



El empleo
es de todos

Mintrabajo



GUÍA TÉCNICA

DE SEGURIDAD PARA EL USO Y MANEJO DE EXPLOSIVOS EN VOLADURAS BAJO TIERRA Y A CIELO ABIERTO



República de Colombia - Derechos reservados.

Bogotá D.C, agosto de 2019.



GUÍA TÉCNICA

**DE SEGURIDAD PARA EL USO Y
MANEJO DE EXPLOSIVOS EN
VOLADURAS BAJO TIERRA Y A CIELO
ABIERTO**

Alicia Arango Olmos

- Ministra del Trabajo

Carlos Alberto Baena López

- Viceministro de Relaciones Laborales e Inspección

Edna Paola Najar Rodríguez

- Directora de Riesgos Laborales

Jorge Enrique Fernández Vargas

- Coordinador Grupo Promoción y Prevención

Yolanda Beltrán Barrera

Aquilino Forero Lovera

- Grupo Promoción y Prevención

Nelson Rojas

Carlos Enrique Sarmiento

Jorge Andrés Méndez

- Industria Militar de Colombia - INDUMIL

Miller Nossa

- Departamento Control Comercio de Armas Municiones y Explosivos - DCCA

Jhon Fredy Valles Villamil

- Escuela de Ingenieros Militares

Ladislao Carlos Schmidt Kosa

- Agencia Nacional de Minería - ANM

Luisa Fernanda Pallares

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC

Eduardo Eleazar Suarez Acosta

- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Victor Armando Cuello

Manuel Acevedo López

- Ministerio de Minas y Energía

Carlos Alberto Cuervo

- ARL Positiva Compañía de Seguros

Hermes Mauricio Alvarado Sáchica

- Academia y Consultoría Técnica

OISS

- Diseño y Diagramación
- 

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	4
2. GLOSARIO Y TERMINOLOGÍA	5
3. MARCO LEGAL	14
4. EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA	18
5. SEGURIDAD EN EL USO Y MANEJO DE LOS EXPLOSIVOS	22
6. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EXPLOSIVOS	36
7. REFERENCIAS	39

El Ministerio del Trabajo por medio de la Dirección de Riesgos Laborales presenta la **"GUÍA TÉCNICA DE SEGURIDAD PARA EL USO Y MANEJO DE EXPLOSIVOS EN VOLADURAS BAJO TIERRA Y A CIELO ABIERTO"** dirigida a titulares mineros, empresarios, empleados, academia y los sectores de hidrocarburos y de la construcción, como recopilación de buenas prácticas para el uso y manejo de explosivos en voladuras bajo tierra y a cielo abierto en Colombia.

La Industria Militar INDUMIL, desde finales del siglo pasado, ha logrado fabricar explosivos muy estables y ha adquirido sistemas de iniciación perfeccionados, haciendo que las voladuras sean cada vez más seguras; sin embargo, esto no representa una cura total al momento de garantizar que no se presenten amenazas, pues los accidentes ocurren y las condiciones de riesgo se presentan, en su mayoría con serios resultados dado el poder y fuerza que genera la liberación de gases y calor en una detonación, accidentes e incidentes por errores en el transporte, almacenamiento y manejo de los explosivos.

Dado a este riesgo, la presente guía tiene como objetivo, desde la perspectiva de seguridad y salud en el trabajo, brindar orientaciones técnicas respecto a cómo realizar la prevención de los riesgos para las voladuras bajo tierra y a cielo abierto, basados en normas de seguridad conforme a los requisitos legales de la normatividad vigente, en cuanto a la identificación, adquisición, transporte, almacenamiento, manejo y empleo de los explosivos, así como los procedimientos que se deben seguir para su destrucción.

Contiene los lineamientos generales para el uso y manejo de los explosivos en cuanto a seguridad y prevención de riesgos en la actividad, definiciones, marco legal, identificación de los explosivos y accesorios de voladura, medidas de seguridad, buenas prácticas de gestión del riesgo y disposición final de los explosivos.

Este trabajo es el resultado del esfuerzo mancomunado de diferentes actores que participan a diario en el uso, manejo y manipulación de los explosivos en Colombia, como son: Industria Militar de Colombia, Departamento Control Comercio de Armas, Escuela de Ingenieros Militares y demás actores que tienen relación directa o indirecta con los explosivos como: Servicio Nacional de Aprendizaje, Aseguradora de Riesgos Laborales Positiva Compañía de Seguros, Agencia Nacional de Minería y los Ministerios del Trabajo y de Minas y Energía, como entes rectores generadores de políticas públicas en temas de seguridad y salud en el trabajo y aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos.

Se reitera que la presente guía tiene carácter exclusivo de consulta y orientación, respecto a buenas practicas desde el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo y, por lo tanto, su contenido no es de obligatorio cumplimiento. En algunos apartes de la guía, se realizan las referencias a la normativa específica que brinda los lineamientos o recomendaciones correspondientes.



2

GLOSARIO Y TERMINOLOGÍA

A continuación, se presentan las definiciones de mayor utilización en el ámbito técnico del uso y manejo de explosivos para voladuras bajo tierra y a cielo abierto, ordenadas de forma alfabética.

2.1 GLOSARIO

- **Actividad:** realización de una tarea o acción por parte de una persona.
- **Accesorio de Voladura:** dispositivos requeridos para la iniciación del explosivo; tales como: cable de ignición, detonador común, mecha de seguridad, detonador eléctrico, detonador no eléctrico, fulminantes, cordón detonante, multiplicador.
- **Accidente de trabajo:** según el artículo 3 de la Ley 1562 de 2012, todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o contratante durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aún fuera del lugar y horas de trabajo. Igualmente se considera accidente de trabajo el que se produzca durante el traslado de los trabajadores o contratistas desde su residencia a los lugares de trabajo o viceversa, cuando el transporte lo suministre el empleador. También se considera como accidente de trabajo el ocurrido durante el ejercicio de la función sindical, aunque el trabajador se encuentre en permiso sindical siempre que el accidente se produzca en cumplimiento de dicha función. De igual forma se considera accidente de trabajo el que se produzca por la ejecución de actividades recreativas, deportivas o culturales, cuando se actúe por cuenta o en representación del empleador o de la empresa usuaria cuando se trate de trabajadores de empresas de servicios temporales que se encuentren en misión.
- **Agente de Voladura:** es un explosivo que no es sensible al detonador N° 8, pero se caracteriza por generar un gran volumen de gases, y para su iniciación requiere de un explosivo multiplicador y, a pesar de ser altamente insensible, tiene riesgo de detonación en masa. Es un explosivo de alto orden.
- **Acción del explosivo:** se presenta desde el centro de la masa hacia afuera en todas las direcciones a una velocidad determinada por el tipo de explosivo, propagando una onda de choque con calor y presión, lo que permite fracturar o romper la masa adyacente, con mayor o menor rapidez, proporcional al grado de confinamiento en que este se encuentre al momento de su detonación.

