otros. Esta situación ha limitado la presencia del estado y, como resultado, no se han brindado las garantías necesarias para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de esta subregión antioqueña, como se informa en la Comisión de la Verdad, 2020).

Además de lo mencionado, se tiene que la región del Bajo Cauca, específicamente en el ámbito de la minería, se ha observado un impacto ambiental significativo. Las regulaciones legales de esta materia son claramente insuficientes, y se suma a esto la falta de preparación técnica de quienes realizan actividades mineras de manera informal. Estas circunstancias han dado lugar a problemas como la deforestación, contaminación de fuentes hídricas, desequilibrio en los ecosistemas, entre otras afectaciones medioambientales. Esto se debe, en parte, a la escasa presencia de autoridades como la Agencia Nacional de Minería, lo que contribuye a la falta de un control adecuado sobre las afectaciones derivadas de los proyectos extractivos y la actividad minera informal.

### **Paro minero 2023**

En el texto previamente mencionado, el día 21 de febrero de 2023, se difundió la información a través

de varios portales de noticias, como Radio Nacional de Colombia, Portafolio, El Espectador, entre otros, que a partir del 2 de marzo se convocaría a un paro minero en la región del Bajo Cauca antioqueño. Esto se produce en respuesta a la reactivación de “los operativos contra la minería ilegal en el Bajo Cauca antioqueño” (Ríos, 2023), una medida ordenada por la ministra de Medio Ambiente Susana Muhamad.

El mencionado “Paro Minero” duró aproximadamente un mes, comenzando el 2 de marzo y concluyendo el 5 de abril de 2023. Como se mencionó previamente, los habitantes de la región, cuya principal fuente de ingresos es la minería sin título, es decir, decidieron impedir que se siguieran llevando a cabo los operativos contra la minería informal ordenados por la ministra de Medio Ambiente, consideraron que estas acciones atentaban contra su derecho<sup>1</sup> ancestral de llevar a cabo actividades mineras, transmitidas de generación en generación en sus comunidades.

Además de los desafíos legales, los pequeños mineros también se enfrentan a problemas sociales y ambientales, dentro de los cuales se destaca la presencia de grupos armados ilegales. Estos grupos armados ilegales extorsionan a los pequeños mineros, ya sea en la minería artesanal o en operaciones con maquinaria amarilla. Así mismo, dichos grupos cuentan con maquinaria de este tipo para la explotación aurífera y es precisamente contra estos últimos, grupos armados ilegales, que el Gobierno pretendía hacer frente precisamente

<sup>1</sup> Cuando se hace mención a “derecho”, se refiere a la posición y percepción que tienen los habitantes de la región respecto a la actividad minera como un derecho que les es inherente por ser su herencia ancestral.

enfocándose en la destrucción de maquinaria amarilla a fin de acabar con esta fuente de recursos para la actividad criminal de la zona.

Sin embargo, según lo planteado por la mesa minera, el problema fundamental radica en que desde el Gobierno las directrices que se están dando son con el fin de combatir una problemática de índole social como si fuera una cuestión de seguridad pública, lo que acarrea mayor uso de la fuerza y no considera que toda la maquinaria de la región es propiedad de grupos ilegales, ya que algunos pequeños mineros tienen los recursos para adquirir maquinaria pesada (González, 2023). Así entonces, al no hacer esta distinción, el Estado estaría atentando contra el derecho al trabajo de los habitantes de la región, la mayoría de los cuales dependen de estas actividades como su principal fuente de ingresos, y privarlos de estas fuentes incrementa los niveles de pobreza en la región.

La incapacidad del Estado para hacer esta distinción podría ser interpretada como un atentado contra el derecho al trabajo en cabeza de los habitantes de la región. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de ellos dependen de estas actividades como su principal fuente de ingresos. Privarlos de estos recursos podría agravar aún más la situación de pobreza en la región.

En respuesta a las preocupaciones planteadas por los pequeños mineros, el Gobierno Nacional llevó a cabo el día 20 de marzo de 2023 un consejo de seguridad en Cauca. Durante este encuentro, diferentes representantes estatales presentaron a los representantes de los mineros de la región una serie

de propuestas denominadas “Distrito Minero” y “Plan de Formalización” (Línea Convivencia y Seguridad Ciudadana; Línea Paz, Posconflicto y Derechos humanos., 2023). Estas propuestas tienen como objetivo principal recopilar información que permita caracterizar a los pequeños mineros de la región que actualmente no cuentan con títulos que respalden su actividad minera.



Fuente propia: Audiencia Pública Minera. Cauca-Antioquia (4 de septiembre de 2022)

Asimismo, se busca determinar a qué empresas se encuentran asignados los diferentes títulos vigentes en la región, con el propósito de identificar cuáles de ellos son propiedad de empresas privadas y cuáles le pertenecen al Estado. Este sería entonces el punto de partida para desarrollar un plan de acción destinado a permitir que los pequeños mineros continúen con sus operaciones, pero esta vez dentro del marco legal. Esta legalización brindaría mayor protección frente a los habitantes de la región ante la presencia de grupos armados.

En resumen, los hallazgos servirán como una base sobre la cual, tanto entidades gubernamentales como representantes de los pequeños mineros podrán desarrollar un plan integral para abordar esta problemática social que ha prevalecido en la región durante años y que en la actualidad está llegando a su punto más crítico.





## Recomendaciones

Para superar la crisis minera en el Bajo Cauca, es esencial abordar la problemática desde diferentes frentes y adoptar un enfoque integral. A continuación, se presentan algunas opciones que podrían contribuir a mejorar la situación:

a) Simplificación de los trámites legales: Es necesario revisar y simplificar los procesos para la obtención de licencias ambientales y títulos mineros, haciéndolos más accesibles y comprensibles para los pequeños mineros. Esto requerirá un diálogo entre las autoridades competentes, los mineros y otros actores relevantes.

b) Apoyo técnico y financiero: Los pequeños mineros necesitan acceso a capacitación técnica y asistencia financiera para mejorar sus prácticas y cumplir con los estándares ambientales y de seguridad. Se pueden establecer programas de apoyo que brinden capacitación en técnicas mineras sostenibles, gestión empresarial y desarrollo de habilidades para mejorar la productividad y la rentabilidad.

c) Formalización y organización de los mineros: Fomentar la creación de asociaciones o cooperativas de mineros puede fortalecer su capacidad de negociación y representación ante las autoridades. Estas organizaciones pueden facilitar el acceso a servicios financieros, promover buenas prácticas mineras y establecer mecanismos de autogestión que benefician a los mineros y a las comunidades locales.

d) Desarrollo de alternativas económicas: Es fundamental diversificar la economía de la región para reducir la dependencia exclusiva de la minería. Se pueden impulsar proyectos de desarrollo agrícola, turismo sostenible u otras actividades económicas que generen empleo y mejoren la calidad de vida de las comunidades.

e) Fortalecimiento de la seguridad y el Estado de Derecho: Es necesario abordar el problema de la presencia de grupos armados ilegales en la región, garantizando la seguridad de los mineros y las comunidades. Esto implica fortalecer la presencia estatal, promover la cooperación entre las fuerzas de seguridad y desarrollar estrategias integrales para la construcción de la paz y la reconciliación.





Fuente propia: Charla Fortalecimiento Organizacional Consejo Comunitario vereda Porce Medio - Zona Rural. Zaragoza - Antioquia (16 de diciembre de 2022)

## Conclusión

En resumen, es válido afirmar que el Bajo Cauca antioqueño se enfrenta a una crisis minera debido a la falta de oportunidades para legalizar las prácticas de los pequeños mineros y la ausencia de presencia estatal significativa en la región. Esta carencia de presencia estatal ha permitido que la presencia constante y normalización de grupos armados ilegales sean una realidad en la zona.

Esta situación ha dado lugar al aumento de la minería informal de la región, así como a la violencia de la que son objeto los pequeños mineros, la cual es perpetrada por grupos armados ilegales. Además, se deben tener en cuenta otros desafíos significativos de la región, como la falta de accesos básicos, la pobreza multidimensional y el impacto ambiental negativo.

Para superar la crisis minera en el Bajo Cauca, es fundamental abordar esta problemática a través de enfoques interdisciplinarios y colaborativos entre las autoridades gubernamentales y los actores del

sector minero de la región. La implementación de estrategias como las propuestas en este artículo será crucial para mejorar la situación de los mineros, proteger a las comunidades y fomentar un desarrollo sostenible en la región.

## Referencias

- [1] Comisión de la Verdad. (19 de noviembre de 2020). Comisión de la Verdad. doi:<https://web.comisiondelaverdad.co/actualidad/noticias/bajo-cauca-antioqueno-dialogo-no-repeticion#:~:text=El%20Bajo%20Cauca%20antioque%C3%B1o%20es,expresiones%20de%20autodefensas%20y%20paramilitares>.
- [2] CONEVAL. (2014). Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México.
- [3] Equipo técnico de la Universidad de Antioquia. (2021). Perfil de Desarrollo Subregional. Subregión Bajo Cauca de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia. Obtenido de <https://ctpantioquia.co/wp-content/uploads/2021/09/Perfil-de-desarrollo-Bajo-Cauca.pdf>.
- [4] Gobernación de Antioquia. (2020). Fichas Subregionales de Desarrollo. Subregión Bajo Cauca. Obtenido de <https://ctpantioquia.co/wp-content/uploads/2020/11/perfil-subregional-bajo-cauca.pdf>.
- [5] González, C. A. (31 de marzo de 2023). El Espectador. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/colombia-20/conflicto/paro-minero-bajo-cauca-reunion-de-mineros-de-antioquia-con-gobierno-de-petro-sobre-mineria-illegal/>.
- [6] Línea Convivencia y Seguridad Ciudadana; Línea Paz, Posconflicto y Derechos humanos. (21 de marzo de 2023). Pares. Fundación Paz y Reconciliación. Obtenido de Pares. Fundación Paz y Reconciliación.: <https://www.pares.com.co/post/as%C3%AD-va-el-paro-minero-en-antioquia>
- [7] Ríos, D. (21 de febrero de 2023). Radio Nacional de Colombia. Obtenido de Radio Nacional de Colombia: <https://www.radionacional.co/noticias-colombia/mineros-del-bajo-cauca-antioqueno-anunciaron-paro-2023>.





# La Importancia de la Minería en el Desarrollo Social y Tecnológico de las Regiones.

## *The Importance of Mining in the Social and Technological Development of Regions*

*Por:* JULIÁN ANDRÉS LENIS RODAS

Ingeniero de Materiales, Magíster en Ingeniería de Materiales y Doctor en Ingeniería de Materiales.

Dinamizador SENNOVA, Centro de Formación Minero Ambiental - SENA. Grupo de Investigación Minero Ambiental de El Bagre GIMAB.

[jalenis@sena.edu.co](mailto:jalenis@sena.edu.co)

MARLLORY ISAZA RUIZ

Ingeniera de Materiales, Magister en Materiales de alto desempeño y Doctora en Ingeniería de Materiales. Investigadora de la Universidad de Antioquia y docente de la Institución Universitaria Salazar y Herrera.

[Marllory.ruiz@udea.edu.co](mailto:Marllory.ruiz@udea.edu.co)

### **Resumen**

La minería es una de las principales actividades económicas en Colombia. Según la Agencia Nacional de Minería (ANM) en el año 2021 representó cerca del 1,3 % del producto interno

bruto, el 24 % de las exportaciones y el 10 % de la inversión extranjera directa. Además, generó 254 mil empleos directos y contribuyó con 602 millones de dólares por concepto de regalías (ANM, 2022). Estos impuestos contribuyen con el desarrollo de proyectos de infraestructura y desarrollo social en las regiones del país. Además, la minería contribuye con el desarrollo tecnológico a nivel mundial, ya que permite la obtención de diferentes materiales esenciales para la fabricación de productos electrónicos, equipos de energía renovable, dispositivos médicos, entre otros. Todo lo anterior, hace parte de un panorama sumamente alentador. No obstante, también se asocian a esta actividad económica problemas ambientales, tales como: erosión y degradación de suelos, y la contaminación de fuentes hídricas y del aire. En el presente artículo, se realizará una reflexión acerca de la minería en Colombia, su importancia en el desarrollo social y tecnológico y los impactos ambientales, generados mayoritariamente por grupos focalizados de minería informal distribuidos en todo el territorio nacional.

