



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGIA Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD EN EL MANIPULEO DE  
EXPLOSIVOS EN LA ACTIVIDAD MINERA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO**

**Para optar el título profesional de:  
INGENIERO DE MINAS**

**Presentado por:**

**Bach. LEYVA PAJUELO, GIOVANA CECILIA**

**Asesor:**

**MSc. Ing. SOTELO MONTES, JAVIER**

**HUARAZ, 2015**

---

---

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo incondicional y desinteresado.

---

---

## **RESUMEN**

Este trabajo monográfico fue elaborado partiendo de las experiencias adquiridas durante mi periodo de prácticas profesionales en la empresa EXSA S.A dedicada a la fabricación y comercialización de explosivos de uso civil. Durante mis prácticas en la planta industrial observé todo el proceso de fabricación de explosivos en los cuales se exigen el cumplimiento estricto de los protocolos, normas internas y el cumplimiento de la normativa legal vigente en seguridad y salud en el trabajo. Para solidificar mis conocimientos en cuanto a la seguridad industrial en voladura realice visitas a los diferentes servicios de voladura que brinda la empresa en mención donde participe de auditorías internas en seguridad y salud en el trabajo con auditores líder en OHSAS 18001.

El presente trabajo lleva el propósito del aprendizaje y difusión de las buenas prácticas en la manipulación de explosivos durante los trabajos de voladura siendo esta actividad considerada de alto riesgo y conocer las normas legales que regulan dicha actividad con la finalidad de evitar la ocurrencia de accidentes e incidentes, para lo cual es necesario conocer conceptos básicos de voladura y seguridad

industrial, en el presente trabajo se describe de forma clara y precisa dichos conceptos.

Finalmente debo especial agradecimiento a mis mentores: Harold Álvarez, Erika Soria, Luis Portocarrero y Martín Mendoza; que con su gran pericia en el área de fabricación de explosivos y servicio de voladura me orientaron a adquirir nuevos conocimientos a través de la teoría y la práctica en campo para finalmente solidificar mis conocimientos en temas de seguridad industrial y operaciones mineras en voladura y a mis padres que con su apoyo moral y económico me permiten seguir adelante en mi formación profesional.

Palabras clave: Seguridad, Manipuleo de Explosivos, Actividad Minera, Normas Legales, Peligro y Riesgo.

**La Bachiller.**

## **INDICE**

<b>PORTADA.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>III - IV</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>V -VII</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>VIII – X</b>

### **CAPITULO I: SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

1.1. Generalidades.....	11
1.2. Definiciones.....	16
1.3. Normas Legales.....	18
1.3.1. Leg. N° 728.....	18
1.3.2. Ley N° 29783.....	19
1.3.3. Decreto Supremo N° 005-2012 TR.....	22
1.3.4. Decreto Supremo N° 055-2010-EM24.....	24
1.4. Seguridad y Salud en el Trabajo.....	29

1.4.1. Como disciplina técnica.....	29
1.4.2. Servicios de Medicina del Trabajo e Higiene y Seguridad en el Trabajo.....	31
1.4.3. Accidente de Trabajo.....	40

## **CAPITULO II: EXPLOSIVOS**

2.1. Antecedentes.....	47
2.2. Definición.....	48
2.3. Tipos de reacción en función de la cinética física.....	49
2.3.1. Combustión.....	50
2.3.2. Deflagración.....	50
2.3.3. Detonación.....	50
2.4. Clasificación de explosivos.....	53
2.4.1. Los explosivos químicos.....	54
2.4.2. Explosivos industriales rompedores.....	55

## **CAPITULO III: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA MANIPULACION DE EXPLOSIVOS.**

3.1. Generalidades.....	68
3.2. Características generales de los explosivos.....	70
3.3. Normas y aspectos generales.....	73
3.4. Uso de explosivos comerciales.....	75
3.4.1. Transporte de explosivos y detonadores.....	76
3.4.2. Almacenaje de explosivos.....	77
3.4.3. Manipulación de explosivos.....	80
3.5. Aplicación de explosivos.....	84

3.6. Evaluación de la voladura, seguridad.....	88
3.7. Tratamiento de fallas.....	91
3.8. Destrucción de explosivos.....	92
3.9. Gases y polvo.....	93
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>98</b>
Bibliografía Basica.....	98
Bibliografía Citada.....	99
Bibliografía Consultada.....	100
Bibliografía No Consultada.....	100
<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>
Anexo N° 01: Cuadro de compatibilidad de explosivos para el traslado o almacenamiento en conjunto.....	102
Anexo N° 02: Seguridad en el uso de explosivos.....	103



## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo monografico se circunscribió al análisis y la evaluación de las normas de seguridad durante la manipulación de explosivos en las actividades de voladura en minería y el rol que ejecuta la Superintendencia nacional de control de servicios de seguridad, armas, municiones y explosivos de uso civil (SUCAMEC) como órgano de control y fiscalización de estas actividades.

Para tal fin, se cotejaron las normativas legales vigentes en la manipulación de explosivos; decreto supremo N° 019-71/ IN y decreto supremo N° 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería.

Además, se evaluaron aquellas normativas internas: Estándares y procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS) que implementan las empresas dedicadas a los servicios de voladura para optimizar la gestión en seguridad y salud en el trabajo.

Por último, se analizó y se evaluó el rol que cumple la Superintendencia nacional de control de servicios de seguridad, armas, municiones y explosivos de uso civil (SUCAMEC) en cuanto a su función como órgano de control y fiscalización de estas actividades.

Para tal fin, se han tenido que responder los siguientes interrogantes:

- a. ¿Cuáles son las normas de seguridad que se implementan conforme a las exigencias de las normas legales vigentes en nuestro país en la actualidad?
- b. ¿Existen políticas de seguridad ante la existencia de accidentes e incidentes por parte de la empresa?
- c. ¿Nuestro país cuenta con normas legales que regulan esta actividad en forma específica?
- d. ¿Cuáles son las medidas de control que se establecen para prevenir la ocurrencia de accidente e incidentes?