- **Amenaza:** peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.
- **ANFO:** sigla que proviene del inglés *Ammonium Nitrate - Fuel Oil* y consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo. Agente de voladura a base de nitrato de amonio y otros componentes para mejorar sus propiedades explosivas, muy sensible a la humedad, por lo que se debe utilizar en barrenos secos y en voladuras a cielo abierto. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguros, económicas y asequibles.
- **Arranque:** se define como arranque de un mineral a la fragmentación del macizo rocoso hasta llevarlo a un tamaño que permita su manipulación para ser cargado y transportado. El arranque puede ser realizado con métodos mecánicos (forma continua y discontinua) y también por medio de la perforación con sustancias explosivas (forma discontinua).
- **Autoridad minera:** la autoridad nacional delegada por el Ministerio de Minas y energía, es la Agencia Nacional de Minería delegada mediante decreto 4134 de 2011, que de conformidad con la organización de la administración pública y la distribución de funciones entre los entes que la integran, tienen a su cargo la administración de los recursos mineros.
- **Banco:** 1. Escalón o unidad de explotación sobre la que se desarrolla el trabajo de extracción en las minas a cielo abierto. 2. Niveles en que se divide una explotación a cielo abierto para facilitar el trabajo de los equipos de perforación, cargue y transporte.
- **Barreno:** perforación hecha en roca para colocar una carga explosiva con el fin de hacer una voladura.
- **Bocamina:** 1. La entrada a una mina, generalmente un túnel horizontal. 2. Sitio en superficie por donde se accede a un yacimiento mineral.
- **Cantera:** se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer de él rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción.
- **Cápsula inelétrica:** dispositivo metálico que contiene una pequeña cantidad de explosivo altamente sensible y rápido que, en el cebado, aloja al cordón de seguridad o mecha de seguridad y en conjunto, son utilizados como sistema inelétrico para iniciar u explosivo.

- **Cebo:** es un explosivo cebado o ensamblado con un detonador, el cual va a ser usado para iniciar la columna explosiva en un barreno o carga externa (el cebo sería el explosivo multiplicador).
- **Certificado de Idoneidad:** documento por medio del cual la autoridad competente declara apta e idónea a una persona para ejecutar una actividad o trabajo en particular o con características determinadas, en el caso del manejo de los explosivos, lo expide una Unidad de Ingenieros Militares, delegada para tal fin.
- **Comité de Higiene y Seguridad:** 1. Es un organismo técnico de participación conjunta y armónica entre la empresa y los trabajadores, creado administrativamente para que se detecten y evalúen los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales inherentes a los procesos, equipos e instalaciones particulares de cada empresa, y se adopten acuerdos razonables respecto a las medidas técnicas y administrativas factibles de aplicar y para su eliminación y su control. 2. Es una estructura de sostén especializada que, estando dispensada de la responsabilidad operacional directa, puede ocuparse de sugerir las mejoras y recomendaciones hagan a la aplicación práctica de las medidas de control de riesgos.
- **Contrato de concesión:** son contratos administrativos celebrados entre el estado (Agencia Nacional de Minería, como representante de la Nación) y un particular (persona natural o jurídica) para efectuar, por cuenta y riesgo de éste, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en la legislación vigente al momento de su celebración. Comprende dentro de su objeto las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales y cierre o abandono de los trabajos y obras correspondientes.
- **Cordón de seguridad:** mecha de seguridad que, junto con una cápsula, se utilizan como accesorios de voladura en el sistema inelétrico para iniciar un explosivo. Este cordón está conformado por hilos trenzados, recubiertos con PVC, y con un núcleo de pólvora negra, la cual deflagra en un tiempo constante.
- **Cordón detonante:** es un accesorio de voladura conformado por hilos trenzados, recubierto con PVC, y con un núcleo de pentrita (*PETN o tetranitrato de pentaeritrol*).
- **Detonación:** acción de liberación de gases de un explosivo principalmente, la velocidad con que actúa genera presión y calor en todas las direcciones, provocando también productos tales como una onda aérea, proyecciones, calor, ruido, material particulado en el ambiente y sismicidad, proporcionalmente al grado de confinamiento en que esto suceda.

- **Detonador Eléctrico:** es un accesorio de voladura, constituido por un alambre dúplex y una cápsula metálica cerrada por un extremo. En su interior se encuentra una gota pirotécnica insensible (*fuse head*), la cual inicia el explosivo del detonador. Este detonador es iniciado por medio de un explosor, el cual suministra un pulso eléctrico al alambre que se encuentra ensamblado al detonador
- **Detonador Electrónico:** es un accesorio de voladura de última generación, conformado por un alambre dúplex y una cápsula metálica cerrada por un extremo, en su interior posee un circuito electrónico que permite programar el retardo de cada detonador que conforma la malla de voladura y la secuencia de disparo, un iniciador y un explosivo base. Para su iniciación requiere de un equipo para programar la voladura, y un iniciador que envía un impulso eléctrico para la detonación.
- **Detonador No Eléctrico:** es un accesorio de voladura, conformado por un tubo de choque y una cápsula de aluminio cerrada por un extremo, que, en su interior, está conformado por un tren de retardo, una caga primaria (Azida de Plomo) y una carga secundaria de Pentrita (PETN). Este detonador es iniciado por medio de un detonador común, un fulminante, cordón detonante u otro detonador no eléctrico.
- **Detonador Permissible:** accesorio de voladura para minería subterránea de carbón, intrínsecamente seguro, constituido por un alambre dúplex y una cápsula de cobre cerrada por un extremo, y en su interior se encuentra una gota pirotécnica insensible (*fuse head*), la cual inicia el explosivo del detonador.
- **Demolición:** acción de fracturar una estructura o estructuras, dentro de una técnica medida, calculada y planificada estratégicamente, la cual puede hacerse de manera mecánica o con explosivos, siendo estos últimos los que permiten mayor rapidez en la tarea pues buscan la demolición a través del colapso de la estructura (voladura controlada), lo que requiere mayor planeamiento para eliminar, reducir y mitigar las condiciones de riesgo sobre el entorno por causa de los productos de la voladura (calor, ruido, gases, onda aérea, proyecciones, material particulado y vibraciones).
- **Emulsión:** sistema que contiene dos fases líquidas inmiscibles entre sí, una de las cuales se dispersa como pequeñas gotas (fase discontinua) dentro de la otra (fase continua). Este sistema requiere además otras sustancias (*emulsificantes*) para mejorar su estabilidad, por otra parte, requiere de un multiplicador o booster para su iniciación en el barreno, dado que no es sensible al detonador común.
- **Explosivo:** es una sustancia o mezcla de sustancias que, por medio de un estímulo, reaccionan espontáneamente, liberando energía a altas

velocidades (onda de choque), y generando gases a elevadas temperaturas y presiones.

- **Explosivo Permisible:** también llamado explosivo de seguridad, aquel especialmente preparado para el uso en minería de carbón subterránea con ambientes inflamables de polvo y grisú. Su característica principal es la baja de temperatura de explosión que genera una flama corta. La iniciación de este tipo de explosivos es mediante detonadores permisibles y uso de explosores y ohmímetros certificados para áreas clasificadas.
- **Explosivos plásticos y semiplásticos:** explosivos cuya consistencia es tal, que permite que sea "moldeado" para aplicar una presión moderada, para llenar un barreno. La diferencia entre las formas plásticas y semiplásticas depende principalmente de la diferencia del equipo que se utiliza para su fabricación. La viscosidad de los tipos plásticos hace posible su fabricación mediante un proceso de extrusión a través de tubos.
- **Explosivos tipo *slurry*:** explosivos que contienen *nitrate de amonio*, *TNT*, agua y sustancias para mantener el explosivo homogéneo. Los slurries son específicamente diseñados para explosiones en barrenos largos y húmedos; son relativamente insensibles a los iniciadores y, por lo tanto, necesitan ser detonados con un primer explosivo (*que, generalmente, son TNT comprimido o un iniciador especial*). Los slurries son resistentes al agua y son también bombeados directo dentro del barreno o aplicados en bolsas de plástico. El explosivo tipo *slurry* se caracteriza por tener una gran concentración de nitrato de amonio, ser resistente al agua, tener una densidad relativa entre 1.1 y 1.6, y una velocidad de detonación mayor que la del ANFO.
- **Explosor:** generador de energía por medio del cual se aplica una descarga eléctrica de intensidad suficiente en el circuito de detonadores eléctrico con el fin de iniciar la voladura. Se clasifican en dos tipos básicos: de "generador" y de "descarga de condensador". Ambos tipos son de una construcción robusta y soportan servicio duro por períodos prolongados.
- **Explotación (industria minera):** 1. Proceso de extracción y procesamiento de los minerales, así como la actividad orientada a la preparación y el desarrollo de las áreas que abarca el depósito mineral. 2. Es la aplicación de un conjunto de técnicas y normas geológico-mineras y ambientales, para extraer un mineral o depósito de carácter económico, para su transformación y comercialización. 3. El Código de Minas (Artículo 95 de la Ley 685 de 2001) define la explotación como "el conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacientes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura".