**Palabras claves:** Desarrollo sostenible; Desarrollo tecnológico; Medio ambiente; Minería.

## Reflexión

A lo largo de la historia de la humanidad, hemos recurrido a una amplia gama de minerales que se encuentran en la corteza terrestre para satisfacer nuestras necesidades. Esto ha dado lugar a la creación de una amplia gama de herramientas a través de procesos de extracción y refinamiento de materiales. La minería ha desempeñado un papel fundamental en la producción de la gran mayoría de los objetos que nos rodean, desde pequeños dispositivos electrónicos hasta robustas herramientas y maquinaria de gran escala. Estos objetos están compuestos por diversos elementos metálicos, como hierro, cobre, oro, aluminio, zinc, cromo, entre otros, así como materiales cerámicos, que incluyen dióxido de silicio, óxidos de hierro, óxidos de calcio y óxidos de aluminio, por mencionar algunos ejemplos. La extracción de estos materiales se realiza a partir de los minerales presentes en la Tierra, que pueden hallarse tanto en la superficie como en las profundidades del subsuelo. Para llevar a cabo esta extracción, se aplican diversas técnicas mineras, que incluyen operaciones a cielo abierto en canteras y minería subterránea. En Colombia los proyectos mineros en exploración, construcción y montaje, y

explotación, se centran en: oro (31), cobre (4), plata (1), esmeraldas (16), carbón (25) (ANM, 2023).

Es importante clarificar que, la minería, como toda actividad productiva y humana genera impactos ambientales. Sin embargo, éstos pueden ser potenciados mediante malas prácticas en campo, las cuales son realizadas por grupos focalizados de minería informal que centran sus intereses netamente en el aspecto económico, sin considerar los impactos sociales y ambientales en los territorios. Se estima que solo en la región de El Bajo Cauca Antioqueño, durante las últimas décadas, la explotación minera descontrolada, ha resultado en la degradación de más de 60,000 hectáreas de suelo

Figura 1. Áreas degradadas por la actividad minera en El Bajo Cauca Antioqueño. Fuente propia, 2023.







fértil y productivo, lo que ha dado lugar a la pérdida de servicios ecosistémicos, la afectación de cultivos, daños paisajísticos y problemas de salud (El Colombiano, 2023) (ver figura 1). Es por esta razón, que actualmente la minería en Colombia está satanizada, y gran parte de la comunidad ve con malos ojos los proyectos mineros, desconociendo, incluso, su impacto en el desarrollo tecnológico y la gran dependencia que hay en todo el mundo por los metales y minerales extraídos a través de ella.

Antioqueño, durante las últimas décadas, la explotación minera descontrolada, ha resultado en la degradación de más de 60,000 hectáreas de suelo fértil y productivo, lo que ha dado lugar a la pérdida de servicios ecosistémicos, la afectación de cultivos, daños paisajísticos y problemas de salud (El Colombiano, 2023) (ver figura 1). Es por esta razón, que actualmente la minería en Colombia está satanizada, y gran parte de la comunidad ve con malos ojos los proyectos mineros, desconociendo, incluso, su impacto en el desarrollo tecnológico y la gran dependencia que hay en todo el mundo por los metales y minerales extraídos a través de ella.

Por otro lado, la mediana y gran minería en Colombia buscan constantemente el uso de tecnologías limpias, la recuperación de suelos, y tratamiento de aguas, en función de reducir los impactos ambientales. Además, existen iniciativas gubernamentales, desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, relacionadas con la Estrategia Nacional de Restauración, donde se plantea la meta de restaurar más de 753 mil hectáreas de áreas degradadas al año 2026 en Colombia; y la estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo

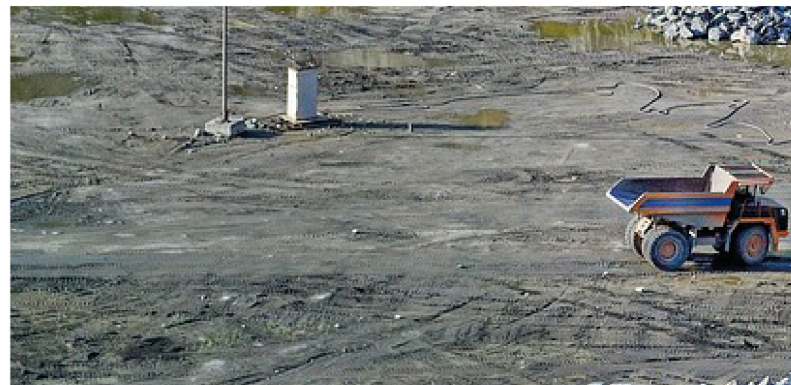
sostenible (ODS) en Colombia, algunos de los cuales se presentan a continuación: ODS-11: Ciudades y comunidades sostenibles. ODS-12: Producción y consumo responsables. ODS-13: Acción por el clima. ODS-15: Vida de ecosistemas terrestres.

### **La importancia de la minería en la transición energética**

La minería tiene un rol sumamente importante en la transición energética y con ello, en la reducción de emisiones contaminantes asociados al uso de los combustibles fósiles para la generación de energía. Por ejemplo, el cobre es un metal estratégico en el desarrollo de energías renovables a nivel mundial, para la fabricación, por ejemplo, de turbinas eólicas, paneles solares, cables, transformadores y sistemas de transmisión de energía limpia (El espectador, 2023). Además del cobre, el litio, también extraído de la Tierra, es utilizado para la fabricación de baterías eléctricas recargables, actualmente usadas en vehículos a propulsión eléctrica.

### **Desarrollo social a través de una minería limpia y legal**

La minería bien hecha, genera impactos positivos y el desarrollo de las regiones, a continuación, se presentan algunos de los principales aspectos:



**1 Generación de empleo:** La minería, especialmente en regiones rurales y apartadas, a menudo es una fuente importante de empleo. Esto puede ayudar a reducir la tasa de desempleo y mejorar los ingresos de las comunidades locales.

**2 Contribución a los ingresos fiscales:** La industria minera puede generar ingresos significativos para los gobiernos locales y nacionales a través de impuestos y regalías. Estos fondos pueden ser utilizados para financiar proyectos de infraestructura, educación, salud y otros programas de desarrollo.

**3 Diversificación económica:** En algunas regiones de Colombia, la minería ha permitido diversificar la economía local, reduciendo la dependencia de sectores económicos más vulnerables a las fluctuaciones del mercado. Esto puede contribuir a la estabilidad económica a largo plazo.

**4 Desarrollo de infraestructura:** La industria minera a menudo conlleva la construcción y mejora de infraestructuras, como carreteras, puertos y energía, que también benefician a otras industrias y al desarrollo general de la región.







Este planteamiento respalda la noción de que la minería desempeña un papel esencial en el progreso tecnológico y social de la humanidad. Por esta razón, la iniciativa "Ecominería" impulsada por la gobernación de Antioquia se enfoca en identificar las principales fuentes de generación, reconociendo que, si bien no pueden ser eliminadas por completo, sí pueden ser controladas con el propósito de mitigar los impactos ambientales y contribuir a la preservación del planeta (Gobernación de Antioquia, 2022). En este contexto, se consideran diversos factores:

I. Se prioriza la constante formalización de los mineros ilegales, su educación y sensibilización ambiental, junto con la formulación de nuevas regulaciones.

II. Se promueve la investigación y aplicación de tecnologías limpias en el procesamiento de minerales.

III. Se implementan acciones para la restauración de áreas afectadas por la actividad minera y la gestión adecuada de las aguas residuales.

IV. Se buscan soluciones para la reconversión laboral, especialmente en aquellas regiones donde el cierre de minas, causado por el agotamiento de reservas minerales, conlleva impactos económicos significativos en la población, que se ve limitada en su acceso a oportunidades laborales distintas a la minería.

## Conclusiones

En resumen, dada la vital importancia de la minería en el desarrollo de la sociedad, es imperativo que todas las entidades gubernamentales se comprometan a promover una minería responsable que no solo sea sostenible a largo plazo, satisfaciendo las necesidades de la generación actual sin poner en riesgo las futuras, sino que también sea sustentable.

Esto implica intervenir en las prácticas mineras con el objetivo de minimizar al máximo las prácticas perjudiciales, reduciendo así los riesgos asociados.





Es crucial proponer alternativas que fomenten una minería respetuosa con el medio ambiente y que mejore la calidad de vida de las comunidades cercanas a estas actividades. Todo esto debe llevarse a cabo teniendo en cuenta que, sin la minería, resulta imposible alcanzar avances tecnológicos en la sociedad.

## Referencias

[1] Colombia diversidad minera, Agencia Nacional de Minería, Ministerio de Minas y Energía. agosto de 2022.

[https://www.anm.gov.co/sites/default/files/carilla\\_colombia\\_diversidad\\_minera\\_310820220211.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/carilla_colombia_diversidad_minera_310820220211.pdf)

[2] Proyectos mineros (2023). Agencia Nacional de Minería.

<https://mineriaencolombia.anm.gov.co/proyectos>

[3] La minería ilegal: riqueza que atrapa y condena al Bajo Cauca y al Nordeste antioqueño. (2023). El Colombiano.

<https://www.elcolombiano.com/antioquia/mineria-ilegal-destruye-bosques-y-rios-en-el-bajo-cauca-y-nord-este-de-antioquia-DD20768182>

[4] Más 753 mil hectáreas restauradas en Colombia: ambiciosa meta del Gobierno del Cambio (2023).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.  
<https://www.minambiente.gov.co/mas-753-mil-hectareas-restauradas-en-colombia-ambiciosa-meta-del-gobierno-del-cambio/>

[5] El cobre, un mineral protagonista de la transición energética. (2023). El espectador.

<https://www.elespectador.com/economia/empresas/el-cobre-un-mineral-protagonista-de-la-transicion-energetica/>

[6] La Ecominería es a lo que le apostamos desde la Gobernación de Antioquia. (2022) Gobernación de Antioquia.

<https://antioquia.gov.co/component/k2/17875-la-ecomineria-es-a-lo-que-le-apostamos-desde-la-gobernacion-de-antioquia>







# Operaciones Mineras Responsables Potenciadas por la Inteligencia Ambiental: Caso de Estudio.

*Responsible Mining Operations with the Power of Environmental Intelligence: Case Study.*

---

Por: Envirosuite  
<https://envirosuite.com/es>

## Descripción general del proyecto

El sitio de minería, ubicado en América del Sur, es una de las operaciones de minería a cielo abierto para la extracción de carbón más grandes del mundo.

El compromiso de la empresa con la comunidad local va más allá de la inversión y la creación de empleos en la economía. La operación minera se compromete a mantener los más altos estándares de ética y respeto en su interacción con todos los interesados. La estrategia de la operación minera busca garantizar la viabilidad de sus operaciones al gestionar de manera responsable los impactos, mejorar los

estándares de vida de las comunidades vecinas y mantener una interacción permanente con todos los socios necesarios.

La mina está comprometida con llevar a cabo operaciones de manera responsable con respecto al medio ambiente y a las comunidades vecinas. Su estrategia ambiental está alineada con cinco puntos: biodiversidad y paisaje, agua, residuos y materiales, aire, energía y acción climática.