El trabajo monografico consta de 3 capitulos:

En el capitulo I, se definen los conceptos de seguridad y salud en el trabajo de acuerdo a la normativa legal vigente, las consideraciones que deben seguir los empleadores para la implementación del sistema de gestión en seguridad y las obligaciones que tienen que cumplir estrictamente los colaboradores en la actividad de manipulación de explosivos.

En el capitulo II, se define el concepto de explosivos usados en la actividad minera: voladura de rocas de acuerdo a las bibliografías existentes y al decreto supremo N° 019-71/ IN, la importancia de conocer las características de estos materiales peligrosos nivel 1: explosivos; influye en las medidas de seguridad que se deban de cumplir para su uso respectivo.

En el capitulo III, se describen las medidas de seguridad en la manipulación de los explosivos, ya teniendo pleno conocimiento y entendimiento de las propiedades y

características de éstos se describen las consideraciones que se deben de cumplir durante la manipulación de los mismos durante las actividades de voladura en las operaciones mineras: Traslado de explosivos a la malla de voladura y polvorin, carguio y primado de taladros, amarre de la malla de voladura e iniciación, las mismas que estan cosideradas en el decreto supremo N° 019-71/ IN (Art° 45 - 48) y el decreto supremo N° 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería (Art° 253-256).

Los métodos lógicos de investigación utilizados son el analítico-sintético, es analítico pues se descompuso el fenómeno de estudio en sus partes, sintético pues de dichas partes nuevamente partimos hacia el todo para generar conocimientos generales, así como las conclusiones.

La técnica de investigación empleada es la descriptiva pues en base a la revisión de la literatura se compilo de manera sistemática las diversas fuentes primarias, secundarias y terciarias. Por último, los procedimientos empleados para la elaboración del presente trabajo son el digitalizado y manual.

**La Bachiller.**

## **CAPITULO I**

### **SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

#### **1.1.- Generalidades.**

Con la finalidad de ser más ilustrativo y de lograr un fin pedagógico antes de abocarme a desarrollar la presente investigación, será necesario conocer lo siguiente:

Que este trabajo se centralizó en el estudio de las normas de seguridad en cuanto a la manipulación de material explosivo que implementan las empresas privadas dedicadas a la exploración y explotación minera, no se evaluó las normas de seguridad que utilizan las personas físicas y los organismos estatales.

Que se entiende por control de material explosivo, al sistema de leyes, reglamentos y disposiciones que regulan a este tipo de material, tanto en su almacenamiento, transporte, como así también el empleo por parte de personas de existencia visible y las empresas que manipulan

este tipo de material y que comprenden todas las regulaciones legales o reglamentarias relacionadas con su uso y comercio.

Que se circunscribió en el material explosivo y sus accesorios de voladuras conocidos comercialmente como de uso civil, se excluyó todo lo específico de las sustancias explosivas y materiales afines utilizadas por las Fuerzas Armadas y de Seguridad, incluyendo, lo específico a material pirotécnico.

Y por último, solamente se analizaron y se evaluaron las normas de seguridad en cuanto a la manipulación del material explosivo; no se analizó lo específico a las operaciones de almacenamiento, transporte, guarda, destrucción y fabricación de este material.

Asimismo es necesario comprender el concepto de seguridad, que por su parte, el profesor Emilio Arias Zeballos, define como:

“(...) un estado de hondo contenido subjetivo, que nos hace sentir adecuadamente exentos de riesgos reales, o potenciales, dentro de un marco de lógico equilibrio psíquico (...)”.

De esta definición se puede extraer la interpretación del estado de seguridad, frente a un mismo riesgo, el cual es individual y diferente en cada individuo. En efecto, ante un mismo objeto, el opinar sobre las medidas de seguridad o de protección a adoptar por distintas personas, probablemente, viertan opiniones diferentes y si tuvieran que expedirse sobre previsiones a adoptar sobre riesgos a que están expuestos y las medidas de previsión que adoptarán las mismas serían disímiles.

Al respecto, cabe citar lo expresado por Manuel Sánchez Gómez Merelo, en su trabajo de “Manual para el Director de Seguridad” donde sostiene lo siguiente:

“(...) no hay que olvidar que el termino seguridad no posee sentido concreto, por la extensión de su contenido, y tan solo expresa en su conjunto el concepto cualitativo y totalmente abstracto de seguro. En esta líneas las definiciones de los diccionarios tampoco permiten

profundizar al respecto; así, en el diccionario de la Real Academia Española se puede leer en: Seguridad “..., calidad de seguro,..”; y siguiendo con la investigación, en Seguro “..., libre de todo peligro, daño o riesgo,...”. Por lo tanto, la seguridad puede definirse como “cantidad de exención de todo peligro, daño o riesgo”. No obstante, la situación tampoco así queda tan clara, ni tan definida como permite el idioma español. Pero volviendo a la palabra y, sobre todo, al concepto de seguridad, habría que destacar que, el idioma español, en comparación con otros idiomas, presenta un importante variedad de términos que permiten definitivamente diferenciar correctamente los matices e inconcreciones de un concepto genérico e inexpressivo por sí mismo, como la seguridad. Es, por tanto, en este sentido como se justifica que hablemos de seguridades o lo que es lo mismo, de cada seguridad con apellido.

Esas seguridades que el hombre busca constituyen la necesidad primaria y vital a la que venimos refiriéndonos desde el inicio de este planeamiento. Esas seguridades han de ser definidas y apellidadas simplemente concretando el objeto de dicha seguridad y precisando el objeto de la protección. Así, por ejemplo, para definir un área de la seguridad, en primer lugar, determinaremos su apellido u origen: seguridad contra el atraco, seguridad contra el robo, seguridad contra incendios, seguridad contra manipulación, seguridad contra accidentes eléctricos, seguridad contra accidentes y caídas, etc.

Si seguimos profundizando, completando y detallando su denominación y concreción, el siguiente paso será añadir el sujeto paciente, o lo que es lo mismo, el área de actividad o el objeto de la protección. Así, siguiendo los ejemplos de los casos anteriores, se definiría y concretaría más indicando: seguridad contra atraco en entidades bancarias, seguridad contra robo en establecimientos comerciales, seguridad contra incendios en centro sanitarios, seguridad contra la manipulación en programas informáticos, seguridad contra accidentes y caídas en viviendas, etc.