- **Factor de riesgo:** es la confluencia de una vulnerabilidad con una amenaza, necesariamente, lo cual puede considerarse como un fenómeno del ambiente de trabajo o acción que pueda causar un daño o pérdida a un individuo, un bien o al medio ambiente, y cuya probabilidad de ocurrencia depende del control que se tenga del factor vulnerable y la amenaza existente. Los factores de riesgo pueden ser: modificables (directos o indirectos) o no modificables, en estos casos se pueden eliminar o reducir o finalmente mitigar sus consecuencias, todo esto a través de medidas de intervención oportunas.
- **Frente (industria minera):** 1. Lugar donde explotan los minerales de interés económico. 2. Superficie expuesta por la extracción. 3. Superficie al final de una labor minera (túnel, galería, cruzada, otras). 4. Lugares donde se ejecutan las tareas de avance y desarrollo de la mina.
- **Fuerza de un explosivo:** capacidad de trabajo útil de un explosivo. También suele llamarse potencia y se originó de los primeros métodos para clasificar los grados de las dinamitas.
- **Fulminante:** casquillo metálico cerrado en un extremo, el cual contiene una carga explosiva de gran sensibilidad, por ejemplo, fulminato de mercurio. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha de seguridad.
- **Hidrogeles:** son compuestos que en su constitución no llevan ningún producto que por sí mismo sea explosivo, sino que reaccionan de forma explosiva en el momento que se inician con el detonador. El conjunto del explosivo va en una masa acuosa que le da estas características.
- **Ignición:** es el fenómeno de iniciación en forma de incandescencia de sustancias oxidantes y combustibles; por ejemplo, los explosivos.
- **Incidente:** es un acontecimiento no deseado que, bajo circunstancias ligeramente diferentes, podría haber resultado en lesión a las personas, daño a la propiedad o pérdida en el proceso.
- **Inflamabilidad de un explosivo:** se define como la facilidad con la cual un explosivo o un agente de voladura puede iniciarse por medio de llama o calor.
- **Malla de voladura:** plano que identifica la disposición de la perforación en una zona determinada de la mina. Este plano sirve para efectuar la perforación. Contiene la siguiente información básica: zona, número de perforaciones, profundidad y diámetro de perforación.
- **Métodos de explotación:** se definen como una forma geométrica usada para explotar un yacimiento determinado. Es el modo de dividir el cuerpo

mineralizado en sectores aptos para el laboreo. Los métodos de explotación adoptados dependen de varios factores, principalmente, calidad, cantidad, tamaño, forma y profundidad del depósito; por, accesibilidad y capital disponible.

- **Mina: 1.** Excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, a cielo abierto, en superficie o subterránea. 2. Yacimiento mineral y conjunto de labores, instalaciones y equipos que permiten su explotación racional. 3. El Código de Minas define "mina" como el yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útil y aprovechable económicamente, ya se encuentre en el suelo o el subsuelo.
- **Minería:** ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales. Estrictamente hablando, el término se relaciona con los trabajos subterráneos encaminados al arranque y al tratamiento de una mena o la roca asociada. En la práctica, el término incluye las operaciones a cielo abierto, canteras, dragado aluvial y operaciones combinadas que incluyen el tratamiento y la transformación bajo tierra o en superficie.
- **Minería a cielo abierto:** actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie.
- **Minería subterránea:** actividades y operaciones mineras desarrolladas bajo tierra o subterráneamente.
- **Medida de seguridad:** se entiende toda disposición, condición o procedimiento destinado a garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad.
- **Pentrita:** es un explosivo altamente sensible, puede ser iniciado por un detonador, un fulminante o iniciador eléctrico.
- **Polvorín (Magazín):** construcción utilizada para el almacenamiento permanente o transitorio de explosivos, que cumple con las normas técnicas y de seguridad emanadas del Departamento de Control y Comercio de Armas, Municiones y Explosivos DCCA del Comando General de las Fuerzas Militares o quien haga sus veces, en concordancia con los aspectos técnicos establecidos por la Industria Militar.
- **Poka-yoke:** es un término japonés que significa poka: "error no intencionado, equivocación..." y Yoke: "evitar", es decir, "evitar equivocaciones". método basado en la realización de trabajos "a prueba de errores".
- **Prevención de riesgo:** medidas y acciones de intervención con el fin de evitar o mitigar los efectos negativos relacionados con la materialización del riesgo.

- **Riesgo:** es el efecto que genera la incertidumbre en los objetivos. Puede ser positivo, negativo o ambos y puede abordar, crear o dar lugar a oportunidades y amenazas. Los objetivos pueden tener distintos aspectos y categorías, y se pueden aplicar a distintos niveles. El riesgo se suele expresar en términos de fuentes de riesgo, eventos potenciales, sus consecuencias y su probabilidad.
- **Título Minero:** documento en el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo.
- **Seguridad:** fianza u obligación de indemnidad a favor de alguien.
- **Sensibilidad de un explosivo:** característica de un explosivo. Medida de la facilidad de iniciación de los explosivos, es decir, el mínimo de energía, presión o potencia que es necesaria para que ocurra la iniciación (explosión).
- **Simpatía de un explosivo:** es el fenómeno que se produce cuando un cartucho (donor) al detonar, induce en otro próximo (receptor) su explosión.
- **Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST:** es el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua, con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo. Decreto 1072 de 2015 Libro 2, Parte 2, Título 4, Capítulo 6. El SG-SST.
- **Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos SGA:** es un sistema integral de comunicación de riesgos de alcance internacional, cuyo cumplimiento pasa a ser obligatorio en el ámbito del trabajo.
- **Voladura:** ignición de una carga masiva de explosivos, para arrancar, fractura o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma. Las voladuras pueden ser bajo tierra, a cielo abierto, sub acuática o voladura especial cuando requieren el diseño de esquemas técnicos especiales.
- **Vulnerabilidad:** susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

2.2 TERMINOLOGÍA USADA PARA EL DISEÑO DE VOLADURAS A CIELO ABIERTO

ALTURA DE BANCO
ALTURA DE TACO
ALTURA COLUMNA DE EXPLOSIVO
ALTURA DE BARRENO
CRESTA DE BARRENO
DIAMETRO DE BARRENO
BURDEN
ESPACIAMIENTO
BACK BREAK
SIDE BREAK
CRESTA
ÁNGULO DEL BANCO
PATA DE TALUD
CARA LIBRE
TOP HOLE BURDEN
TACO
SOBREPERFORACION¹

2.3 TERMINOLOGÍA USADA PARA EL DISEÑO DE VOLADURAS BAJO TIERRA

BARRENO DE COSTILLA
BARRENO DE CONTORNO
BARRENO AUXILIARES
BARRENOS DE CUÑA
BARRENOS VACIOS
CUELE
CONTRA CUELE
CONTORNO
AVANCE
SECCIÓN
SOSTENIMIENTO

2.4 ACRÓNIMOS

MINTRABAJO: Ministerio del Trabajo.
MINENERGIA: Ministerio de Minas y Energía.
INDUMIL: Industria Militar de Colombia.