Para apoyar su estrategia de sostenibilidad, el productor de carbón contrató a Envirosuite, un líder mundial en inteligencia ambiental.

#### Resultados clave

- Respuestas rápidas a los impactos de las emisiones.
- Ahorro de recursos y mano de obra manual.
- Minimizar uso del agua.
- Mantener prácticas mineras responsables y sostenibles.

#### Acerca del sitio

La mina es propiedad y está operada por una gran corporación minera. Se encuentra en América del Sur y es una instalación a cielo abierto de gran escala con operaciones de minería superficial de carbón.

“Nuestra relación con envirosuite ha evolucionado con el tiempo hasta el punto en el que la plataforma ahora es una parte integral de nuestras operaciones. Utilizamos envirosuite en toda nuestra empresa para respaldar las mejores prácticas a nivel mundial en nuestras operaciones mineras y portuarias, lo que permite una mejora continua en términos de nuestros resultados ambientales, comunitarios y financieros. Recomendaría a mis colegas en otras operaciones mineras a nivel global considerar la adopción de esta plataforma para mejorar los controles críticos y los indicadores de rendimiento”.

COO, Mining Operation.

#### Retos

Desde el inicio de las operaciones mineras, el desafío más crítico ha sido operar una mina a cielo abierto de gran envergadura cumpliendo con las regulaciones locales, incorporando estándares internacionales y respondiendo a las expectativas de las comunidades vecinas en la región.

A pesar de la productividad de las operaciones, el sitio está limitado desde el punto de vista medioambiental. Dado que se trata de una instalación a cielo abierto de gran tamaño, las operaciones mineras se extienden por varios municipios y están constantemente bajo presión por parte de las comunidades vecinas para minimizar el impacto medioambiental causado por las actividades cotidianas. Además, el carbón producido se transporta por ferrocarril hasta el puerto propiedad de la mina, lo que provoca un impacto en la calidad del aire.

La prioridad del equipo de operaciones es equilibrar los objetivos de producción y las obligaciones de cumplimiento medioambiental. Esto implica minimizar las paradas no planificadas y reducir el impacto en la calidad del aire, el polvo, el agua y las vibraciones en las comunidades circundantes.





## Soluciones

La operación minera colaboró con Envirosuite para implementar una solución avanzada de inteligencia ambiental utilizando la plataforma EVS Omnis. Esta recopila datos de instrumentación de monitoreo de calidad de cumplimiento en múltiples parámetros, incluyendo el clima local, aire y agua. En las etapas iniciales del proyecto, se llevó a cabo el monitoreo y análisis en tiempo real de los datos para crear y respaldar un plan de respuesta de acción dirigida (TARP) en todas las operaciones mineras.

### **Mitigación de las emisiones generadas en el sitio y despliegue efectivo del Plan de Respuesta de Acción Dirigida (TARP).**

Antes de implementar EVS Omnis, la mina realizaba un monitoreo extenso de la calidad del aire en sus límites. La operación se enfrentó a desafíos al tratar con datos fragmentados de múltiples monitores. Utilizando los sensores de calidad del aire existente, la plataforma de Envirosuite se integró rápidamente para recopilar y analizar datos en tiempo real, al mismo tiempo que proporcionaba conocimiento situacional de las operaciones.

EVS Omnis se ha convertido ahora en un elemento central en las salas de control operacional de la mina a cielo abierto. Los paneles de control codificados por colores proporcionan una visualización de la red de monitoreo ambiental a través de múltiples parámetros. Esto permite a los operadores llevar a cabo de manera efectiva procedimientos estrictos para limitar el impacto utilizando los colores correspondientes contenidos en el Plan de Respuesta de Acción Dirigida (TARP) en caso de que se registren excesos en los umbrales.

### **Pronóstico hiperlocal del clima y reporte predictivo de riesgos**

Dado que la mina se encuentra en una región tropical, es de suma importancia para el equipo de operaciones prever el clima a nivel hiperlocal. Un componente clave de la solución para el productor de carbón, es el informe predictivo de riesgos relacionados con el clima y factores medioambientales como las fuertes lluvias que pueden afectar el sitio; la gestión de este utiliza el informe predictivo de riesgos en EVS Omnis como parte de su planificación operativa para programar las actividades mineras y mantenerse informada sobre las condiciones climáticas que se avecinan. El pronóstico del clima de la plataforma permite a la empresa planificar con hasta 72 horas de anticipación para evitar tiempo de inactividad, lo que permite de igual manera ahorrar recursos como el uso del agua para mitigar las emisiones generadas en el sitio.

### **Demostración de prácticas mineras responsables en torno al suministro local de agua**

Además del personal minero que reside en la zona, la instalación se encuentra en proximidad a

comunidades residenciales y al río local. A pesar de que el sitio ha reportado números sobresalientes en la producción de carbón en los últimos años y ha sido un importante contribuyente a la economía de la región; el interés del negocio es coexistir con sus vecinos y mantener el cumplimiento normativo.

Como parte de su compromiso con la sostenibilidad en torno al agua, la empresa requiere una solución proactiva para monitorear la calidad de esta mediante la visualización con EVS Omnis, antes de devolverla al río y brinda apoyo para las decisiones operativas, asegurando que los niveles de calidad del agua cumplan con las condiciones de la licencia de operación. Los datos históricos pueden ser recuperados fácilmente para demostrar sostenibilidad y transparencia a todos los interesados.

### **Evitando el impacto de las actividades de voladura y las vibraciones.**

La voladura es una de las actividades diarias realizadas en la instalación y requiere medidas estrictas, así como planificación, para minimizar el impacto ambiental en la comunidad circundante. Sin embargo, antes de la integración de EVS Omnis, los equipos de tierra desplegaban manualmente instrumentos para monitorear las vibraciones después de cada explosión, lo que consumía recursos y tiempo para introducir los datos en hojas de cálculo de Excel.

Envirosuite implementó sus terminales de monitoreo de vibraciones (VMT) alimentados por energía solar en ubicaciones estratégicas en el sitio, que suministran datos a la solución de gestión de

explosiones en EVS Omnis. Esto permite que el equipo de planificación operativa en la instalación se prepare para períodos de alto riesgo al ejecutar modelos predictivos de nube de polvo, vibración, sobrepresión y desprendimiento de rocas; teniendo ahora la capacidad de tomar decisiones calculadas en materia de seguridad en torno al mejor momento posible para detonar las explosiones.

### **Pronóstico del clima y del impacto en la calidad del aire durante la carga de barcos en el puerto operado por la mina**

Después de obtener resultados exitosos en su operación en la mina a cielo abierto, la operación minera implementó EVS Omnis en su puerto de embarque, donde el impacto en la calidad del aire en las comunidades vecinas es una preocupación. A pesar de que el puerto cuenta con espacio de almacenamiento para inventario en caso de retrasos en la llegada de barcos, rara vez se utilizan a plena capacidad.

La operación del puerto se enfrenta al desafío de atracar los barcos en la ubicación ideal para evitar impactos en la calidad del aire cuando se carga el carbón a bordo. Los equipos de carga en el muelle utilizan ahora EVS Omnis como una solución predictiva de gestión del polvo para minimizar el impacto ambiental y las quejas molestas dirigidas al sitio.

Usando la solución de planificación operativa de EVS Omnis en conjunto con monitores de polvo en el puerto, el equipo de gestión puede prever las condiciones climáticas para varios días. La plataforma permite a los usuarios programar las actividades de





Usando la solución de planificación operativa de EVS Omnis en conjunto con monitores de polvo en el puerto, el equipo de gestión puede prever las condiciones climáticas para varios días. La plataforma permite a los usuarios programar las actividades de carga fuera de los momentos de alto riesgo y albergar estratégicamente los barcos de carga.

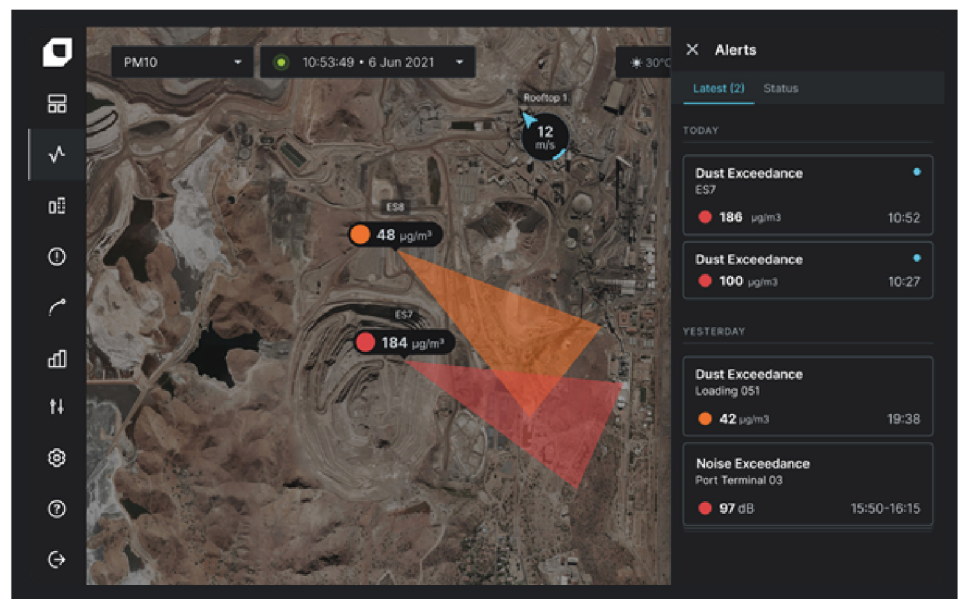
### Resultados

La operación minera utiliza ahora EVS Omnis como parte integral de su estrategia, lo que le permite gestionar los riesgos y los impactos que podrían surgir, promover la educación medioambiental en toda la empresa y comunicar de manera transparente entre los equipos de gestión. Tanto el sitio minero como el puerto de embarque ahora cuentan con inteligencia ambiental integrada proporcionada por EVS Omnis como parte fundamental de sus operaciones. Los equipos operativos en todo el proceso pueden responder de manera rápida y efectiva a posibles impactos antes de que ocurran.

Los paneles de control codificados por colores en la sala operacional del sitio proporcionan una conciencia situacional de los eventos de emisiones potenciales que ocurren en la mina y el puerto. El equipo de operaciones puede tomar medidas inmediatas ante las alertas de umbrales y los riesgos de emisiones en desarrollo. Además, cuentan con datos para tomar decisiones seguras y calculadas sobre si expandir o suspender las operaciones.



El sitio minero ahora también ahorra recursos y mano de obra manual desde la instalación de terminales de monitoreo de vibraciones en sus actividades de voladura. Además de monitorear remotamente los



Fuente propia. Supervisión y análisis en tiempo real del impacto del polvo por parte de EVS Omnis que ayuda en la creación y respaldo de un plan de respuesta de acción dirigida (TARP) en Cerrejón.

niveles de vibración, EVS Omnis genera informes de riesgo de explosión para el negocio, modelando datos de vibración que

podrían causar daños estructurales a las propiedades circundantes.

Al utilizar EVS Omnis para la planificación operativa, los usuarios en la instalación pueden programar las actividades diarias con hasta tres días de anticipación. La plataforma también genera informes de pronóstico de lluvia para minimizar el uso de agua en la mina, además de prepararse para cambios inesperados en el clima.

Envirosuite ha permitido a la mina demostrar operaciones mineras sostenibles y responsables a las comunidades circundantes y otros interesados. La instalación ahora monitorea el ruido, el polvo y la calidad del agua en sus límites, previniendo quejas molestas y daño a la reputación del negocio.

Desde la implementación de la solución de monitoreo ambiental en tiempo real, el productor de carbón ha avanzado en el Índice de Minería Responsable (RMI) y se encuentra entre los líderes de la industria, incluyendo a Teck y Newmont.