Si queremos seguir en la profundización y en la concreción, el siguiente paso será añadir el ámbito o localización, o lo que es lo mismo, el lugar en el que el objeto de la protección se sitúa. Así se definiría y concentraría más la situación indicando: seguridad contra atraco en entidades bancarias situadas en áreas urbanas, seguridad contra el robo en establecimientos comerciales de peletería, seguridad contra incendios en centro geriátricos, seguridad contra la manipulación de programas informáticos, etc (...).<sup>1</sup>

Por lo expuesto precedentemente, en esta investigación se evaluaron las diferentes normas de seguridad en cuanto manipulación de material explosivo que implementan las empresas privadas dedicadas a la exploración y explotación minera en nuestro país en la última década, para tal fin se dividió en dos etapas:

La primera se centró en el análisis de las diferentes normas de seguridad en cuanto manipuleo de material explosivo exigidas por la norma legal vigente por parte de las distintas empresas privadas dedicadas a estas tareas, y además, si tales empresas han instrumentado otros procedimientos internos para suplir algunas deficiencias o bien para optimizar sus servicios. También, se evaluaron los programas de capacitación y de provisión de equipo de protección para el personal que realiza esta actividad.

En la mismas, se evaluaron las diferentes causales de los accidentes que han ocurridos en esta actividad y se realizó un seguimiento a través de los medios de comunicación social con la finalidad de individualizar la existencia de diferentes hechos delictivos que demuestren la negligencia o impericia o imprudencia o inobservancia de los procedimientos por parte de estas empresas al dejar abandonadas las cargas explosivas sin explotar y de los accidentes que han sufrido su personal al ejecutar estas tareas.

---

<sup>1</sup> SANCHEZ GOMEZ MERELO Manuel, "Manual para el Director de Seguridad", primera edición, Editorial Estudios técnicos, Madrid 2008, p.21.

Desde hace varias décadas se emplea el material explosivo como una herramienta de trabajo. En su comienzo se lo utilizó para voladuras de rocas empezando a ponerse en práctica a comienzo del siglo XVII. En Alemania se introdujo la pólvora en la minería, donde se había venido utilizando el método de rotura por concentración. Este procedimiento consistía en un calentamiento y subsiguiente riego de agua, produciendo tensiones en la roca con la aparición de fisura en su estructura. Con maza, punterolas y cuñas se conseguía después su rotura. Fue precisamente en la mina de Nasa en Suecia en donde se estandarizó la pólvora como una herramienta de rotura. En la actualidad, el material explosivo es empleado en demolición de banco (piedras, tierras), de obras de artes (puentes, túneles, chimeneas, edificios, etc.), en minas, en exploración y explotación petrolera y demás actividades que permitan economizar costos y tiempo.

Es necesario destacar, que el Decreto Supremo número 019-71/IN Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil tiene por objeto dictar las disposiciones referentes al control de la importación, fabricación, exportación, manipulación, almacenaje, adquisición, posesión, transporte, comercio, uso y destrucción de explosivos a fin de proteger la producción industrial; reducir al mínimo los riesgos inherentes a que están expuestas las personas y la propiedad; y prevenir la posibilidad de su empleo con fines delictuosos.<sup>2</sup>

Es necesario destacar, que cuando utilizamos el término “manipulación” ¿A qué tipo de operación con material explosivo nos referimos?, queda claro que se entiende, por manipulación a todo acto de operar con las manos o con cualquier instrumento una cosa, en este caso un material explosivo; asimismo, hemos utilizado el término “empleo” como sinónimo de manipulación y abocándonos a evaluar únicamente las medidas de seguridad descrita en los artículos números 45° al 58° de la presente norma legal.

---

<sup>2</sup> Decreto Supremo 019-71/IN, Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil.

Por último, antes de abocarnos al tema específico de la investigación es necesario conocer los términos más utilizados en la prevención de los riesgos laborales que se circunscriben en:

### **1.2.- Definiciones.<sup>3</sup>**

1.2.1.- Peligro: Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente.

1.2.2.-Riesgo: Probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente.

1.2.3.-Riesgo Laboral: Probabilidad de que la exposición a un factor o proceso peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión.

1.2.4.-Incidente: Suceso acaecido en el curso del trabajo o en relación con el trabajo, en el que la persona afectada no sufre lesiones corporales, o en el que éstas sólo requieren cuidados de primeros auxilios.

1.2.5.-Incidente Peligroso: Todo suceso potencialmente riesgoso que pudiera causar lesiones o enfermedades a las personas en su trabajo o a la población.

1.2.6.-Accidente de Trabajo (AT): Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo.

Según su gravedad, los accidentes de trabajo con lesiones personales pueden ser:

a) Accidente Leve: Suceso cuya lesión, resultado de la evaluación médica, que genera en el accidentado un descanso breve con retorno máximo al día siguiente a sus labores habituales.

---

<sup>3</sup> Decreto Supremo 005-2012-TR, "Reglamento de seguridad y salud".

b) Accidente Incapacitante: suceso cuya lesión, resultado de la evaluación médica, da lugar a descanso, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadísticos, no se tomará en cuenta el día de ocurrido el de trabajo pueden ser:

**Total Temporal:** cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación.

**Parcial Permanente:** cuando la lesión genera la pérdida parcial de un miembro u órgano o de las funciones del mismo.

**Total Permanente:** cuando la lesión genera la pérdida anatómica o funcional total de un miembro u órgano; o de las funciones del mismo. Se considera a partir de la pérdida del dedo meñique.

c) Accidente Mortal: Suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador. Para efectos estadísticos debe considerarse la fecha del deceso.

1.2.7.- Condiciones de salud: Son el conjunto de variables objetivas de orden fisiológico, psicológico y sociocultural que determinan el perfil sociodemográfico y de morbilidad de la población trabajadora.