¹ Tomado de Guía del Explosivista Fexar

DCCA: Departamento Control y Comercio de Armas.
ESING: Escuela de Ingeniero Militares.
ANM: Agencia Nacional de Minería.
PTO: Programa de Trabajos y Obras.
SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje.
ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
NTC: Norma Técnica Colombiana.
NFPA: National Fire Protection Association.
SG-SST: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.
SGA: Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos.

3

MARCO LEGAL

El presente marco legal aporta las bases normativas y legales vigentes de las instituciones y temas en cuanto a la identificación, adquisición, transporte, almacenamiento, manejo y uso de los explosivos, como también la normatividad existente en seguridad y salud en el trabajo relacionada con la actividad.

INSTITUCIÓN/TEMA	MARCO LEGAL
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	Código Sustantivo Del Trabajo. Decreto 1072 De 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Resolución 0312 de 2019. Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Decreto 1496 de 2018. Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química. Resolución 2400 de 1979. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Decreto 2090 de 2003. Por la cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades. Artículo 1 y 2.
GESTIÓN DEL RIESGO	Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de desastres.

INSTITUCIÓN/TEMA	MARCO LEGAL
ALMACENAMIENTO Y USO DE EXPLOSIVOS	Decreto 1886 de 2015 - Por la cual se establece el reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas. Decreto 2222 de 1993 - Por el cual se expide el reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras a cielo abierto.
ADQUISICIÓN DE EXPLOSIVOS	Decreto 2535 de 1993 . Por medio del cual se expiden normas sobre armas, municiones y explosivos. Decreto 1809 de 1994 . Reglamento el decreto 2535 de 1993. Decreto 334 de 2002 - Por el cual se establecen normas en materia de explosivos.
TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS	Decreto 1079 de 2015 . Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte. Decreto 1609 de 2002 . Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Decreto 2535 de 1993 . Por medio del cual se expiden normas sobre armas, municiones y explosivos. Decreto 334 de 2002 . Por el cual se establecen normas en materia de explosivos.
MINENERGIA	Decreto No 035 de 1994 - Disposiciones en materia de seguridad minera, medidas y procedimientos de aplicación. Ley 685 de 2001 - Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
ANM	Resolución 428 de 2013 , términos de referencia para elaborar PTO. Resolución 40599 del 27 de mayo de 2015. Adopta el glosario técnico minero.
ESING	Resolución Rectoral No. 008 de 2012 o Sustituya – Normas para la expedición del certificado de manejo básico y elemental de explosivos en minería y obras civiles.
DCCA	Decreto 2535 de 1993 - Normas sobre armas, municiones y explosivos. Decreto 334 de 2002 – Por la cual se establecen normas en materia de explosivos. Decreto 1070 de 2015 – Por la cual se expide el Decreto único reglamentario del sector administrativo de defensa.
INDUMIL	IM FE GIN IF 021 – Informativo: Aspectos técnicos para el almacenamiento de explosivos. IM FE DVP PR 005 - Procedimiento de destrucción de explosivos comerciales Fichas de características técnicas de los explosivos que fabrica INDUMIL. Fichas de almacenamiento de los explosivos que fabrica INDUMIL Hojas de seguridad de los de los explosivos que fabrica INDUMIL. Instructivos de uso de los explosivos que fabrica INDUMIL.

INSTITUCIÓN /TEMA	MARCO LEGAL
SENA	Norma de competencia laboral F2-015 - Ejecutar voladuras de rocas en minería a cielo abierto con cargue manual de barrenos. Norma de competencia laboral F2-015 - Perforar frentes en explotaciones mineras con equipo manual según diseño establecido Norma de competencia laboral F2-015 - Ejecutar voladura en rocas a cielo abierto con cargue de pozos con agente explosivo.
ICONTEC	NTC 3966. Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 1. Explosivos. Transporte Terrestre por Carretera NTC 1692. Transporte de mercancías peligrosas. Clasificación. Etiquetado y Rotulado. NTC 3966. Transporte de mercancías peligrosas. Clase 1. Explosivos. NTC 4435. Transporte de mercancías. Hojas de Seguridad para materiales. Preparación. NTC 4702-1. Embalajes y Envases para Transporte de Mercancías peligrosas clase 1. Explosivos. NTC 4532. Transporte de mercancías peligrosas, tarjetas de emergencia para transporte de materiales. Elaboración. GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.
NORMAS INTERNACIONALES	NFPA 495 Explosive Materials Code. NFPA 704 National Fire Code. NFPA 497 Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous. NFPA 5000 Building Construction and Safety Code. Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas de las Naciones Unidas - Libro Naranja - Volumen I. Titulo 27 Code of Federal Regulations (CFR), parte 555 - USA. Manual de la OSCE (Organization for Security and Co-operation in Europe) de mejores prácticas sobre munición convencional.

Nota: la anterior reseña sirve como referente normativo y esta sujeto a modificaciones o actualizaciones. Corte: agosto 01 de 2019.



4

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA

El presente marco legal aporta las bases normativas y legales vigentes de las instituciones y temas en cuanto a la identificación, adquisición, transporte, almacenamiento, manejo y uso de los explosivos, como también la normatividad existente en seguridad y salud en el trabajo relacionada con la actividad.

Se presenta de forma general, la clasificación de los explosivos y accesorios de voladura utilizados en labores bajo tierra y a cielo abierto y su clasificación según el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de Productos Químicos – SGA de la Organización de las Naciones Unidas

4.1. Clasificación de los explosivos por sensibilidad

Los explosivos pueden clasificarse principalmente por naturaleza, sensibilidad y utilización. (Ver **IM FE GIN IF 021** – Informativo: Aspectos técnicos para el almacenamiento de explosivos. INDUMIL).

A continuación, se identificarán los explosivos por sensibilidad:

Agentes de Voladura (No Sensibles a detonador No.8)

1. ANFO
2. INDUGEL AV 800
3. EMULIND-B (BOMBEABLE)
4. EMULIND-S
5. EMULSIÓN

Explosivos (Sensibles a detonador No.8)

1. MULTIPLICADOR PENTOFEX Y M/N/BOOSTER
2. INDUGEL PLUS AP EXPLOSIVO TIPO HIDROGEL
3. INDUGEL PLUS PM (PERMISIBLE) TIPO HIDROGEL
4. SISMIGEL PLUS EXPLOSIVO TIPO SISMICO
5. PRECORTE

4.2. Clasificación de los accesorios de voladura

Por otra parte, para hacer una buena identificación de los explosivos, se debe conocer los diferentes accesorios de voladura para el uso de los mismos:



Imagen 1. Cordón Detonante
Fuente: Indumil

1. CORDÓN DETONANTE
2. MECHA DE SEGURIDAD
3. CÁPSULA INELECTRICA
4. DETONADOR COMUN
5. DETONADORES ELECTRICOS
6. DETONADORES SISMOGRAFICOS
7. DETONADOR EXEL MS
8. DETONADOR EXEL LP
9. DETONADOR EXEL HANDIDET
10. DETONADOR EXELCONECTADET
11. DETONANTE EXEL MS CONNECTOR
12. DETONADOR PERMISIBLE
13. DETONADOR ELECTRONICO
14. FULMINANTES

4.1.3 Identificación de materiales explosivos según el SGA.

Conforme al Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de Productos Químicos – SGA de la Organización de las Naciones Unidas, sexta edición (2015). En el aparte 2. Establece los peligros físicos. Capítulo 2. Explosivos.