## En la mina a cielo abierto

| Reto                                                                             | Solución                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Saber cuándo y dónde aplicar TARP, para mitigar las emisiones en el sitio        | Visualización de una red de monitoreo en tiempo real y paneles de control codificados por colores que corresponden al Plan de Respuesta de Acción (TARP) de la mina.     |
| Reducir interrupciones no previstas, debido a excesos en la calidad del aire.    | Datos meteorológicos específicos del sitio para identificar áreas específicas con alto riesgo de impacto de emisiones.                                                   |
| Recopilación manual de datos ambientales para informes de cumplimiento.          | Los datos en tiempo real recopilados de múltiples parámetros a través de la red de monitoreo ambiental pueden ser recuperados en cualquier momento para los interesados. |
| Evitar el impacto en la calidad del aire que se desplaza a los límites del sitio | Modelar la calidad del aire antes de llevar a cabo actividades de alto riesgo para comprender el posible impacto.                                                        |
| Realizar actividades de voladura sin impacto                                     | Gestión predictiva de las explosiones para planificar un impacto mínimo en cuanto a humo de polvo, vibración y sobrepresión.                                             |
| Reducir gastos en mitigación de emisiones                                        | Aplicar controles de mitigación solo cuando sea necesario utilizando información de pronósticos meteorológicos específicos del sitio.                                    |
| Pronóstico climático en una región tropical.                                     | Prepararse para períodos de fuertes lluvias en la mina con hasta 72 horas de anticipación.                                                                               |

## En las operaciones portuarias

| Reto                                                                       | Solución                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Disminuir impacto en la calidad del aire y ruido en los límites del puerto | Alertas en tiempo real de posibles excesos de umbrales de calidad del aire y ruido.                                                                |
| Demostrar transparencia y evidencia de cumplimiento                        | Confirmar o refutar la responsabilidad de quejas molestas con informes ambientales personalizados.                                                 |
| Pronosticar el clima para atracar los barcos de carga en el puerto         | Informes predictivos de riesgo de 72 horas para comprender el mejor momento para cargar barcos de carga con un impacto mínimo del polvo de carbón. |
| Crear reportes de ruido y polvo manuales para informes de cumplimiento     | Informes de cumplimiento automatizados basados en datos precisos recopilados en el puerto.                                                         |





# La Responsabilidad del Empleador en la Minería Subterránea de Carbón.

## *Employer Liability in Underground Coal Mining.*

*Por:* DIEGO FERNANDO RIVERA ACUÑA  
Abogado, Especialista en Derecho Laboral y Seguridad Social, Especialista en Derecho Minero Energético y Desarrollo Sostenible, Especialista en Derecho Contencioso Administrativo. Magíster en Derecho del Trabajo, Máster en Prevención y Protección de Riesgos Laborales.  
Estudiante del Doctorado en Ciencias Jurídicas de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

### **Resumen**

*El empleador responde por los daños causados a sus trabajadores. Este artículo demuestra cómo, ante el incumplimiento de las obligaciones de prevención y seguridad a cargo del empleador minero, puede responder por culpa patronal. Además, es posible obtener una indemnización plena de perjuicios para el trabajador al demostrar los elementos de la configuración de la responsabilidad subjetiva. Por tanto, en la medida en que la regulación vigente, prevista en el artículo 216 del Código Sustantivo del*

*Trabajo, establece que quien demande la reparación de un daño deberá probar la culpa del causante; sin tener en cuenta que se trata de una actividad de alto riesgo y la desigualdad de las partes en la relación jurídica. Para lograr adelantar el ejercicio probatorio en una instancia procesal, se propone en el presente artículo determinar si el modelo actual para el establecimiento de la culpa del empleador es acorde con la realidad del sector minero.*

**Palabras clave:** sistema general de riesgos laborales, minería subterránea de carbón, indemnización plena de perjuicios, culpa patronal, obligación de protección y seguridad.

### **Responsabilidad subjetiva: la culpa del empleador, y el deber de probarla**

A diferencia de lo anotado en el apartado anterior, la culpa del empleador surge como una alternativa a la reparación objetiva (Caballero, 2018), y nace con ocasión de la imprevisión de sus actos, cuando estos eran previsibles, siendo la característica principal la conducta desplegada (Fernandez, 2014), lo que da lugar a la indemnización plena (Díaz, 2005). Cuando, estando obligado a tomar medidas, no lo hizo debido

a su desconocimiento de la regulación del sector<sup>1</sup>, y como resultado de dicha imprudencia, se ocasiona un accidente de trabajo o enfermedad laboral.

Este concepto está establecido en el artículo 216 del Código Sustantivo del Trabajo, que a la letra señaló: Cuando exista culpa suficiente comprobada del {empleador} en la ocurrencia del accidente de trabajo o de la enfermedad profesional, está obligado a la indemnización total y ordinaria por perjuicios. Pero del monto de esta debe descontarse el valor de las prestaciones en dinero pagadas, en razón de las normas consagradas en este Capítulo.

De la lectura del artículo citado, se observa que se impone una gran carga al trabajador para probar la culpa del empleador. Aspecto que se considera distante de la realidad social, tanto en el medio minero como en cualquier otro sector económico. Donde la mayoría de las ocasiones los trabajadores desconocen con precisión las acciones de sus empleadores para la determinación de sus incumplimientos. No obstante, cuando se puede exhibir la culpa del empleador, y que como consecuencia de esto haya lugar a indemnizar (Hoyos, 2017). Entonces, en primera instancia no hay lugar a que exista subrogación en el pago del empleador por parte de la ARL; ni tampoco a compartir la obligación, dado que entenderlo de esta manera sería como recompensar a alguien por los

errores que comete (Corte Suprema, Sentencia 28686 de 2007).

De lo anterior, y en virtud de los aspectos anotados en relación con el riesgo creado, se espera un cumplimiento constante de las obligaciones del empleador, el cual solo estará exento de culpa si logra exponer que en todo momento cumplió con sus obligaciones (Marcucci, 2005). En el ámbito minero, esto implica no solo la adopción de todas las medidas de seguridad contempladas en el Decreto 1886 de 2015, modificado por el Decreto 944 de 2022. Sino, también, mantener una comunicación constante con la ARL para identificar de nuevos riesgos y prevenir accidentes y enfermedades laborales.

Así pues, nace para el juzgador, a diferencia de la responsabilidad objetiva, el deber de realizar un análisis exhaustivo de las pruebas presentadas por las partes para hacer valer cada una de sus afirmaciones,<sup>2</sup> sin cometer errores que puedan afectar el interés de ninguna de las partes al momento de establecer la indemnización por el daño emergente y el lucro cesante<sup>3</sup>. Bajo este régimen, surge entonces para el trabajador la obligación de demostrar estos elementos, que deben obligatoriamente llevar a una conclusión que no ofrezca ninguna duda sobre el incumplimiento o culpa del empleador, y que se constituyen en el sustento de la declaratoria de responsabilidad (Alfonso, 2014):

<sup>1</sup> En este tipo de casos puede inclusive considerarse la posibilidad del levantamiento del velo corporativo de la sociedad. En el cual, si se evidencia un comportamiento, más que imprudente, desleal, doloso, de parte del empleador, este no pueda escudarse en la limitación del capital de la sociedad y deba pasar a responder, inclusive, con su propio patrimonio hasta que se alcance el punto de equilibrio en la reparación del daño que se cause (Maldonado, 2020).

<sup>2</sup> Tal aspecto se basa en las previsiones del artículo 164 del Código General del Proceso, el cual establece que “toda decisión judicial debe fundarse en las pruebas regular y de manera oportuna allegadas al proceso”.

<sup>3</sup> Daño emergente entendido como toda pérdida patrimonial sufrida por la víctima; y el lucro cesante como la expectativa cierta de ganancias dejadas de percibir.





- La existencia del daño.
- La causa (el incumplimiento).
- El nexo causal entre el daño y la causa.

Ahora bien, en primera instancia, la ocurrencia de un daño sufrido por el trabajador. Sin daño no hay obligación de indemnizar, y sirve como elemento para determinar que este tenía relación con la actividad laboral en relación con las circunstancias de modo, tiempo y lugar (Corte Suprema, Sentencia 17993 de 2019). Tomando la definición propuesta por Henao, puede afirmarse que daño es “toda afrenta a los intereses lícitos de una persona, trátase de derechos pecuniarios o de no pecuniarios” (Henao, 2015, p.). Siguiendo esta línea de pensamiento, su reparación constituye la materialización de los fines del Estado Social de Derecho (Corte Constitucional, Sentencia C-333 de 1996). Por tal razón, la prueba de este debe incluir la actualidad del perjuicio, en vista de que, aunque exista el riesgo, el futuro perjuicio no es indemnizable por la imposibilidad para su tasación.<sup>4</sup>

En segundo lugar, deberá probar el incumplimiento o cumplimiento parcial de las obligaciones del empleador (Restrepo et al., 2013). La obligación que surge debe tener origen en un hecho (Leiva, 2009), que constituye la causa de la que nace la culpa, la cual fue definida por la Corte Suprema de Justicia en sentencia SL3708-2017, como:



La falta de diligencia y cuidado que los hombres emplean ordinariamente en la realización de los negocios propios, como son las acciones de la gente que pudieron ser previstas y no lo fueron y que causan daño. O, cuando se confió imprudentemente que se podían evitar sus efectos.

En consecuencia, este elemento es importante porque, por un lado, permite observar ya sea el cumplimiento de los deberes legales del empleador, o inclusive si la causa del hecho generador del daño, más que un incumplimiento fue por fuerza mayor o caso fortuito o por culpa exclusiva de la víctima. Por último, y quizás la actividad más difícil para el trabajador, será la determinación del nexo causal entre el daño sufrido (accidente de trabajado o enfermedad laboral) y el comportamiento desarrollado por el empleador como causante del daño; los cuales son los que, en efecto, permiten la imputación de la culpabilidad (Fernandez, 2014).

La existencia de un daño y de un sujeto (empresario) no pueden ser entendidas como sinónimo de reparación, por cuanto, si la causa no se puede relacionar con el efecto, no habrá nexo causal y como tal no habrá obligación de reparar (Leiva, 2009). Entonces, una vez agotadas las instancias anteriores, y siguiendo lo señalado por la Corte Suprema de Justicia, se requerirá de una culpa suficientemente aprobada para dar lugar a la indemnización (Rad. 35909, de 2010).

<sup>4</sup> No puede confundirse perjuicio futuro con daño emergente futuro, dado que el primero no es determinable. Pero, el segundo, se da con ocasión de un daño ya existente y que proyecta sus efectos a futuro.

De igual manera, el empleador solo podrá liberarse de su responsabilidad si acredita el haber obrado con la diligencia esperada en la adopción de las medidas de

seguridad que la norma jurídica le impone (Corte Suprema, Sentencia 26126 de 2006).

Mientras que, de la redacción del citado artículo 216 del CST y de lo anotado hasta aquí, podría afirmarse que omitir su obligación de entregar la dotación necesaria y adoptar las medidas preventivas, que establece el Decreto 1886 de 2015 modificado por el Decreto 944 de 2022; así como las obligaciones de protección y seguridad previstas en el artículo 56 del C.S.T., dentro de una actividad que es considerada como de riesgo, será suficiente para probar que el empleador actuó de manera culposa.

Lo anterior dará lugar a la respectiva indemnización de perjuicios, además de la protección básica que debe ser dada al trabajador por parte de la ARL. Cabe destacar dentro de la sentencia SL 2206-2019, Radicación N.º 64300 de la Sala Laboral de la Corte Suprema de Justicia, siendo M.P. JORGE LUIS QUIRÓS ALEMÁN, que consideró lo siguiente:



Fuente: Freepik.es

De tal manera, esta Corte ha entendido que el riesgo del trabajo corresponde a la órbita de responsabilidad patronal, pues es este quien tiene el poder de dirección y ordenación de las tareas y, de manera principal, se beneficia de las labores realizadas. De allí, que cuando en ejecución de estas se produzca un hecho dañino, el empleador debe repararlo, pues fue quien expuso al operario a un riesgo que le sería extraño de no mediar el vínculo laboral.