1.2.8.- Control de riesgos: Es el proceso de toma de decisiones basadas en la información obtenida en la evaluación de riesgos. Se orienta a reducir los riesgos a través de la propuesta de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.

1.2.9.- Cultura de seguridad o cultura de prevención: Conjunto de valores, principios y normas de comportamiento y conocimiento respecto a la prevención de riesgos en el trabajo que comparten los miembros de una organización.

1.2.10.- Salud Ocupacional: Rama de la Salud Pública que tiene como finalidad promover y mantener el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en

todas las ocupaciones; prevenir todo daño a la salud causado por las condiciones de trabajo y por los factores de riesgo; y adecuar el trabajo al trabajador, atendiendo a sus aptitudes y capacidades.

1.2.11.- Seguridad: Son todas aquellas acciones y actividades que permiten al trabajador laborar en condiciones de no agresión tanto ambientales como personales para preservar su salud y conservar los recursos humanos y materiales.

1.2.12.- Lesión: Alteración física u orgánica que afecta a una persona como consecuencia de un accidente de trabajo o enfermedad ocupacional.

### **1.3. Normas legales.**

#### **1.3.1.- Ley de productividad y competitividad laboral. - Texto Único Ordenado del Dec.**

Leg. N° 728:

Al referirme a las condiciones de trabajo " (...) la actividad económica es de ordinario fruto del trabajo asociado de los hombres, por ello es injusto e inhumano organizarlo y regularlo con daño de algunos trabajadores. Es, sin embargo, demasiado frecuente también hoy día que los trabajadores resulten en cierto sentido esclavos de su propio trabajo. Lo cual de ningún modo está justificado por las llamadas leyes económicas. El conjunto del proceso de producción debe, pues, ajustarse a las necesidades de la persona y a la manera de vida de cada uno en particular, de su vida familiar, principalmente por lo que toca a las madres de familia, teniendo en cuenta el sexo y la edad. Ofrézcase, además a los trabajadores la posibilidad de desarrollar sus cualidades y su personalidad en el ámbito mismo del trabajo (...)"<sup>4</sup>

Por su parte, la norma que regula las relaciones laborales entre empleado y empleador, en su artículo 75 determina expresamente que el empleador debe adoptar las medidas necesarias para resguardar la integridad psicofísica de los trabajadores, según el tipo de trabajo, lo que la

---

<sup>4</sup> LIVELLARA, Carlos A., "Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo", primera edición, Editorial Astrea, Buenos Aires 1987, p. 05.

experiencia y la técnica indiquen en cada caso, pero debiendo observar las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes sobre higiene y seguridad del trabajo.

Esta obligación, que pesa sobre el empleador, de resguardar la vida e integridad psicofísica del trabajador, es el deber de seguridad y no deriva del contrato de trabajo mismo, sino que es una obligación legal (impuesta por la ley).

El deber de seguridad obliga al empleador a:

- 1) Observar las pautas y limitaciones a la duración del trabajo, lo que se traduce en el cumplimiento de las normas referidas el trabajo diario, semanal y con el descanso entre jornadas y los descansos semanales y anuales.
- 2) Poner en marcha las medidas que según el tipo de trabajo, la experiencia y la técnica, sean óptimas para proteger la salud psicofísica del trabajador.

Cabe destacar, que la selección del personal para cubrir un puesto laboral vacante deberá adecuarse al perfil profesional y las características psicofísicas del postulante. También, se deberá realizar un seguimiento del trabajador en su puesto y verificar a través de exámenes médicos periódicos si se presentan alteraciones psicofísicas en él, las que de presentarse motivarán la modificación en el puesto y el tratamiento de la afección presentada.

- 3) Cumplir las disposiciones sobre higiene y seguridad en el trabajo.

Tales disposiciones serán vitales a fin de evitar el daño en la salud de los trabajadores con el consecuente perjuicio en el proceso productivo de bienes y/o servicios y la asunción de elevados costos financieros directos e indirectos.

### **1.3.2.- Ley N° 29783, Ley de seguridad y salud en el trabajo<sup>5</sup>:**

Esta ley (ley N° 29783) tiene como objetivo:

---

<sup>5</sup> Ley N° 29783, Ley de seguridad y Salud en el Trabajo

Promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

Por su parte, los empleadores, los trabajadores están obligados a adoptar las medidas legalmente concretas de cumplir previstas para prevenir eficazmente los riesgos del trabajo, dichas partes deben asumir compromisos con las normas sobre seguridad y salud en el trabajo.

El empleador garantiza, en el centro de trabajo, el establecimiento de los medios y condiciones que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, y de aquellos que, no teniendo vínculo laboral, prestan servicios o se encuentran dentro del ámbito del centro de labores. Debe considerar factores sociales, laborales y biológicos, diferenciados en función del sexo, incorporando la dimensión de género en la evaluación y prevención de los riesgos en la salud laboral.

En su artículo 49° describe las obligaciones de empleador:

- a) Garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en el desempeño de todos los aspectos relacionados con su labor, en el centro de trabajo o con ocasión del mismo.
- b) Desarrollar acciones permanentes con el fin de perfeccionar los niveles de protección existentes.
- c) Identificar las modificaciones que puedan darse en las condiciones de trabajo y disponer lo necesario para la adopción de medidas de prevención de los riesgos laborales.
- d) Practicar exámenes médicos antes, durante y al término de la relación laboral a los trabajadores, acordes con los riesgos a los que están expuestos en sus labores, a cargo del empleador.

- e) Garantizar que las elecciones de los representantes de los trabajadores se realicen a través de las organizaciones sindicales; y en su defecto, a través de elecciones democráticas de los trabajadores.
- f) Garantizar el real y efectivo trabajo del comité paritario de seguridad y salud en el trabajo, asignando los recursos necesarios.
- g) Garantizar, oportuna y apropiadamente, capacitación y entrenamiento en seguridad y salud en el centro y puesto de trabajo o función específica, tal como se señala a continuación:
  1. Al momento de la contratación, cualquiera sea la modalidad o duración.
  2. Durante el desempeño de la labor.
  3. Cuando se produzcan cambios en la función o puesto de trabajo o en la tecnología.