Clases de peligro y categorías de peligro*	Elementos de la etiqueta NUEVO**		
Explosivos • Explosivos inestables • Explosivos divisiones 1.1 a 1.3 Sustancias/mezclas que reaccionan espontáneamente, tipo A, B Peróxidos orgánicos, tipos A, B		H200 H201, H202, H203 H240, H241 H240, H241	Peligro
Explosivos, división 1.4		H204	Atención

Imagen 2. Pictograma SGA.
Fuente: SGA.

4.1.3.1 Clases de Explosivos:

En el SGA aparte 2. Peligros Físicos. Capítulo 2. Explosivos establece la clasificación de los explosivos.

- a) Sustancias y mezclas explosivas.
- b) Los objetos explosivos, excepto los artefactos que contengan sustancias explosivas en cantidad o de naturaleza tales que su inflamación o cebado por inadvertencia o por accidente no implique ninguna manifestación exterior en el artefacto que podría traducirse en una proyección, un incendio, o un desprendimiento de humo o calor ruido fuerte.
- c) Las sustancias, mezclas y objetos no mencionados en los apartados a) y b) fabricados con el fin de producir un efecto práctico explosivo o pirotécnico.²



Esquema 1. Procedimiento de decisión para clasificar una sustancia, mezcla u objeto en la clase de explosivo. Fuente: SGA Sexta Edición revisada 2015.

² Tomado de SGA sexta edición, Naciones Unidas, 2015. Capítulo 2.

Recomendaciones para el uso de sustancias explosivas:

- Disponer de la información de las principales características fisicoquímicas y toxicológicas del inventario de sustancias peligrosas que disponga en sus procesos productivos.
- Identificar la población ocupacionalmente expuesta a la exposición de sustancias químicas peligrosas.
- Definir los siguientes aspectos: metodología de evaluación, estimación inicial, métodos simplificados cualitativos para las sustancias químicas peligrosas.
- Los métodos simplificados permiten, de una manera simple, rápida y barata, estimar el riesgo químico de un puesto de trabajo en concreto, ofreciendo unas conclusiones muy sencillas de interpretar y determinando si es necesario seguir con el estudio básico o, por el contrario, el riesgo es aceptable y fácilmente controlable siguiendo los principios básicos de la prevención.
- Los métodos más utilizados son el método **“Coshh Essentials” del HSE (Health and Safety Executive) y el método del INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)**.³

³ Tomado página web: <http://riskquim.insht.es:86/riskquim/CB/default.asp>

5

SEGURIDAD EN EL USO Y MANEJO DE LOS EXPLOSIVOS

El uso de explosivos se considera un trabajo de alto riesgo conforme al Decreto 2090 de 2003, así como los trabajos en minería en socavones o labores subterráneas. Si bien su índice de frecuencia en relación con otros tipos de accidentes es menor, el índice de gravedad es mucho mayor. Generalmente conlleva consecuencias muy graves que no solamente afectan al trabajador, sino también a las demás personas, equipos e instalaciones que le rodean.⁴ Dado lo anterior, es muy importante conocer aspectos de seguridad y salud en el trabajo, riesgos y peligros y, medidas de seguridad, asociadas con la manipulación de las sustancias explosivas.

5.1 ¿Qué es la Seguridad y Salud en el Trabajo?

Es la disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores.



Imagen 3. Trabajadores Mineros Fuente: Google.

El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo permite mejorar los procedimientos relacionados con el uso y manejo de explosivos, disminuyendo las estadísticas de accidentalidad y enfermedades laborales causadas por su manejo. En la Resolución 0312 de 2019 del Mintrabajo se definen los estándares mínimos a ser aplicados en el SG-SST.

⁴ Tomado de Revista Minera No.128, fecha 9 de noviembre de 2017.

5.1.1 ¿Por qué debo aplicar la Seguridad y Salud En El Trabajo en labores bajo tierra y a cielo abierto con el uso y manejo de explosivos?

"Según estadísticas, en el ámbito mundial los accidentes con explosivos se producen mayormente por actos inseguros de los operarios, que por condiciones inseguras. La inexperiencia o negligencia por un lado y el exceso de confianza por el otro han mostrado ser motivo del 80 a 90% de los accidentes".⁵



Imagen 4. Manipulación y cuidado en el manejo de sustancias explosivas.
Fuente: Indumil.

La Resolución 2400 de 1979, título VII capítulos I, II se establecen las recomendaciones para el manejo y transporte de los explosivos, artículos 235 al 242.

Para voladuras a cielo abierto, el uso de explosivos sin protocolos de seguridad y procedimientos de trabajo seguros que contemplen controles para el error humano "POKA-YOKE" podrán ocasionar un accidente de trabajo permitiendo un suceso imprevisto y repentino, que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca al trabajador consecuencias incalculables, una lesión orgánica o perturbación funcional permanente o pasajera, y que no haya sido provocada deliberadamente o por culpa de la víctima, debido a los riesgos que se pueden presentar como proyección de fragmentos volantes, vibraciones y onda de concusión, con fatalidades a los trabajadores o partes interesadas o afectaciones a la propiedad.

Según el Decreto 2222 de 1993 Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto en su capítulo II. Explosivos, artículo 35. Define que la compra, transporte, almacenamiento, manejo y empleo de los explosivos en labores mineros deberá cumplir con la reglamentación establecida por las autoridades competentes en materia de seguridad.

⁵ Tomado de Revista Minera No.128, fecha 9 de noviembre de 2017.



Imagen 5. Voladura a cielo abierto. Fuente: Google.

Las voladuras subterráneas en el marco de labores mineras o para túneles en general, puede acumular o presentar cantidades de gases con características nocivas para la salud al ser inhaladas principalmente, las cuales pueden ocasionar una situación o acto con alta potencialidad de causar daño en la salud de los trabajadores, en el medio ambiente, el funcionamiento de los equipos o en las instalaciones.

Para labores de minería subterránea el Decreto 1886 de 2015 Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas en su capítulo VI. Explosivos. Establece las disposiciones de transporte y almacenamiento, manejo y uso de explosivos, para minas grisutuosas y pulvurentas.



Imagen 6. Voladura Bajo tierra. Fuente: Google.

5.2 Peligros y factores de riesgo relacionados con el manejo de explosivos.

En las labores bajo tierra y a cielo abierto la identificación de los peligros y valoración de riesgos la deberá realizar el empleador con la participación de la empresa.

Los factores de riesgo en las voladuras se presentan cuando confluye una amenaza con una vulnerabilidad, siendo en este caso, los factores que amenazan la estabilidad del explosivo, que pueden hacer que éste detone accidentalmente o por otra parte puede ser la misma acción del explosivo en una voladura bajo tierra o a cielo abierto, la que ocasione afectaciones en el entorno.

Los riesgos presentes cuando se utilizan los explosivos en Minería, y en las obras de Ingeniería, no presentan diferencias significativas, puesto que las técnicas de voladura son similares, el tipo de explosivo puede ser el mismo y los sistemas de iniciación del explosivo de la misma manera, la diferencia radica únicamente en el aprovechamiento del material rocoso que se fragmenta, donde la minería lo aprovecha comercialmente, mientras en las obras de Ingeniería se dispone en los lugares adecuados.



Imagen 7. Peligros Bajo tierra. Fuente: Google

El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de Productos Químicos – SGA de la Organización de las Naciones Unidas, utiliza el término de clasificación de peligro para indicar que solo se consideran propiedades intrínsecas peligrosas de las sustancias o mezclas.

5.2.1 Clasificación de los peligros según el SGA:

- Identificación de los datos relevantes sobre peligros de una sustancia o mezcla.
- Examen ulterior de esos datos para identificar los peligros asociados a la sustancia o mezcla.
- Decisión sobre si la sustancia o mezcla se clasificará como peligrosa y determinación de su grado de peligrosidad.