En tal medida, debe exhibir el despliegue protector que realizó para evitarlo, atendiendo para el caso concreto, las condiciones especiales de la labor de minería desarrollada por sus trabajadores.





Por último, a manera de conclusión, debe considerarse empleador como causante de la situación de desprotección; debe responder y reparar de manera integral los diversos perjuicios que pudo haber experimentado. No solo el trabajador en calidad de víctima directa, sino, también, todas las víctimas indirectas legitimadas para reclamar.

### Referencias

- [1] Alfonso, G. E. (2014). *La responsabilidad por culpa patronal en el accidente o enfermedad laboral*. *Tecnura*, 18, 263-272. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.5.E1.a20>
- [2] Caballero, V. (2018). *Garantías del trabajador frente a la culpa patronal en accidente de trabajo*. *Revista Jurídica Mario Alario D'Filippo*, 10(19), 204-219. <https://doi.org/10.32997/2256-2796-vol.10-num.19-2018-2140>
- [3] Corte Constitucional de la República de Colombia. (1996). *Sentencia C-333 de 1996*, M.P. Alejandro Martínez Caballero. Bogotá, Colombia. Corte Suprema de Justicia. (2006). *Sala de Casación Laboral, sentencia 26126 del 3 de mayo de 2006*. M.P.: Francisco Javier Ricaurte Gómez. Bogotá, Colombia.
- [3] Corte Suprema de Justicia. (2007). *Sala Laboral. Sentencia 28686 del 15 de mayo de 2007*. M.P. Isaura Vargas Díaz. Bogotá, Colombia. Corte Suprema de Justicia. (2010). *Sala Laboral, Rad. 35909, del 01 de junio de 2010*. M.P.: Camilo Tarquino Gallego. Bogotá, Colombia.
- [4] Corte Suprema de Justicia. (2019). *Sala Laboral, sentencia 17993. Del 01 de noviembre de 2019*, M.P. Dolly Amparo Caguasango Villota. Bogotá, Colombia.
- [6] Díaz, C. (2005). *Panorama contextualizado del derecho laboral sustancial colombiano*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- [7] Fernandez, A. (2014). *El concepto de responsabilidad*. En *Homenaje al Maestro José Barroso Figueroa*, J. Domínguez y J. Sánchez. Colegio de Profesores de Derecho Civil.
- [8] Henao, J.C. (2015). *Las formas de reparación en la responsabilidad del Estado: hacia su unificación sustancial en todas las acciones contra el Estado*. *Revista de derecho Privado*, 28, 277-366. <https://doi.org/10.18601/01234366.n28.10>
- [9] Hoyos, A. (2017). *El accidente de trabajo y la enfermedad laboral frente a la responsabilidad civil*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- [10] Leiva, E. (2009). *La inoperante aplicación del nexo causal en la responsabilidad civil del Estado*. *Revista Administración y Desarrollo*, 37(51).
- [11] Maldonado, M. I. (2020). *Reconstruir el modelo de desarrollo: Como atraer inversión extranjera directa sin afectar la estabilidad del Estado latinoamericano*. *Jurídicas CUC*, 16(1), 39-68. <https://doi.org/10.17981/juridcuc.16.1.2020.02>
- Marcucci, C. (2005). *Panorama contextualizado del derecho laboral sustancial colombiano*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- [12] Restrepo, J., Madrid, H., & Safar, H. (2013). *Análisis de la evolución normativa y jurisprudencial de la responsabilidad laboral por culpa del empleador en Colombia*. *Revista Advocatus*, (21), <https://www.unilibrebaq.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/advocatus/article/view/256/249>





recho de minas

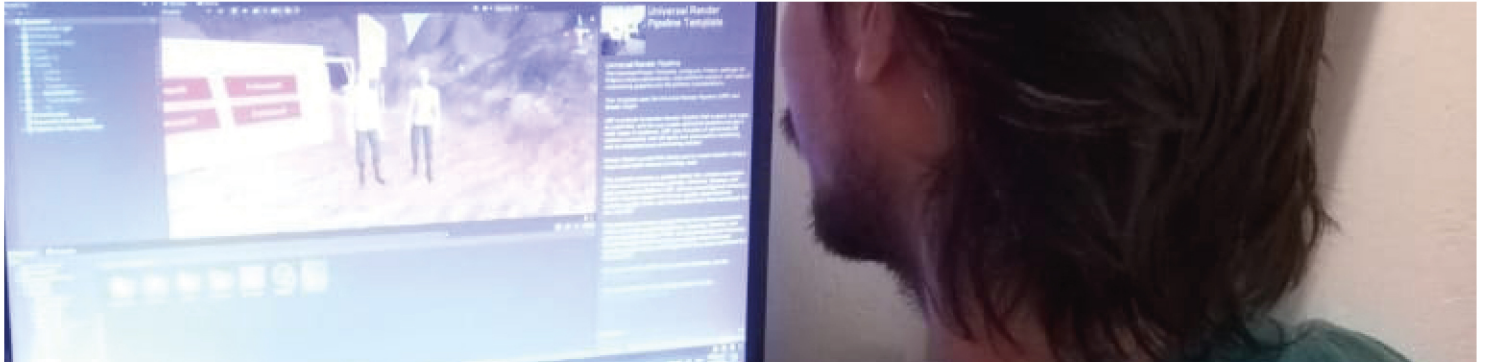
Manual de Minería

SENA Centro de Formación Minero Ambiental

Strahler Geología Física

SENA COMERCIAL DE PRODUCTOS MASIVOS





# Sistema Visual de Alerta de Riesgos Aplicado a las Minas Subterráneas de Colombia.

*Visual risk alert system applied to underground mines in Colombia.*

**Por:** EDISON JOSÉ PEÑARANDA TOSCANO  
Ingeniero de minas, Especialista en gerencia de producción y operaciones, Especialista en gerencia de riesgos laborales, seguridad y salud en el trabajo. Instructor del Centro de Formación Minero Ambiental del SENA - Regional Antioquia.  
[ejpenaranda@sena.edu.co](mailto:ejpenaranda@sena.edu.co)

## Resumen

Este sistema tiene como objetivo, minimizar las consecuencias y severidad de los posibles eventos infortunados que puedan presentarse en un área o sector determinado de las minas subterráneas, disminuyendo los posibles accidentes, y si hubiere, las lesiones que se puedan presentar tanto humanas como económicas y así mismo influir en la

optimización de la producción y operación por cuanto el sistema se basa en la implementación de metodologías de mejoramiento continuo como el ciclo planear, hacer, verificar y actuar- PHVA según lo dispone el decreto único reglamentario del sector trabajo (Decreto 1072, 2015) para todo lo relacionado con la Seguridad y Salud en el Trabajo. La metodología del proyecto sigue el orden lógico del ciclo PHVA; para la fase “Planear” se definen la identificación del problema, su observación, el análisis y finalmente la elaboración del plan de acción como resultado de los anteriores pasos; luego en el “Hacer” procedemos determinando el desarrollo del plan de acción propuesto en la fase anterior, teniendo como alcance la aplicación de instrumentos que nos permitan conocer las limitaciones del sistema de acuerdo con los usuarios; seguidamente en “Verificar” se realizará un proceso

de verificación del sistema mediante la elaboración del diagrama de flujo de datos de la información capturada, definiendo el procedimiento para la utilización del sistema y finalmente en “Actuar” realizamos la estandarización y las conclusiones finales del proyecto.

**Palabras clave:** Minería, Seguridad en el trabajo, Sistema de alerta.

## Introducción

Según los reportes de accidentalidad de la Agencia Nacional de Minería - ANM de Colombia, se registra para el año 2018 un total de 112 mortalidades, en la vigencia 2019 un total de 82 y para el periodo de enero a junio de 2020, un total de 80 mortalidades (Agencia Nacional de Minería, 2020). Es de notar que las principales causas de estas, son las atmosferas viciadas y los derrumbes, los cuales en muchos casos se puede asimilar a la falta de inspección y monitoreo de los riesgos y su reporte en tiempos oportunos como lo recomienda el reglamento de higiene y seguridad en la labores mineras subterráneas decreto 1886 Ministerio minas y energía, (2015), y su modificación mediante el decreto 539 Ministerio de minas y energía, (2022); la propuesta de un sistema de alertas visual permite reducir los tiempos de reporte y mitigación de los riesgos identificados desde el aporte del talento humano de cualquier organización.

## Reflexión

Como medio para el desarrollo de este sistema, se toma una mina subterránea que permita conocer el método utilizado para identificar los riesgos presentes en sus operaciones mineras, del mismo

modo poder modificar su protocolo y de esta manera implementar el sistema de alertas visuales.

En cuanto a la implementación de tecnologías para la reducción y control de los riesgos asociados a las operaciones mineras, encontramos que en su mayoría estas se basan en la prevención de un riesgo en específico o un problema particular presentado en cada unidad de operación minera, tanto en el método a cielo abierto como subterránea; esto se puede evidenciar con lo expuesto por:

Miranda & Changa, (2016) con la implementación de un sistema para medir la fatiga de los trabajadores en los camiones de acarreo de la mina de Arequipa, dedicándose al factor de riesgo ergonómico y las afectaciones por el cansancio de los operarios de maquinaria amarilla.

También tenemos para la minería subterránea sistemas basados en el monitoreo de atmosferas peligrosas propuesto por Carreño, (2010) de los cuales solo atienden una necesidad en materia de riesgos asociados a las operaciones mineras, siendo muy específicos en el factor de riesgo químico por afectación de gases contaminantes.

Otro referente es la relación de exposición a polvos de carbón, sílice cristalina y neumoconiosis, en trabajadores de minas de socavón, propuesto por Echávez, (2016) que del mismo modo solo se enfoca en la afectación que puede tener un trabajador expuesto al riesgo químico por inhalación de polvo de carbón.

La minería en el mundo evidencia ciertas dificultades con la seguridad y salud en el trabajo; como ejemplo





La minería en el mundo evidencia ciertas dificultades con la seguridad y salud en el trabajo; como ejemplo de esto, se tiene que en la minería de Perú se presenta como factor común los problemas relacionados con la accidentalidad generados en el sector, como lo señala Lijarza diaz, (2019) en su tesis de grado que:

“La minería en el Perú representa uno de los sectores económicos que aporta mayor ingreso al PBI nacional. Asimismo, brinda desarrollo cultural y económico en las zonas donde se ejecuta. Sin embargo, afronta problemas como el incremento de accidentes e incidentes, los cuales no permiten que su producción se desarrolle de manera normal, esta actividad es considerada de alto riesgo por la naturaleza de su ejecución. Toma como caso de estudio la unidad minera en el departamento de Ayacucho, la cual presenta un incremento en los accidentes e incidentes en el año 2017, debido a que no existe una estandarización de sus procesos y no se imparte una cultura de comportamiento seguro antes, durante y después de las actividades. En esta propone la utilización de herramientas y metodologías de Ingeniería Industrial como son la estandarización de procesos, diseño de puestos, 5S y la seguridad basada en el comportamiento, donde plasma que la seguridad no es una condición que se dé de manera espontánea, su presencia requiere articular mecanismos que permitan conocer y hacer seguimiento de los riesgos presentes, planificar acciones preventivas adecuadas para el desarrollo de sus actividades. (p.2).”