En su Artículo 79° describe las obligaciones del trabajador en materia de prevención de riesgos laborales, los trabajadores tienen las siguientes obligaciones:

- a) Cumplir con las normas, reglamentos e instrucciones de los programas de seguridad y salud en el trabajo.
- b) Usar adecuadamente los instrumentos y materiales de trabajo, así como los equipos de protección personal y colectiva, siempre y cuando hayan sido previamente informados y capacitados sobre su uso.
- c) No operar o manipular equipos, maquinarias, herramientas u otros elementos para los cuales no hayan sido autorizados.
- d) Cooperar y participar en el proceso de investigación de los accidentes de trabajo y de las enfermedades ocupacionales cuando la autoridad competente lo requiera o cuando, a su parecer, los datos que conocen ayuden al esclarecimiento de las causas que los originaron.
- e) Someterse a los exámenes médicos a que estén obligados por norma expresa, siempre y cuando se garantice la confidencialidad del acto médico.

- f) Participar en los organismos paritarios, en los programas de capacitación y otras actividades destinadas a prevenir los riesgos laborales que organice su empleador o la autoridad administrativa de trabajo, dentro de la jornada de trabajo.
- g) Comunicar al empleador todo evento o situación que ponga o pueda poner en riesgo su seguridad y salud o las instalaciones físicas, debiendo adoptar inmediatamente, de ser posible, las medidas correctivas del caso sin que genere sanción de ningún tipo.
- h) Reportar a los representantes o delegados de seguridad, de forma inmediata, la ocurrencia de cualquier incidente, accidente de trabajo o enfermedad profesional.
- i) Responder e informar con veracidad a las instancias públicas que se lo requieran, caso contrario es considerado falta grave sin perjuicio de la denuncia penal correspondiente.

### **1.3.3. Decreto Supremo N° 005-2012-TR:**

Describe los siguientes objetivos generales, a saber<sup>6</sup>:

- 1) Proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores.
- 2) Prevenir, reducir los riesgos de los distintos puestos de trabajo.

Para ello se deberá actuar sobre la fuente riesgosa, en segundo lugar sobre el medio que se propaga y por último sobre el agente receptor, es decir, el trabajador expuesto al riesgo.

- 3) Estimular el desarrollo de una conciencia colectiva tendiente a prevenir los accidentes y enfermedades derivadas del trabajo. Mediante la capacitación los trabajadores podrán alcanzar un nivel de conocimiento que permitirá realizar una prevención efectiva.

En su artículo 26° señala las principales obligaciones del empleador:

- a) Garantizar que la seguridad y salud en el trabajo sea una responsabilidad conocida y aceptada en todos los niveles de la organización.
- b) Definir y comunicar a todos los trabajadores, cuál es el departamento o área que identifica, evalúa o controla los peligros y riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

---

<sup>6</sup> Decreto Supremo 005-2012-TR.

- c) Disponer de una supervisión efectiva, según sea necesario, para asegurar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.
- d) Promover la cooperación y la comunicación entre el personal, incluidos los trabajadores, sus representantes y las organizaciones sindicales, a fin de aplicar los elementos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en la organización en forma eficiente.
- e) Cumplir los principios de los Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo señalados en el artículo 18° de la Ley y en los programas voluntarios sobre seguridad y salud en el trabajo que adopte el empleador.
- f) Establecer, aplicar y evaluar una política y un programa en materia de seguridad y salud en el trabajo con objetivos medibles y trazables.
- g) Adoptar disposiciones efectivas para identificar y eliminar los peligros y los riesgos relacionados con el trabajo y promover la seguridad y salud en el trabajo.
- h) Establecer los programas de prevención y promoción de la salud y el sistema de monitoreo de su cumplimiento.
- i) Asegurar la adopción de medidas efectivas que garanticen la plena participación de los trabajadores y de sus representantes en la ejecución de la Política de Seguridad y Salud en el Trabajo y en los Comités de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- j) Proporcionar los recursos adecuados para garantizar que las personas responsables de la seguridad y salud en el trabajo, incluido el Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo o el Supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo, puedan cumplir los planes y programas preventivos establecidos.

Principales obligaciones del trabajador:

- a) A cumplir con las normas y con las recomendaciones que se le formulen, referentes a las obligaciones de uso, conservación y cuidado del equipo de protección personal y de los propios de las maquinarias, operaciones y procesos de trabajo.

- b) La provisión de elementos de protección personal —que es obligación del empleador— deberá quedar plasmada en el legajo personal del trabajador, donde se consignará en un recibo firmado por el dependiente, la recepción de los distintos elementos de protección personal, obviamente teniendo en cuenta el tipo de tarea que se desarrolla a las órdenes del empleador. Los elementos de protección personal deben ser producidos por empresas que se encuentren inscriptas en el Ministerio de Trabajo, debiéndose cumplir con las reglas referidas a la utilización de materiales, tiempo de vida útil, y fundamentalmente a través de la información, haciéndole saber al trabajador la importancia de su utilización.

“(…) Además, si el trabajador no utiliza los elementos de protección personal, el empleador está en condiciones de aplicar sanciones disciplinarias, ya que del incumplimiento de una obligación legal, surge la posibilidad de que el empleador, haciendo uso de las facultades que le confiere la ley, ya que es él quien dirige el contrato, sancione el incumplimiento por parte del trabajador. A partir de la entrega, el trabajador está obligado a su utilización, conservación y su almacenamiento en los lugares previamente previstos a tal efecto (...)”<sup>7</sup>

- c) A someterse a los exámenes médicos preventivos o periódicos y cumplir con las prescripciones e indicaciones que a tal efecto se le formulen.
- d) A cuidar los avisos y carteles que indiquen medidas de seguridad y salud; y observar sus prescripciones.
- e) Colaborar en la organización de programas de formación y educación en materia de higiene y seguridad y asistir a los cursos que se dicten durante las horas labor.