5.2.2 Factores de riesgo en voladuras bajo tierra y a cielo abierto

A continuación, se relacionan los principales factores de riesgos que se presentan en las voladuras bajo tierra y a cielo abierto.

Factor de Riesgo	Descripción
Barreno prematuro	Detonación previa de uno o más barrenos, de manera accidental.
Barreno retardado	Falla del iniciador o explosivo, quedan restos de sustancia que deben eliminarse posteriormente.
Barreno soplado	Barreno que salió o detonó sin fragmentar la roca, ni dejar restos .
Detonación Imprevista	Los explosivos son muy seguros, se inician o activan con los detonadores, pero pueden detonar por factores externos (térmicos o mecánicos), que se constituyan como amenaza para la estabilidad del explosivo, provocando su detonación por simpatía o inducción.
Detonación por simpatía	Detonación de otros <i>barrenos u otros explosivos</i> , por la acción de un explosivo (donor), que los alcanza iniciar debido a su corta distancia.
Reacción de los explosivos	Reacción de los explosivos por calor o chispa, fricción o contacto, dada su sensibilidad al calor o impacto .
Exceso de confianza	Actitud de excesiva confianza en la manipulación de los explosivos , que lleva a obviar elementos esenciales de cuidado.
Actos inseguros de los operarios	Es la confluencia de una vulnerabilidad con una amenaza, necesariamente, lo cual puede considerarse como un fenómeno del ambiente de trabajo o acción que pueda causar un daño o pérdida a un individuo, un bien o al medio ambiente, y cuya probabilidad de ocurrencia depende del control que se tenga del factor vulnerable y la amenaza existente .

Factor de Riesgo	Descripción
Proyección	Proyección de fragmentos volantes, vibraciones y onda de concusión.
Desplomes y el gaseamiento	Desplomes y el gaseamiento por los humos de la explosión.
Empleo de equipos de carga con aire comprimido	El empleo de equipos de carga con aire comprimido y manguera para el ANFO, debido a que el rozamiento puede originar cargas electrostáticas, lo suficientemente activas, como para hacer estallar prematuramente al fulminante.
En superficie el tránsito de vehículos y personas sobre las líneas de cordón detonante Exceso de carga explosiva, falta de taco, roca muy suelta o fisurada.	Sobre las líneas de cordón detonante y accesorios de disparo, aún sin llegar al extremo de una explosión. Para labores a cielo abierto cuando existe exceso de carga explosiva, falta de taco, roca muy suelta o fisurada, burden irregular o muy corto, fallas geológicas u oquedades encubiertas hacen mayor el riesgo de accidentes.
Regresar al sitio muy pronto. Descarga Eléctrica	Después de una voladura regresar al sitio muy pronto, sin desgasificar ni asegurar el área. ⁶ Las descargaras eléctricas son capaces de activar un detonador eléctrico, sea que este se encuentre conectado o no.

5.3 Medidas de seguridad para las voladuras bajo tierra y a cielo abierto.

Dado que las condiciones de riesgos pueden ser las mismas tanto en Minería como en obras de Ingeniería civil, las medidas de seguridad para el manejo de explosivos pueden ser homologables; de esta manera, se deben implementar sin distinción del carácter del oficio, lo relevante es que se estén empleando explosivos y ante esto se deben aplicar unas medidas de intervención.

El Decreto 1886 de 2015. Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Título VI. Explosivos, en sus artículos 162 y 163 establece las acciones a seguir antes de iniciar la voladura y las acciones preliminares a la voladura.

Por otra parte, en el Decreto 2222 de 1993. Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto. Capítulo IV. Uso de explosivos en tierra se establecen los lineamientos para efectuarse las voladuras, el manejo y utilización de los explosivos y demás elementos de ignición, empleos de accesorios de voladuras, recomendaciones al personal de la perforación y voladura y prohibiciones.

⁶ Tomado de <https://www.aimecuador.org/documentos/capacitacion/presentaciones-varios/12-manejo-explosivos-subterranea/file.html>, Presentación seguridad en el manejo de explosivos. Autor: Byron Andrade.

⁶ Tomado de Revista Seguridad Minera n°128.



*Imagen 8. Reglamentación Minera. Manejo de explosivos
Fuente: Guía de operación para pequeña minería Sonami*

5.3.1 Medidas De Seguridad Preventivas

A continuación, se dan una serie de medidas de seguridad para prevenir incidentes o accidentes, e incluso la muerte, con el manejo de sustancias explosivas:

- No realice actos negligentes o inseguros con materiales explosivos.
- Fomente la cultura del autocuidado en los trabajadores.
- Implemente la señalización de carácter preventivo en las zonas de las voladuras y magazines.
- Realice capacitación a los trabajadores de los peligros de las sustancias explosivas.
- Utilice herramientas anti chispa.
- Establezca un procedimiento de almacenamiento de sustancias explosivas.
- Realice capacitación a los trabajadores acerca del correcto uso de los elementos de protección personal en el manejo de explosivos.
- Diseñe y prepare las mallas de perforación y voladura con métodos técnicos.
- Elabore de protocolos de seguridad y procedimientos seguros para el manejo de explosivos.

- Capacite a los trabajadores sobre los procedimientos de utilización de explosivos, antes de iniciar sus actividades.
- Realice la supervisión de las voladuras a través del personal competente y certificado.
- No deje material explosivo sobrante dentro de la zona de trabajo y después de la carga de los barrenos.
- No fume cuando manipule o transporte explosivos.
- No manipule explosivos ni realice voladuras cuando haya tormentas eléctricas.
- Disponga de un sistema de alarma o sistema de aviso para cuando se realice las voladuras en minería a cielo abierto.



Imagen 9. Medidas Preventivas.

Fuente: Guía de operación para pequeña minería Sonami

5.3.1.1 Recomendaciones en el manejo de los barrenos y las voladuras

- El personal designado para transportar almacenar o manejar explosivos, debe estar entrenado y contar con el "certificado de idoneidad para el manejo de explosivos" expedido por una Unidad de Ingenieros Militares, además de esto, consultar en internet con la Escuela de Ingenieros Militares (Esing/ certificación explosivos), la legalidad y vigencia de dichos certificados.
- Solo utilice explosivos y accesorios de voladura proveídos por la Industria Militar INDUMIL (consulte el Artículo 223 de la Constitución Nacional), los cuales además están bajo el control permanente del Departamento Control Comercio de Armas DCCA desde Bogotá y en cada Seccional del país.

- Utilice herramientas y elementos certificados para el manejo de explosivos, evitando los elementos defectuosos o que no son adecuados para tal fin.
- Las personas que transportan, almacenan y manipulan los explosivos, debe ser consciente de las consecuencias de los errores u omisiones en las medidas de seguridad con los explosivos.
- Contar con personal capacitado y especializado para que quien dirige y tiene a cargo el conjunto de actividades de transporte, almacenamiento y manejo de los explosivos, sea el responsable del diseño de los esquemas de voladuras y la implementación de las medidas de seguridad pertinentes.
- A nivel empresa, diseñe e implemente planes de capacitación en el manejo de explosivos para el personal que transporta almacena y maneja los mismos.
- Defina medidas de intervención para reducir y mitigar los riesgos en el área o sector donde se encuentren los explosivos, teniendo en cuenta las políticas de Gestión del Riesgo (Ley 1523 de 2012).
- Tenga un mapa de señalización preventiva informativa y restrictiva, en la zona donde se manejan los explosivos y que deba ser acatada por los diferentes actores dentro de la empresa.
- Realice un correcto planeamiento de la voladura, en el cual se deba seleccionar el explosivo más indicado para la tarea que va a realizar, utilizando la técnica de cebado de cargas y amarre de la voladura más conveniente y segura, de manera que no se vea abocado a utilizar amarres diferentes a los establecidos en los manuales evitando de esta manera tener voladuras fallidas.
- Utilice sistemas de iniciación y detonadores que ofrezcan mayor flexibilidad y seguridad en la voladura, en el caso de los sistemas no eléctricos éstos eliminan el riesgo de una detonación prematuras causadas por energías de radiofrecuencia o electricidad extraña, corrientes peregrinas, dónde claramente existe la preocupación de una detonación prematura.
- Tenga a la mano elementos de prueba y diagnóstico de corriente eléctrica, continuidad en el cable, conductividad y demás, con esto evita que se presente el corte de la voladura por causa de falta de continuidad, deficiencias en el voltaje o amperaje que exige el detonador.
- Nunca altere la composición envase o presentación original en que vienen los explosivos, al hacerlo, está modificando las propiedades del explosivo establecidas por la Industria Militar INDUMIL, por ejemplo, el diámetro crítico.