Expuesto lo anterior, encontramos que las tecnologías aplicadas en los últimos años se concentran principalmente en la prevención y mitigación de un riesgo en particular; sin embargo, el sistema visual de alertas pretende controlar no solo un riesgo en específico sino todos los que puedan encontrarse en el entorno del puesto de trabajo de cada colaborador y para ello se requiere hacer uso de las metodologías de mejoramiento continuo.

Es importante anotar que las metodologías de mejoramiento continuo contribuyen un aporte significativo a la seguridad y salud en el trabajo de las empresas que las implementan. No obstante, no se evidencia en Latinoamérica amplitud en la aplicación de esta metodología como lo menciona Reyes-B. et al., (2017)

“Aunque son pocas las experiencias reportadas en publicaciones científicas de implementación de las 5S en el contexto latinoamericano, afortunadamente, existe suficiente literatura a nivel mundial para emprender iniciativas y recomendaciones en el ambiente ecuatoriano, para lograr un mejor ambiente laboral, seguro y productivo con la implementación de la metodología japonesa 5S, (p. 1055).”

Es así como las metodologías de mejoramiento continuo tales como Lean manufacturing y otras, no han gozado de una amplia implementación en la industria minera tal como lo afirma Seifullina et al., (2018) basado en la premisa de que la investigación en estas áreas de aplicación es muy limitada. A pesar de esta afirmación, es necesario aplicarlas puesto que para otras industrias como la automotriz son una

herramienta casi que imprescindible en sus procesos operativos.

Ahora bien, El sistema visual de alertas de riesgo requiere para su aplicación que se ajuste al ciclo PHVA con el objetivo de llevar concordancia en lo establecido en el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo 1072 del 2015, por lo que para cada fase del ciclo se proponen fases en el proceder metodológico del diseño de este sistema, lo que da otra razón más para aplicar las metodologías de mejoramiento continuo en este sistema y que a continuación se explica la manera de aplicarlo.

## El ciclo PHVA

El ciclo de Deming es una metodología usada para el mejoramiento continuo de los procesos, la solución de problemas en las empresas como los que no se

visualizan fácilmente. En general, estos problemas también sufrieron varios intentos fallidos de una posible solución. Su propósito es acelerar y perfeccionar las actividades de una empresa, por medio de la identificación de los problemas, sus causas y posibles soluciones.

## Planear

El orden lógico del ciclo comienza con el “Planear”, el cual se concentra en la parte estratégica. El propósito es analizar la información para establecer objetivos y metas; para esto, es importante elaborar un plan/estrategia que resuelva los problemas encontrados, desarrollarlos con base en los valores, directivas políticas de la empresa, y tener en consideración el establecimiento de los objetivos pretendidos con el ciclo. En la tabla 1 se presenta el proceso para la fase planear.

Tabla 1.  
Procesos de la  
fase planear

| Proceso                     | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                         | Desarrollo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Herramienta                                                                              | Resultado                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificación del problema | Definir el problema y reconocer la importancia de éste para el desarrollo de la actividad. Es tiempo de preguntarse ¿Qué está sucediendo? Realizar un análisis del problema, mostrar las pérdidas causadas por este y proponer una fecha para su solución.                       | Utilizando la evaluación de estándares mínimos del SG-SST de la empresa encontraremos las falencias presentes; sin embargo, nos ubicaremos principalmente a lo que respecta del grupo de la Gestión de Peligros y Riesgos, donde se observamos los ítems de identificación de peligros, evaluación y valoración del riesgo, y medidas de intervención y control para intervenir los peligros/riesgos que son los puntos clave que trata el sistema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Informes<br>Datos<br>Gráficos<br>Fotos<br>Lluvia de ideas.                               | Problema encontrado:<br>La identificación de los riesgos de la mina se realiza con métodos no efectivos para su control tales como formatos que luego son archivados sin seguimiento efectivo |
| Observación del problema    | Observar el problema detalladamente con sus características específicas. Esta puede ser la fase más demorada del proceso ya que las características del problema deben ser analizadas desde varios puntos de vista, además de observar el problema en los lugares donde suceden. | Se ubicaron tres puntos de observación, priorizando los puestos de trabajo que más interesaban para la formulación del diseño metodológico de este sistema. Entre estos se encontraban: la oficina de la mina donde se desarrollan los procesos de documentación de la información y específicamente los formatos que se utilizan para la inspección de los puestos de trabajo en la organización; otro de los puestos de trabajo que se tomó como muestra, fue el picador que es uno de los más comunes en la mina; en este, se observó las funciones, la forma de realizar su labor y la distribución del mismo. Finalmente, el tercer analizado fue el operario del malacate interno, el cual presenta condiciones especiales diferenciadas de los demás puestos de trabajo. | Análisis de Pareto<br><br>Análisis de datos y costos del problema<br><br>Circulo de Ohno | Flujograma de las inspecciones de seguridad actuales de la empresa <b>Ver figura 1.</b>                                                                                                       |
| Análisis del Problema       | Descubrir las causas del problema dentro del proceso que se pretende mejorar. La pregunta que se debe responder es ¿Por qué ocurre el problema?                                                                                                                                  | Para facilitar el análisis del problema, se realizó un diagrama de causa-efecto, el cual permite identificar las posibles causas de la problemática encontrada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Diagrama de causa-efecto                                                                 | Diagrama Causa-Efecto <b>Ver figura 2.</b>                                                                                                                                                    |
| Plan de Acción              | Crear acciones para resolver el problema identificado y observado                                                                                                                                                                                                                | En este punto es posible apoyarse en herramientas como 5w2h en el planteamiento del plan de acción, porque permite describir claramente qué se debe hacer, quién será el responsable y cuándo deberá ser concluida cada tarea planeada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5w2h                                                                                     | Aplicación de la herramienta 5w2h <b>Ver tabla 1</b>                                                                                                                                          |

Fuente:  
elaboración propia.



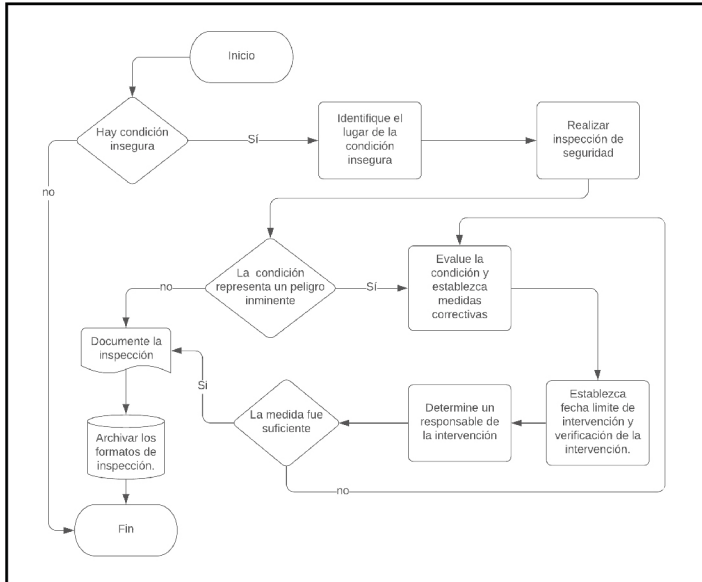


Figura 1. Flujograma de inspecciones de seguridad actuales de la empresa. Fuente: elaboración propia.

El flujograma presentado en la Figura 1, nos muestra inicialmente que las inspecciones de seguridad preceden de una condición de inseguridad, de lo contrario no se realiza. Seguidamente se procede a realizar la identificación del lugar de ocurrencia para realizar la inspección; si la condición de inseguridad representa un peligro inminente se procede a evaluar la condición y a establecer medidas correctivas, se establecen fechas límite de intervención y verificación seleccionando un responsable para la misma hasta que sean satisfactorias las condiciones de seguridad. Posteriormente se documenta el formato de inspección y se archiva finalmente.



Figura 2. Diagrama Causa Efecto. Fuente: elaboración propia.

El diagrama permite reconocer que la principal causa del problema de identificación y mitigación de peligros, es el método que actualmente utiliza la organización, por cuanto es poco práctico, requiere para su correcta aplicación personal calificado, se hace tediosa su aplicación para el entorno y además falta realizar un seguimiento más estricto en cada una de sus etapas; seguidamente se pudo analizar que otra de las causas más importantes es el bajo nivel de escolaridad del personal operativo, que sumado a la falta de capacitación y al poco interés que presentan a la problemática, no permite que se logre satisfacer la necesidad y se llegue a la problemática encontrada.

Tabla 2. Plan de acción.

| Etapas | Paso       | Pregunta                    | Respuesta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | ¿What?     | ¿Qué debe hacerse?          | Mejorar el proceso de identificación de riesgos y peligros que están presentes en las operaciones de la mina, haciendo que los trabajadores mineros tengan mayor participación en el proceso.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2      | ¿Why?      | ¿Por qué debe hacerse?      | Es necesario mejorar la identificación de riesgos y peligros en la mina porque los trabajadores mineros se ven expuestos a estos riesgos y el proceso actual no satisface las necesidades del Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) respecto del cumplimiento de los estándares mínimos solicitados.                                                                                                  |
| 3      | ¿Where?    | ¿Dónde debe hacerse?        | El proceso debe ejecutarse en todas las instalaciones de la mina.<br><br>En primera instancia todos los trabajadores de la mina son responsables del proceso de identificación de riesgos y peligros. Sin embargo, la persona encargada del SG-SST de la empresa es quien debe velar porque se dé la participación y de dar seguimiento para que pueda obtenerse el cumplimiento de los objetivos planteados en el sistema.    |
| 4      | ¿Who?      | ¿Quién será el responsable? | El empleador deberá asegurar los recursos necesarios para el sistema, tales como los tableros de autoevaluación 5s y el tablero principal.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5      | ¿When?     | ¿Cuándo debe hacerse?       | Una vez diseñado el sistema para la identificación de riesgos y peligros se tendrá un plazo máximo de 2 meses para la implementación del mismo, siendo este un tiempo prudencial y no extendido que permite dar lugar a la capacitación de los trabajadores, la compra de los tableros y la socialización del sistema en general.                                                                                              |
| 6      | ¿How?      | ¿Cómo debe hacerse?         | Se debe disponer de tableros en cada puesto de trabajo para que los colaboradores realicen su autoevaluación. Estos tableros deberán realizar 5 preguntas rápidas las cuales serán ¿Seleccionamos lo útil de lo inútil?, ¿Somos ordenados?, ¿Somos aseados?, ¿Sostenemos el estándar de orden y aseo?, ¿Sin fallas en la autodisciplina? Y un tablero general que permita reportar todas las condiciones inseguras detectadas. |
| 7      | ¿How much? | ¿Cuánto costará?            | La implementación de este sistema es de bajo costo puesto que la inversión principal es en los tableros que se utilizan para generar los informes y visualizar las alertas. El costo depende de la cantidad de puestos de trabajo. Además, el sistema requiere que se realice capacitación a todos los niveles de la organización para poder                                                                                   |

## Hacer

A continuación, fue puesto en práctica lo definido en el plan de acción. En el “Hacer” se diseñan los instrumentos que se utilizarán para la puesta en marcha del sistema, los cuales son: la caracterización del talento humano de la empresa y los tableros 5s

En la Mina, se realizó una encuesta a una población de 70 trabajadores, siendo fundamental conocer la edad, nivel de escolaridad, estrato socioeconómico, comprensión lectora, comprensión de escritura, y salud visual.

Luego de la aplicación del instrumento, fue posible evidenciar como dato más relevante lo relacionado con el nivel de escolaridad, arrojando que el 2% de los empleados tienen estudios universitarios y el 98% nivel de escolaridad primaria; siendo esto una limitación a tener en cuenta al momento de diseñar los tableros de control puesto que deberán ser accesibles y entendibles para la población en general donde se incluya la didáctica para su desarrollo.