#### **1.3.4. Decreto Supremo N° 055-2010-EM:**

En sus artículos 38 y 39 señala las principales obligaciones de los supervisores:

---

<sup>7</sup> ROMUALDI, Emilio Elías y Otros, “Teoría y Práctica del Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social”, primera edición, Editorial Lexi Nexi, Buenos Aires 2006, p. 256.

- a) Verificar que los trabajadores cumplan con el presente reglamento y con los reglamentos internos.
- b) Tomar toda precaución para proteger a los trabajadores, verificando y analizando que se haya dado cumplimiento a la Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC) realizada por los trabajadores en su área de trabajo, a fin de eliminar o minimizar los riesgos.
- c) Instruir y verificar que los trabajadores conozcan y cumplan con los estándares y PETS y usen adecuadamente el equipo de protección personal apropiado para cada tarea.
- d) Informar a los trabajadores acerca de los peligros en el lugar de trabajo.
- e) Investigar aquellas situaciones que un trabajador o un miembro del Comité de Seguridad consideren que son peligrosas.
- f) Verificar que los trabajadores usen máquinas con las guardas de protección colocadas en su lugar.
- g) Instruir y verificar que los trabajadores conozcan y cumplan con los estándares y PETS y usen adecuadamente el equipo de protección personal apropiado para cada tarea.
- h) Actuar inmediatamente frente a cualquier peligro que sea informado en el lugar de trabajo.
- i) Ser responsable por su seguridad y la de los trabajadores que laboran en el área a su mando.
- j) Facilitar los primeros auxilios y la evacuación del(os) trabajador(es) lesionado(s) o que esté(n) en peligro.
- k) Verificar que se cumplan los procedimientos de bloqueo de las maquinarias que se encuentren en mantenimiento.
- l) Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminado o minimizado dichas situaciones riesgosas.

- m) Imponer la presencia permanente de un supervisor (ingeniero o técnico) en las labores mineras de alto riesgo, de acuerdo a la evaluación de riesgos.

En sus artículos 40 al 43 señala el derecho de los trabajadores:

- a) Solicitar al Comité de Seguridad y Salud Ocupacional que efectúe inspecciones e investigaciones, cuando las condiciones de seguridad lo ameriten. Asimismo, solicitar a dicho Comité el cumplimiento de cualquiera de las disposiciones del presente reglamento. Esta petición deberá estar suscrita por los representantes de los trabajadores ante el Comité de Seguridad y Salud Ocupacional. En caso de no ser atendida en forma reiterada, podrán presentar una queja ante la autoridad minera.
- b) Conocer los peligros y riesgos existentes en el lugar de trabajo que puedan afectar su salud o seguridad a través del IPERC y de la información proporcionada por el supervisor (ingeniero o técnico).
- c) Obtener del Comité de Seguridad y Salud Ocupacional o de la autoridad minera, información relativa a su seguridad o salud, a través de sus representantes.
- d) Retirarse de cualquier área de trabajo al detectar un peligro de alto riesgo que atente contra su seguridad o salud, dando aviso inmediato a sus superiores.
- e) Elegir a los representantes de los trabajadores ante el Comité de Seguridad y Salud Ocupacional, mediante elección universal, secreta y directa. No podrán ser elegidos los supervisores o quienes realicen labores similares.

En sus artículos 44 al 49 señala las obligaciones de los trabajadores

- a) Cumplir con los estándares, PETS y prácticas de trabajo seguro establecidos dentro del sistema de gestión de seguridad y salud.
- b) Ser responsables por su seguridad personal y la de sus compañeros de trabajo.

- c) No manipular u operar máquinas, válvulas, tuberías, conductores eléctricos, si no se encuentran capacitados y no hayan sido debidamente autorizados.
- d) Reportar de forma inmediata cualquier incidente o accidente.
- e) Participar en la investigación de los incidentes y accidentes.
- f) Utilizar correctamente las máquinas, equipos, herramientas y unidades de transporte.
- g) No ingresar al trabajo bajo la influencia de alcohol ni de drogas, ni introducir dichos productos a estos lugares. En caso se evidencie el uso de dichas sustancias en uno o más trabajadores, el titular minero realizará un examen toxicológico y/o de alcoholemia.
- h) Cumplir estrictamente las instrucciones y reglamentos internos de seguridad establecidos.
- i) Participar obligatoriamente en toda capacitación programada.

En nuestro país, las operaciones con material explosivo que ejecutan las empresa privadas dedicadas a la exploración y explotación minera dan cumplimiento a las normas de seguridad descritas en el DECRETO SUPREMO N° 019-71/IN Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil, Decreto Supremo N° 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería, Decreto Supremo 005-2012-TR Reglamento de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el trabajo; resulta de vital importancia que tanto el empleador como el empleado cumplan con tales requisitos en pos del bienestar de ambos, en dichos documentos se describen las normas de seguridad y salud que deben cumplirse indefectiblemente.

Por su parte el D.S. 055-2010-EM en su artículo 243° señala Para el empleo de explosivos, accesorios y agentes de voladura en la actividad minera, los titulares mineros deberán contar con el Certificado de Operación Minera (COM) vigente cuando sean considerados usuarios

permanentes y con la opinión favorable de la autoridad minera competente en caso de ser considerados usuarios eventuales, a fin de inscribirse en la Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil (SUCAMEC).

Es de destacar, "...que toda empresa que ejecuta estas operaciones dan estricto cumplimiento a las normas seguridad descritas en el DECRETO SUPREMO N° 019-71/IN, en el mismo se citan los diferentes procedimientos, a saber, que los que manipulen sustancias explosivas estarán provistas de ropas de trabajo y elementos de protección personal adecuados al riesgo a prevenir. Y deberán cumplir con lo siguiente:

Serán de uso obligatorio con indicaciones concretas y claras sobre forma y tiempo de utilización.