- Cuando utilice detonadores eléctricos o electrónicos, utilice galvanómetro, ohmímetro o multímetro, para revisar la continuidad del circuito y niveles de energía, no utilice elementos medidores comunes, puesto que estos no son precisos y pueden presentar algún tipo de error.
- Siempre que utilice cable eléctrico, es decir que el inicio de la voladura sea eléctrico o electrónico, cerciórese que las baterías estén generando el voltaje y amperaje que exigen los detonadores, igualmente cuente con baterías de repuesto para el caso de alguna eventualidad. Así mismo, evite tener las baterías en contacto directo con el suelo puesto que ellas se pueden descargar y al momento de la voladura el voltaje o amperaje se ha visto modificado.
- No utilice cables defectuosos remendados, con el material de cobre a la vista o que tenga algún tipo de debilitamiento en la conducción, estos van a restar la cantidad de corriente que pasa a través del cable y finalmente llegan al detonador disminuidos en su voltaje o amperaje.
- Antes de la voladura y de iniciar la perforación, revise el frente de explotación con el objetivo de verificar la presencia de materiales explosivos no detonados.
- Todo barreno será del tamaño apropiado para que los cartuchos puedan colocarse en el fondo del barreno sin forzarlo.
- No se deberán cargar barrenos próximos a las líneas de fuerza.
- Se deberán confinar los explosivos en el barreno por medio del taco, con materiales que opongan resistencia a la repentina liberación de gases (arena, detritos, arcilla u otro material).
- No se podrá perforar en zonas donde se sospeche presencia de restos de materiales explosivos o en áreas donde existan evidencia de barrenos no quemados de voladuras anteriores.
- No utilice empaque de materiales explosivos parcialmente usados.
- Almacene los explosivos en su empaque original.
- No utilice material explosivo cuando no esté certificado para tal fin, si recibe instrucciones de hacerlo y desconoce los procedimientos de manipulación y uso bajo la norma de seguridad, infórmelo a su supervisor y absténgase de manipular explosivos.
- No combata incendios donde materiales explosivos estén involucrados. Aléjese a un área segura, invitando a otras personas a despejar el sector en riesgo.

- No ponga explosivos en el interior de su ropa, ni los exponga al sol.
- Las empresas deben aplicar procedimientos de trabajo seguro para los procesos que impliquen el uso, manipulación o almacenamiento de explosivos y la correspondiente formación y divulgación a los trabajadores.
- La rotación del material explosivo es importante al igual que las distancias entre los puntos de resguardo.
- Es importante tener en cuenta las compatibilidades entre agentes de voladura, explosivos y accesorios explosivos de iniciación descritas en la IM FE GIN IF 021.⁷



Imagen 10. Medidas Preventivas
 Fuente: Guía de operación para pequeña minería Sonami

5.3.2 Medidas de Seguridad en Depósitos o Magazines (Polvorines)

La Resolución 2400 de 1979, en el título VII capítulo III establece las medidas de seguridad y el manejo de los locales destinados a polvorines, artículos 244 al 253.

Por su parte el Decreto 2222 de 1993 establece en su artículo 36 que los polvorines o magazines deberán ubicarse y construirse teniendo en cuenta las cantidades máximas de explosivos y elementos de ignición que se van a almacenar de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas impartidas por la industria militar Indumil.

⁷ Tomado de cartilla para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso de explosivos y accesorios de voladura en minería- ANM.



Imagen 11. Medidas Preventivas.
Fuente: Guía de operación para pequeña minería Sonami

De igual forma, el Decreto 1886 de 2015 en el capítulo III, artículos 124 al 137 establece como realizar el almacenamiento de explosivos y accesorios definiendo los tipos de magazines o polvorines, ubicación y construcción, señalización y prohibiciones.

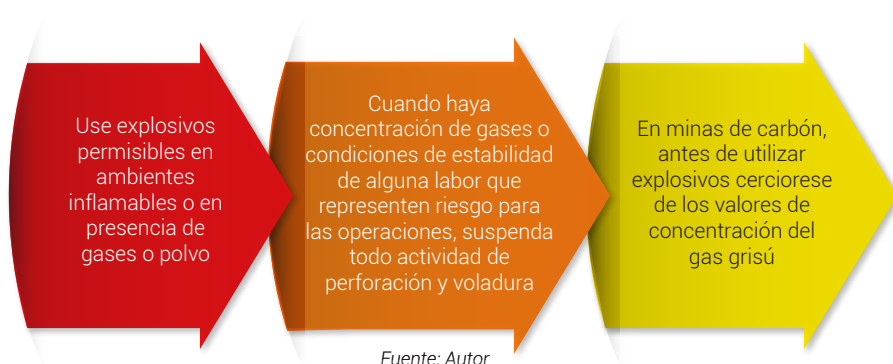
Algunas recomendaciones de seguridad para los magazines:

- Los explosivos se almacenarán de forma que se pueda dar salida a los productos más antiguos, ya que de esta manera es más difícil que caduquen.
- Utilice estibas de madera o material no conductor de energía, como base para apilar las cajas de material explosivo.
- Para evitar aplastamiento, la máxima altura de almacenamiento será de 1,6 metros (8 cajas INDUMIL).
- Los explosivos y los detonadores se almacenarán en nichos diferentes. Es obligatorio diligenciar un libro de registro en el que se llevará, al día, las entradas, salidas y existencias del polvorín.
- Dentro del magazine está terminantemente prohibido fumar, llevar aparatos que produzcan llama desnuda y sustancias inflamables.
- No se podrán guardar en una misma sección distintos tipos de explosivos como: indugeles, mechas de seguridad, fulminantes comunes y eléctricos.
- No se podrá almacenar en los magazines cables metálicos, pedazos de rieles, herramientas metálicas o cualquier objeto metálico que pueda ocasionar explosiones por impacto o fricción.

- Se prohíbe almacenar en los magazines material diferente a los explosivos tales como: pinturas, maderas, basuras, o cualquier otro elemento.
- Cada magazine debe estar provisto de avisos de peligro en un radio no menor de 10 m, esta zona se conservará libre de hierbas, basuras retal de madera, papeles u otros materiales.
- En un radio de 50 m de los accesos al magazine, no se pueden almacenar materiales inflamables.
- Queda prohibido realizar trabajos que produzcan chispas o llamas.
- Se deben poner extintores en el interior y exterior del magazine.
- El propietario de la mina, debe garantizar que el magazine tenga las condiciones ambientales, manteniéndose en buenas condiciones de temperatura, humedad y velocidad del aire.
- No utilice las cajas de los explosivos como escalones, ni para apoyarse o sentarse en las mismas.⁸

5.4. Buenas Prácticas para disminuir el nivel del riesgo

Para labores bajo tierra, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:



Fuente: Autor

⁸ Tomado de cartilla para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso de explosivos y accesorios de voladura en minería- ANM.