## - Prevención del riesgo

Es necesario que cada uno de los trabajadores de la empresa se involucren haciendo consciencia de la importancia que tiene mantener los protocolos de seguridad en cada puesto de trabajo. Debido a su fácil aplicación, fue determinado el uso de la herramienta metodológica 5s dentro de las organizaciones y permitir al trabajador involucrarse en el sistema. Para poder tener control sobre los dos últimos pasos, normalización y autodisciplina, se agregaron espacios para cada día laboral de la

semana. De esta manera, el trabajador podrá efectuar una correcta autoevaluación sobre su puesto de trabajo. Puesto que el tablero debe presentarse como una herramienta de fácil uso para el trabajador, se propone su diseño de acuerdo con la figura 3.

| EN NUESTRA ÁREA:                     | LUN. | MART. | MIÉR. | JUEV. | VIER. | SÁB. |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| Seleccionamos lo útil de lo inútil   |      |       |       |       |       |      |
| Somos ordenados                      |      |       |       |       |       |      |
| Somos aseados                        |      |       |       |       |       |      |
| Sostenemos el estándar de orden aseo |      |       |       |       |       |      |
| Sin faltas en autodisciplina         |      |       |       |       |       |      |

Figura 3. Tablero de control del programa 5s.  
Fuente: elaboración propia.

## - Identificación de peligros

En este aspecto de identificación de peligros, se debe establecer las inspecciones de seguridad con una periodicidad semanal en cada puesto de trabajo y en las zonas de tránsito común por parte del supervisor o el encargado del SG-SST.

## Verificar

En esta etapa se realiza el análisis del sistema propuesto mediante la implementación de un diagrama de flujo de la información. Esto permite conocer cuál es el flujo de datos de la información y verificar las posibles falencias del sistema o mejoras que se pueden implementar en el siguiente ciclo del sistema.





Figura 5. Tablero principal del Sistema de Alertas Visuales.  
Fuente: elaboración propia.

La manera de utilizar este tablero es muy simple y se fundamenta en las inspecciones de seguridad periódicas que se realizan en las operaciones mineras. Inicialmente se cuenta con la participación del supervisor de la mina y el encargado el SST que dentro de su planeación se tiene la realización de las inspecciones de seguridad con los formatos establecidos por la organización (el formato debe cumplir con la norma técnica NTC4114). Las siluetas que se ubican en las celdas de la izquierda se desplazan y ubican en los lugares donde se encontró una condición insegura y no puede ser retirado hasta tanto no sea mitigada la condición encontrada.

## Conclusiones

El sistema visual de alertas de riesgo permite conocer en un tiempo más corto las condiciones inseguras que se tienen al interior de la mina, permitiendo a todo el personal involucrado en las operaciones mineras mantenerse alerta conforme a lo identificado en las inspecciones de seguridad.

42

El control de los riesgos encontrados en las labores subterráneas se mejora con la implementación de este sistema puesto que los encargados del SG-SST podrán mantenerse actualizados de las acciones realizadas en cada condición encontrada y tomar nuevas acciones de ser necesario.

A pesar de que el sistema fue aplicado a bajo costo con el uso de tableros acrílicos, es importante reconocer que este puede mejorar con la aplicación de tecnologías 4.0 pudiendo crear una aplicación web y móvil que permita además de visualizar los riesgos encontrados, conocer informes más específicos que permitan conocer a un clic de distancia datos como el tipo de peligro encontrado, la estrategia de mitigación del peligro, el responsable de mitigarlo y la fecha máxima de intervención.

## Referencias

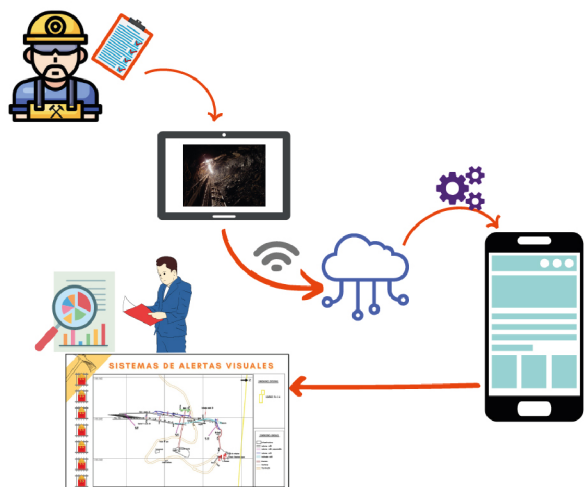
[1] Agencia Nacional de Minería. (2020). *Estadísticas De Emergencias Y Fatalidades Mineras En El Año 2020* (p. 15). [https://www.anm.gov.co/?q=emergencias\\_mineras](https://www.anm.gov.co/?q=emergencias_mineras)

[2] Carreño, C. (2010). *Sistema de control y monitoreo automatizado para gases en minas de carbón*. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación UPTC*.

[3] Decreto 1072, 2015. (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo* (pp. 1-386).

[4] Echávez, J. F. M. (2016). *Relación de exposición a polvos de carbón, sílice cristalina y neumoconiosis, en trabajadores de minas de socavón*. 20.

[6] Lijarza Díaz, I. (2019). *Propuesta de mejora en la seguridad y salud en el trabajo para reducir accidentes e incidentes mediante la estandarización de procesos y la seguridad basada en el comportamiento en una empresa minera*.



[7] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 425. Ministerio de minas y energía. (2022). Decreto 944 de 2022 Por el cual se modifica el Decreto 1886 de 2015.

[8] Ministerio minas y energía. (2015). Decreto 1886 del 21 de septiembre de 2015, Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.

[9] Miranda, J., & Changa, O. (2016). Implementación de un Sistema Monitoreo para medir la Fatiga DSS "Drive State Sensor" en camiones de acarreo en la empresa de gran minería de la Arequipa 2016. In *Universidad Tecnológica del Perú* (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.758>

[10] Reyes-B., J. V., Aguilar-Sánchez, L. A., Hernández-Valencia, J. L., Mejías-Acosta, A., & Piñero, A. (2017). La Metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral. *Polo Del Conocimiento*, 2(7), 1040. <https://doi.org/10.23857/pc.v2i7.329>

[11] Seifullina, A., Er, A., Nadeem, S. P., Carza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). A Lean Implementation Framework for the Mining Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1149-1154. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.435>





Fuente de Imagen (ANM, 2021)

# Modelo en la Prevención y Mitigación de Explosiones de Metano y Polvo de Carbón en la Minería Subterránea

*Model for Prevention and Mitigation of Methane and Coal Dust Explosions in Underground Mining*

**Por:** GLORIA CATALINA GHEORGHE  
Ingeniera de Minas y Metalurgia,  
Magister en Salud Ocupacional y  
Ambiental.

Especialista en Ingeniería contra  
Incendios y Explosiones,  
Especialista en Seguridad Minera,  
Especialista en Gerencia en Salud  
Ocupacional.

Consultora en Seguridad Minera  
Líder del Comité de Seguridad  
Minera de la APMC - Asociación de  
Profesionales del Sector Minero  
Colombiano.

[cardonacatalina@gmail.com](mailto:cardonacatalina@gmail.com)

## Resumen

### ¿Es posible prevenir las explosiones de metano y polvo de carbón?

Sí, es posible prevenir que ocurra una explosión y mitigar sus efectos si llegara a materializarse. En las investigaciones de las explosiones que han tenido lugar en Colombia, se ha encontrado que fueron consecuencia de la ausencia y deficiencia en controles, no de situaciones que cómodamente denominamos como “eventos súbitos” y “actos inseguros”.

Prevenir una explosión no debe ser una religión misteriosa. Se trata de tener una línea base para identificar los peligros (mediante el estudio de desorción de gas metano<sup>1</sup>, explosividad del polvo de carbón, evaluación de fuentes de ignición, registros históricos de mediciones de gases, entre otros). Luego, se debe tomar decisiones sobre las intervenciones requeridas, como el diseño del sistema de ventilación, medios de inertización, monitoreo de gases, equipos eléctricos con modos de protección adecuados, procedimientos de trabajo seguros y capacitación competente de los trabajadores. Posteriormente, se deben implementar los controles, monitorear su efectividad y tomar decisiones sobre las mejoras que deben realizarse, todo dentro del marco de un proceso de mejora continua.

La seguridad y salud en el trabajo se trata de mantener los peligros bajo control (AIHS, 2019). En el caso de las explosiones, los peligros se dividen en tres categorías principales: primero, la formación de atmósferas explosivas debido al metano; segundo, los aportes energéticos debido a equipos eléctricos, voladuras y otros factores; y tercero, el control del polvo de carbón. Cuando estos peligros se encuentran bajo control, se reduce significativamente el riesgo de explosión. Como resultado, no solo se previene la ocurrencia de una explosión, sino que también se mejoran las condiciones en la atmósfera minera, garantizando un entorno más seguro para los trabajadores.

<sup>1</sup>¿Qué es absorción y desorción? La absorción es un proceso de transferencia de material desde un compuesto presente en una fase gaseosa a una fase líquida mediante disolución. La operación inversa de transferencia de un gas disuelto por un gas inerte se denomina desorción.





*Palabras clave:* Minería subterránea, Prevención, Mitigación.

## Contexto

Las explosiones en la minería subterránea de carbón han sido responsables de las mayores tragedias en la industria minera en Colombia. Según el registro de la Agencia Nacional de Minería, se han producido un total de 2029 muertes de trabajadores mineros desde el año 2005 hasta mayo de 2023 (ANM, 2023).

La principal causa de mortalidad en la minería subterránea se debe a fallas geomecánicas, con un total de 561 muertes. La segunda causa de muerte son las explosiones, que han cobrado la vida de 515 trabajadores en 223 incidentes, de los cuales 175 corresponden a explosiones de metano y/o polvo de carbón, siendo la inmensa mayoría únicamente de metano. Sin embargo, más allá de su alta frecuencia, las explosiones han generado tragedias de proporciones enormes; en tan solo 20 explosiones subterráneas han perdido la vida 299 trabajadores mineros. Las explosiones más comunes son las deflagraciones <sup>2</sup> de metano, pero las más devastadoras son las explosiones primarias de metano seguidas por las explosiones secundarias de polvo de carbón (ANM, 2023).

En las investigaciones de algunas de las explosiones más catastróficas, se encontró que, aunque los flujos de metano eran relativamente bajos, la ventilación era inadecuada y había una ausencia o deficiencia en

<sup>2</sup>Acción o efecto de deflagrar (arder una sustancia súbitamente con llama y sin explosión). 2 física. Proceso de combustión rápida e intensa, en particular la que se extiende de modo subsónico y por conducción térmica. Relacionados: conflagración, detonación, explosión.



controles del polvo de carbón, así como en los controles administrativos y la respuesta a emergencias. Estos hallazgos nos llevan a cuestionar la forma en que estamos abordando la seguridad en la minería, especialmente en la gestión del riesgo de explosiones subterráneas (Gheorghe, 2020).

En este artículo, buscaremos presentar un modelo de gestión con el propósito de prevenir y mitigar las explosiones subterráneas en la minería de carbón.

Los elementos propuestos no difieren de lo que considera un modelo de gestión del riesgo, que implica caracterizar el proceso, identificar los peligros, evaluar los riesgos, diseñar e implementar las medidas de control, y monitorear su efectividad (Gheorghe, 2023).

## 1. Caracterización del proceso:

En este punto, se espera una descripción completa de los detalles de la operación minera, que incluye el método de explotación, el arranque, el transporte, los equipos bajo tierra, las comunicaciones con otras minas y el sistema de ventilación actual, entre otros aspectos. Si se busca un control adecuado del riesgo de explosión, es fundamental basarse en la realidad de la mina. Por ejemplo, en una mina con altos niveles de metano, resulta fundamental contar con rutas de ventilación de retorno en las áreas de exploración para permitir el drenaje previo del metano. Otro ejemplo sería que, si la altura de las vías en la mina no supera los dos metros, es probable que no haya espacio para instalar barreras de agua o caliza, por lo que se debería considerar alternativas como el uso de rociadores de agua. El diseño del sistema de control debe estar en sintonía con las

características específicas de la operación minera.