- a) Se evitará el uso de ropa de lana o de fibra sintética que pueda ser generador de electricidad estática.
- b) Al abandonar el local en que sea obligatorio su uso, por cualquier motivo, el trabajador deberá quitarse toda ropa de trabajo y elemento de protección personal.
- c) Se conservarán en buen estado y se lavarán con la frecuencia necesaria, según el riesgo.
- d) Cuando exista riesgo de exposición a sustancias irritantes, tóxicas o infectantes, estará prohibido introducir, preparar o consumir alimentos, bebidas y tabaco. Los trabajadores expuestos, serán instruidos sobre la necesidad de un cuidadoso lavado de manos, cara y ojos, antes de ingerir alimentos, bebidas o fumar y al abandonar sus lugares de trabajo, para ello dispondrán dentro de la jornada laboral de un período lo suficientemente amplio como para efectuar la higiene personal sin dificultades...".<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> DECRETO SUPREMO N° 019-71/IN Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil, Art. 45°

## **1.4. Seguridad y Salud en el Trabajo.**

### **1.4.1. Como disciplina técnica.**

La concepción de Seguridad y Salud en el Trabajo a través del tiempo ha ido evolucionando en la misma forma en que se han producido cambios en las condiciones y circunstancias en que el trabajo se desarrollaba. Así, "...durante mucho tiempo, el único objetivo de la protección de los trabajadores en caso de accidentes o enfermedades profesional, consistió en la reparación del daño causado y de aquí parte precisamente, la relación histórica con otra disciplina prevencionista, la Medicina del Trabajo, en la que la seguridad tuvo su origen, al señalar aquella, la necesidad de ésta como ideal de prevención primaria de los accidentes de trabajo.

Posteriormente, sin olvidar la reparación del daño, se pasó de la medicina a la seguridad, es decir, a ocuparse de evitar el siniestro, lo que hoy en día se ha perfeccionado con la prevención del riesgo laboral. No se trata por consiguiente ya de evitar el siniestro y reparar sus consecuencias en lo posible, sino de que no se den, o reduzcan al mínimo posible, las causas que pueden dar lugar a los siniestros..."<sup>9</sup>

Por otra parte, "...la Salud en el trabajo definida por la American Industrial Hygienist Association (AIHA) como la "ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanadas o provocadas por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de una comunidad", también definida como la "técnica no médica de prevención de las enfermedades profesionales, que actúa sobre el ambiente y las condiciones de trabajo", basa su

---

<sup>9</sup> GIMENO FERNANDEZ, J A., "Perspectivas y Tendencias en la Seguridad del Trabajo", Madrid 1983, Salud y Trabajo Nro 39.

actuación igualmente sobre la aplicación de los conocimientos de ingeniería a la mejora de las condiciones medioambientales del trabajo.

En la definición dada hemos visto cómo se encuentran incluidos los objetivos básicos de la misma: el “reconocimiento”, la “evaluación” y el “control” de los factores ambientales del trabajo, funciones que pasan necesariamente por el estudio del proceso de trabajo y por la adopción de las soluciones técnicas para reducir el ambiente de trabajo a condiciones higiénicas.

Las siguientes definiciones permiten establecer la relación existente entre ambas técnicas preventivas:

- a) Seguridad del Trabajo: conjunto de procedimientos y recursos técnicos aplicados a la eficaz prevención y protección frente a los accidentes.
- b) Salud en el Trabajo: conjunto de procedimientos y recursos técnicos aplicados a la eficaz prevención frente a las enfermedades del trabajo.

Cabe citar, a Idalberto Chiavenato, el cual en su trabajo “Administración de los Recursos Humanos”, en el apartado específico a la “Seguridad y Salud del Trabajo” sostiene “(...) que la salud en el trabajo se refiere a un conjunto de normas y procedimientos tendiente a la protección de la integridad física y mental del trabajador, preservándolo de los riesgos de la salud inherente a las tareas del cargo y al ambiente físico donde se ejecutan. La Salud en el trabajo está relacionada con el diagnóstico y la prevención de enfermedades ocupacionales a partir del estudio y el control de dos variables: el hombre y su ambiente de trabajo. Para este autor la seguridad del trabajo comprende al conjunto de medidas técnicas, educacionales, médicas y psicológicas empleadas para prevenir accidentes, tendientes a eliminar las condiciones inseguras del ambiente, y a instruir o convencer a las personas acerca de la necesidad de implementación de prácticas preventivas. Toda empresa debe implementar un programa partiendo del principio de que la prevención de

accidentes se alcanza mediante la aplicación de medidas de seguridad adecuadas y que sólo pueden ser bien aplicadas por medio de un trabajo de equipo. De manera estricta, la seguridad es una responsabilidad de línea y una función de staff. En otras palabras, cada jefe es responsable de los asuntos de seguridad de su área, aunque exista en la organización un organismo de seguridad para asesorará todas las jefaturas con relación a este asunto (...).<sup>10</sup>

En síntesis, la Seguridad y Salud en el Trabajo comprende las normas técnicas y las medidas sanitarias de tutela o de cualquier otra índole que tenga por objeto:

- 1) Eliminar o reducir los riesgos de los distintos centros de trabajo.
- 2) Estimular y desarrollar en los trabajadores una aptitud positiva y constructiva respecto a la prevención de los accidentes y enfermedades profesionales que pueden derivarse de su actividad profesional.
- 3) Lograr, individual y colectivamente, un óptimo estado sanitario (...).<sup>11</sup>

#### **1.4.2. Servicios de Medicina del Trabajo e Higiene y Seguridad en el Trabajo.**

“... Toda empresa dedica a la exploración y explotación minera en nuestro país cuenta con los siguientes servicios:

##### **1.4.2.1. Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo:**

“(...) Este servicio tiene como misión fundamental implementar la política fijada por el establecimiento en la materia, tendiente a determinar, promover y mantener adecuadas condiciones ambientales en los lugares de trabajo, propendiendo a proteger la vida,

---

<sup>10</sup> CHIAVENATO IDALBERTO., “Administración de Recursos Humanos”, Primera edición, Editorial Lito Camargo Ltda, Colombia 1998, p. 360.

<sup>11</sup> CORTES DIAZ, José María, “Seguridad e Higiene del Trabajo”, Primera edición, Editorial Tebar S.L., Madrid 2008, p. 39-45.

preservar la integridad psicofísica de los trabajadores, como así también, preservar los bienes materiales.