De otra parte, para labores a cielo abierto se debe tener en cuenta lo siguiente:



5.5. Análisis y gestión del riesgo

El análisis y gestión del riesgo, es un instrumento de vital importancia que prevé la ley 1523 de 2012, tiene como finalidad el planeamiento e implementación de medidas de intervención (planes, programas y políticas), encaminadas a eliminar o reducir los riesgos y a mitigar cualquier impacto que genere el uso de los explosivos en el entorno o zona de influencia.

Es necesario hacer un análisis de las condiciones de riesgo y su posterior diseño e implementación de medidas de intervención con el uso y manejo de los explosivos, mediante el siguiente proceso:



6

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EXPLOSIVOS

Los explosivos, como sustancia química estable y segura, tiene unas propiedades específicas para cada referencia, las cuales pueden variar al paso del tiempo, en particular la Industria Militar INDUMIL garantiza al usuario esas propiedades durante su primer año, es decir que tienen una fecha de vencimiento que, de ser cumplida sin haber sido utilizados, éstos deben ser dispuestos y destruidos.

La destrucción de explosivos, según su naturaleza, se efectuará utilizando algunos de los siguientes procedimientos, previa autorización de la Autoridad Fiscalizadora.

Por combustión: Esto solo se puede hacer con los explosivos cuyo punto de combustión no alcanza el de la detonación por sensibilidad al calor.

Por detonación: La iniciación provocada y controlada.

Por disolución: Los nitro carbonitratos (ANFO, SANFO y similares), se pueden eliminar disolviéndolos en agua (sistema químico).



*Imagen 12. Destrucción Explosivos.
Fuente: Google.*

OBLIGACIÓN DEL USUARIO: En los casos que el material explosivo se encuentre vencido, en mal estado o no se pueda realizar su disposición final, el usuario deberá informar a la Autoridad Fiscalizadora y tendrá la responsabilidad de dirigirse a la INDUSTRIA MILITAR, donde se evaluará el estado del material, para hacer su debido acompañamiento y seguimiento para su debida destrucción.

Pasos:

1. Mediante comunicación escrita, solicitar a la INDUSTRIA MILITAR, la disposición final de los explosivos, en la cual se debe especificar:
 - Tipo de material a destruir.
 - Cantidad de material a destruir.
 - Ubicación específica del material a destruir (in situ o en fabrica).
2. La INDUSTRIA MILITAR, realizará una inspección previa para verificar el material y lugar de la disposición final, informando posteriormente los costos que genera dicha labor mediante una cotización formal. En caso de aprobarse, se aplicará los procedimientos establecidos por la INDUSTRIA MILITAR.
3. La disposición final de los explosivos se realizará una vez se cumplan lo una o varias de las siguientes condiciones:
 - Pérdida de su caducidad.
 - Son inseguros.
 - El usuario declara cierre de la mina o proyecto, suspensión o cancelación de operaciones.
 - Condición de abandono del material explosivo que se encuentre custodiado en las instalaciones de las UNIDADES MILITARES. En estos casos, se deberá, realizar un comunicado ante la INDUSTRIA MILITAR.

NOTA 1: La INDUSTRIA MILITAR podrá coordinar con las Unidades Militares, el acompañamiento en los eventos que requieran realizar disposición final del material explosivo, siempre y cuando las jurisdicciones cuenten con el personal profesional calificado para dicha actividad.

NOTA 2: El DCCA, es responsable de verificar las cargas de explosivo suministrado a los usuarios, garantizando el control de existencia de material explosivo almacenado vencido, así mismo deberá informar a la INDUSTRIA MILITAR, para proceder con la disposición final.

NOTA 3: Todos los gastos que se generen para la disposición final (transporte, escolta militar, mano de obra calificada, destrucción, entre otros), serán asumidos por el usuario.

NOTA 4: La empresa o titular minero debe controlar el acceso a este tipo de inventarios, y asegurar la disposición final de los explosivos sobrantes del inventario por vencimiento.



Recuerde que la "Prevención y la Seguridad es de todos", si usted es un trabajador, empresario o titular minero, deberá conocer los peligros que están asociados al uso y manejo de las sustancias explosivas y, por lo tanto, debe establecer procedimientos o protocolos de seguridad en cuanto a su manejo, cumpliendo con lo establecido en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.



7.1 Decretos y Leyes:

- **Ley 1523 de 2012.** Por la cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de desastres.
- **Decreto 1886 de 2015.** Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.
- **Decreto 2222 de 1993.** Reglamento de Higiene y Seguridad en Labores Mineras a Cielo Abierto.
- **Decreto 1072 de 2015.** Único reglamentario del sector del trabajo.
- **Decreto 1496 de 2018.** Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.
- **Decreto 2090 de 2003.** Por la cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades. Artículo 1 y 2.

7.2 Resoluciones:

- **Resolución 40599 del 27 de mayo de 2015.** Adopta el glosario técnico minero. Agencia Nacional De Minería.
- **Resolución 2400 de 1979.** Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

7.3 Guías y Cartillas:

- Guía del Explosivista Fexar Indumil.
- Catálogo de explosivos INDUMIL.
- Cartilla para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso de explosivos y accesorios de voladura en minería Agencia Nacional De Minería.
- Guía de adquisición de explosivos y accesorios de voladura Ministerio de la Protección Social.
- **IM FE GIN IF 021.** Informativo: Aspectos técnicos para el almacenamiento de explosivos. INDUMIL.

7.4 Libros:

- **MANUAL DEL ESPECIALISTA EN VOLADURA.** ISEE 17ª Edición. International Society of explosives Engineers Cleveland, Ohio. USA.
- **EMPLEO DE LOS EXPLOSIVOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL Y MILITAR,** Escuela de Ingenieros Militares ESING. Santafé de Bogotá D.C, 1992.
- **EMPLEO DE LOS EXPLOSIVOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL Y MILITAR,** II Edición. Escuela de Ingenieros Militares ESING. Santafé de Bogotá D.C, 1996.
- **MANUAL DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS.** Carlos López Jimeno. Madrid 2003.

7.5 Documentos:

- **SEGURIDAD EN EL USO DE EXPLOSIVOS.** PUBLICADO POR EXSA S.A. LIMA – PERÚ. Quinta Edición 2009.

7.6 Referencias Web:

- <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/riesgos-vinculados-al-uso-de-explosivos-en-actividades-mineras/>
- <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/uso-seguro-de-explosivos/>
- Sensibilidad de un explosivo (Minería) © <https://glosarios.servidor-alicante.com>
- <https://www.indumil.gov.co/wp-content/uploads/2016/02/Productos-Fexar.pdf>
- <https://ingeoexpert.com/mineria-cielo-abierto/?v=42983b05e2f2>
- <https://www.aimecuador.org/documentos/capitacion/presentaciones-varios/12-manejo-explosivos-subteranea/file.html>
- <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/5.Manejo-Explosivos.pdf>
- https://issuu.com/jonathanbarrios/docs/guia_sobre_el_procedimiento_de_seguro
- https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/SymbolsOfHazard_ES.htm
- <http://riskquim.insht.es:86/riskquim/CB/default.asp>
- www.itescam.edu.mx/principal/docentes/formatos/1795_55.pdf



GUÍA TÉCNICA DE SEGURIDAD PARA EL USO Y MANEJO DE EXPLOSIVOS EN VOLADURAS BAJO TIERRA Y A CIELO ABIERTO

ISBN: 978-958-52378-0-3



República de Colombia - Derechos reservados.

Bogotá D.C, agosto de 2019.