## 2. Identificación de peligros y valoración de riesgos:

Para que ocurra una explosión, es crucial evaluar las siguientes variables principales: metano, fuentes de ignición y polvo de carbón. Veamos cuáles serían algunos de los análisis mínimos requeridos. Esta información es esencial para establecer las medidas de control más adecuadas para la mina y, además, permite evaluar el “nivel de riesgo” de explosión utilizando como referencia la metodología de la Guía Técnica de Prevención de Explosiones de Metano y Polvo de Carbón de la ANM y la Universidad Nacional de Colombia (ANM, 2021).

**2.1. Metano:** Es indispensable el estudio de desorción del gas metano para determinar los contenidos de gas en m<sup>3</sup>/ton para cada uno de los mantos y bloques de carbón explotado, además de un estudio geológico para identificar zonas susceptibles de desprendimientos de gas. Las operaciones mineras que ya cuentan con este estudio en algunos casos solo lo han utilizado para demostrar el cumplimiento de un requisito legal, pero lo esencial no es “tener el estudio”, lo importante es utilizar la información que proporciona para el diseño de los controles. La evaluación de las tendencias en las mediciones de gases en la mina es otro elemento indispensable.

**2.2. Polvo de carbón:** Podríamos indicar que se requiere “El estudio de explosividad del polvo de carbón”. Pero ¿Qué es un estudio de explosividad de polvo de carbón? Podemos decir que es una línea base en la cual se han realizado análisis al polvo de carbón depositado en la mina para determinar su sensibilidad a la explosión, es decir, la concentración

mínima requerida para explotar. Se ha determinado el porcentaje mínimo de caliza que se requieren para inertizarlo y sea zonificada la mina para identificar la distribución de concentraciones de polvo de carbón con granulometría inferior a los 0,5 mm. Pero este estudio es solo una línea base, es una fotografía que permite mapear la mina, pero si no se controla adecuadamente la acumulación de polvo de carbón, zonas que eran consideradas de bajo riesgo, semanas después podrían ser de gran riesgo.

**2.3. Fuentes de ignición:** Se deben identificar los equipos eléctricos y los modos de protección, así como el mantenimiento preventivo que reciben los equipos; también las deficiencias que se pueda tener en la realización de voladuras, identificar procesos de combustión espontánea y otras fuentes asociadas a energías como riesgo de chispa por equipo mecánico en movimiento, llamas abiertas, entre otros.

## 3. Controles: ¿Qué es lo que queremos controlar?

**3.1 Formación de atmósferas explosivas:** para ello los tres controles más importantes son los siguientes:

### 3.1.1. Ventilación forzada - Control de ingeniería, medida de prevención.

Es el control más importante para prevenir la formación de atmósferas explosivas, consiste en ventilación principal forzada apoyada por ventilación auxiliar. Se debe garantizar que existan velocidad del flujo del aire en los frentes de explotación que prevenga la estratificación del metano y logren diluirlo a concentraciones, por debajo del 0,5%. Si se conocen las concentraciones de metano (del estudio de desorción) en los





mantos, puede determinarse el flujo de gas metano y en consecuencia la velocidad mínima requerida (que podría ser superior a 0,5 m/s) y el caudal de aire necesario. Hay normas inexorables como que la mina debe tener una entrada y una salida y que todos los frentes de explotación deben tener una galería base y una galería de cabeza (Carrasco, 2011). La ventilación por tiro natural es insuficiente para suplir las necesidades de ventilación de una mina. La gestión de la ventilación es esencial para verificar que se está cumpliendo el objetivo (garantizar una atmósfera segura para la vida). La gestión incluye el monitoreo semanal de las velocidades, presiones, humedad y temperatura; y debe realizarse el monitoreo continuo de gases.

**3.1.2. Drenaje del gas: Control de eliminación-medida de prevención.** Se debe considerar realizar perforaciones horizontales especialmente en mantos de carbón en los que se encuentren contenidos de gas metano superiores a los 3 m<sup>3</sup>/ton de carbón.

## **3.2 Controles orientados a prevenir las manifestaciones energéticas que puedan iniciar una explosión.**

### **3.2.1 Equipos eléctricos protegidos: Control de sustitución, medida preventiva.**

En minería subterránea de carbón, los equipos de ventilación, cables de cajas arrancadoras y otros accesorios eléctricos deben estar clasificados en el Grupo I y de categoría Mb de acuerdo con las normas IEC<sup>3</sup>, o equivalentes como las EN y otras.

Cuando se superen los límites reglamentarios de metano, solo deben permanecer en uso equipos que sean del Grupo I y de Categoría Ma. Los equipos e instalaciones eléctricas deben contar con modos de protección adecuados, particularmente un modo de protección eléctrica recomendado para un ventilador y cajas arrancadoras es la “envolvente antideflagrante”, que en la etiqueta del equipo se reconoce con “db” y para equipos como monitores de gases y lámparas mineras es “seguridad intrínseca”, “ia” (ANM, 2022).

### **3.2.2. Seguridad en la sustancia y accesorios utilizados para voladuras- Control de sustitución, medida preventiva.**

Además de utilizarse explosivos seguros para minería de carbón y accesorios de voladura, se debe garantizar la seguridad de los procedimientos.

## **3.3 Controles enfocados al polvo de carbón**

**3.3.1. Inertización del polvo de carbón con caliza:** control de ingeniería- medida preventiva y de mitigación. Debe abarcar todas las labores en la mina y monitorear la efectividad a través del muestreo con el equipo CDEM, para decidir cuándo debe aplicarse de nuevo caliza en un sector específico.

**3.3.2. Jornadas de limpieza de polvo de carbón e inyección de agua con suficiente volumen y presión en sitios de mayor transferencia.** - Control de aislamiento, medida de mitigación.

<sup>3</sup> <https://www.normadoc.com/spanish/normas/normas-internacionales/iec-1.html#:~:text=Las%20normas%20IEC%20ayudan%20a,energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20y%20energ%C3%ADas%20renovables.>

### **3.3.3. Instalación de barreras de agua o caliza: control de ingeniería. Medida de mitigación.**

Control de ingeniería orientado a la mitigación de explosiones.

## **3.4 Otros controles de mitigación y administrativos indispensables**

### **3.4.1. Plan de emergencias:** Medida de mitigación

En la preparación para la respuesta a una emergencia debido a explosiones son esenciales los siguientes tres elementos:

- 1) Contar con al menos dos rutas de evacuación en caso de emergencia, que estén en buen estado para el tránsito de personas y con recursos suficientes para facilitar la evacuación.
- 2) Una brigada de emergencias con un número suficiente de miembros, quienes deben entrenar regularmente, mínimo cada mes.

### **3.4.2. Procedimientos de trabajo seguro y capacitaciones: Controles administrativos, medidas de prevención y mitigación.**

Siempre debe operarse bajo procedimientos de trabajo seguros, y los trabajadores adecuadamente entrenados en ellos, entre los procedimientos y capacitaciones esenciales se tiene:

- 1) Monitoreo de gases y aforos de ventilación.
- 2) Uso y mantenimiento de equipos.
- 3) Medidas en caso de suspensión de la ventilación.
- 4) Monitoreo del polvo de carbón y la aplicación de caliza.
- 5) Capacitaciones a todos los trabajadores en

conocimiento de la atmosfera minera y protocolos en caso de emergencias.

### **3.4.3. Plan de sostenimiento: - Control de ingeniería, medida de mitigación.**

Contar con un adecuado plan de sostenimiento garantizará que la infraestructura de la mina no se verá significativamente afectada después de una explosión y como resultado los trabajadores tendrán menos riesgo de morir debido a derrumbes (ICONTEC, 2022).

### **3.4.4. Uso de “autorrescatadores”<sup>4</sup>:** Control en el individuo, medida de mitigación.

## **4. Monitoreo**

Independiente de la profundidad de los estudios, pertinencia del plan de ventilación, etc, una mina es una entidad dinámica, que cambia continuamente debido al avance en la explotación, la conexión de trabajos, cambios en las secciones de las vías, cambios en los equipos. Por lo tanto, el monitoreo del desempeño de los controles es indispensable para tener información que permita evaluar la efectividad de los controles e ir haciendo las mejoras y cambios respectivos. Es indispensable monitorear:

- 1) Concentraciones de gases y análisis de las tendencias.
- 2) Concentraciones de polvo de carbón y tasa de deposición.
- 3) Efectividad en la inertización del polvo de carbón.
- 4) Inspecciones planeadas de equipos.
- 5) Investigación de eventos

---

<sup>4</sup> Los autorrescatadores son equipos de rescate personal que permiten a un trabajador escapar de una situación peligrosa en caso de emergencia.





## 5. Conclusión:

El objetivo primario es evitar que ocurra una explosión, cuyos controles más importantes son la ventilación forzada y operar equipos eléctricos protegidos, pero también deben implementarse las medidas para procurar mitigar sus efectos como la inertización del polvo de carbón, las capacitaciones, el uso de “autorrescatadores”.

Debemos convencernos de que, si es posible prevenir estos eventos, trabajando con diligencia y constancia en dicho objetivo, con lo cual las organizaciones lograrán comprender mejor cada vez sus riesgos y desarrollar la sinergia para que cada vez le resulte más fácil tener los riesgos inherentes bajo control. Cada parte interesada debe asumir las responsabilidades que le corresponden, Ministerio de Minas (institucionalidad minera), gremios, ARL, academia, operadores mineros, profesionales del sector (ingenieros, técnicos y trabajadores).

## Referencias

[1] Agencia Nacional de Minería. (2021). Guía técnica para el diseño de planes de prevención de explosiones de metano y polvo de carbón. Recuperado de: [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/guia\\_preveccion\\_mitigacion.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/guia_preveccion_mitigacion.pdf)

[2] Agencia Nacional de Minería. (2022). Circular No. 01 del 06.15.2022: Recomendaciones con respecto a la prevención de explosiones de grisú, y a la limitación de sus efectos por la participación del polvo de carbón. Recuperado de: <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/Circular%20No.%2001%20del%2015%20de%20Junio%20de%202022.pdf>



Fuente de Imagen (ANM, 2021)

[3] Agencia Nacional de Minería. (2023). Cuadro de Control de Emergencias Mineras. Australian Institute of Health and Safety (AIHS). (2019). Synopsis. In *The Core Body of Knowledge for Generalist OHS Professionals* (2° Ed.). Victoria, Australia.

[4] Carrasco G. J., Alarcón R. D., Albuerne P. J., Fernández B. E., Fernández V. E., García G. L., & Madera G., J. (2011). *Manual de ventilación de minas y obras subterráneas*. Asociación para la Investigación y Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales (AITEMIN). Madrid, España.

[5] Gheorghe G. C. (2020). *Emergencias mineras mortales en Colombia 2005 - 2020: investigación con modelo jerárquico de causalidad de 100 eventos*. Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/30813>

[6] Gheorghe G.C., Manrique E. F., y Idrovo A.J. (2022). *Injuries and fatalities in Colombian mining emergencies (2005-2018): a retrospective ecological study*. *Rev Bras Med Trab*, 22(4), 591-598. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.47626/1679-4435-2022-799>  
Gheorghe G. C. (2023). *Guía técnica: lo esencial en la gestión de seguridad y salud en minería*. ARL SURA.





# Centro de Formación Minero Ambiental

Regional Antioquia - El Bagre



[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)





# Centro de Formación Minero Ambiental

Regional Antioquia

2023



@SENAcomunica

[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)