Por su parte, los empleadores han adoptado los recaudos necesarios para que los responsables de este servicio lleven a cabo, como mínimo, las funciones y tareas que se indican a continuación:

- a) Planificar y organizar las actividades de higiene y seguridad en el trabajo.
- b) Establecer las normas de procedimiento para el transporte de carga en el interior de la mina y del transporte por ferrocarril.
- c) Intervenir en la redacción de los manuales de procedimientos operativos de trabajo y en sus modificaciones o actualizaciones.
- d) Redactar y poner en conocimiento de todos los trabajadores, normas de procedimiento acerca del manejo manual de materiales y elementos de trabajo.
- e) Adoptar las medidas necesarias para controlar la potabilidad del agua de uso humano, a través de la evaluación de los resultados de los análisis bacteriológicos y físico-químicos exigibles por la legislación vigente. Asimismo, deberán controlar la higiene y calidad de los recipientes para transporte del agua de uso humano.
- f) Verificar las condiciones de habitabilidad de las viviendas, relevar las condiciones de higiene de los servicios sanitarios, comedor, proveeduría y controlar la eficacia de los desagües cloacales.
- g) Efectuar el relevamiento y las determinaciones de contaminantes ambientales que fuesen necesarias.
- h) Redactar y poner en conocimiento de todos los trabajadores, las normas de procedimiento para el uso, manipulación y almacenamiento de sustancias peligrosas.

- i) Asesorar en la selección, uso y asignación de los elementos de protección personal, de acuerdo con los riesgos existentes, estableciendo al mismo tiempo requisitos de calidad de dichos elementos.
- j) Efectuar un relevamiento de los dispositivos de seguridad de máquinas y herramientas, llevar un registro escrito del mantenimiento efectuado a los vehículos de transporte, examinar periódicamente los elementos de los equipos de izar y controlar las condiciones operativas de todos los aparatos sometidos a presión interna.
- k) Controlar que la adquisición, el manipuleo y el uso de explosivos, se realice respetando la legislación vigente.
- l) Arbitrar los medios necesarios para que se realice el control efectivo del estado de las fortificaciones y escombreras.
- m) Seleccionar los elementos, medios y equipos contra incendio necesario y adecuado, para cada tipo de riesgo y para hacer frente a las situaciones de emergencia que puedan presentarse.
- n) Mantener un registro de siniestralidad actualizado.
- o) Realizar las investigaciones de los accidentes y enfermedades profesionales ocurridas.
- p) Planificar, organizar y llevar a cabo la capacitación continua en prevención de riesgos, de acuerdo con la naturaleza de los mismos y teniendo en cuenta el tipo de explotación y cada puesto y etapa de trabajo.
- q) Suministrar toda aquella información que le sea requerida por la Superintendencia de Riesgos del Trabajo u otra autoridad competente o la aseguradora de riesgos del trabajo, a fin de poder efectuar las investigaciones de accidentes y enfermedades profesionales. Asimismo debe adoptar los medios necesarios para facilitar las inspecciones o auditorias de los entes mencionados precedentemente.

#### **1.4.2.2. El Servicio de Medicina del Trabajo.**

El mismo se caracteriza por presentar dos variantes: externo o interno, se encuentra dirigido por graduados universitarios especializados en Medicina del Trabajo debidamente habilitados; teniendo como misión promover y mantener el más alto nivel de salud de los trabajadores, para lo cual lleva a cabo las funciones y tareas que se indican seguidamente:

- a) Intervenir en todo lo atinente a su competencia profesional en materia de exámenes de salud.
- b) Intervenir en el área de su competencia, en la realización de los índices de exposición biológica, de acuerdo con el resultado de las determinaciones de contaminantes ambientales del medio ambiente laboral.
- c) Ejecutar acciones de educación sanitaria, socorrismo y vacunación.
- d) Efectuar estudios de ausentismo por morbilidad.
- e) Realizar análisis de los accidentes y enfermedades profesionales en coordinación con el Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- f) Instrumentar los medios necesarios para que el botiquín de primeros auxilios cuente con los medicamentos, sueros y antídotos adecuados, conforme al riesgo específico de la actividad y la zona de explotación.
- g) Verificar las condiciones de higiene del comedor y la cocina y controlar que la dieta sea suficiente, completa, armónica y adecuada.
- h) Evaluar los resultados de los análisis de agua para consumo humano, a fin de prevenir los riesgos a la salud.
- i) Llevar a cabo acciones de capacitación continua, referidas a posibles alteraciones a la salud que puedan ocasionar los riesgos a que estén expuestos, teniendo en cuenta el tipo de explotación y cada puesto y etapa de trabajo.

- j) Capacitar a los trabajadores en primeros auxilios y formar brigadas especializadas.
- k) Suministrar toda aquella información que le sea requerida por la Superintendencia de riesgos del trabajo u otra autoridad competente o la aseguradora de riesgos del trabajo a fin de poder efectuar las investigaciones de accidentes y enfermedades profesionales. Asimismo debe adoptar los medios necesarios para facilitar las inspecciones o auditorias de los entes mencionados precedentemente.

**El empleador:**

Este aplica los criterios de prevención para evitar enfermedades y accidentes del trabajo. A tal fin, en el marco de sus responsabilidades, desarrolla una acción permanente con el fin de mejorar los niveles de seguridad y de protección existentes. Con la intervención, asesoramiento y seguimiento de la aseguradora de riesgos del trabajo a la que este afiliado, debe:

- a) Identificar, evaluar y minimizar los factores de riesgo existentes en su establecimiento.
- b) Controlar los riesgos en sus fuentes.
- c) Llevar a cabo un programa de prevención de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Disponer de un programa para actuar en caso de emergencias.
- e) Proveer los equipos y elementos de protección personal a los trabajadores que se desarrollen tareas en su establecimiento, acorde a los riesgos a que estén expuestos.
- f) Instrumentar las acciones necesarias para que la prevención, la higiene y la seguridad sean actividades integradas a las tareas que cada trabajador desarrolle en la empresa.
- g) Informar y capacitar a los trabajadores acerca de los riesgos relacionados con sus tareas.
- h) Definir las responsabilidades de la línea de supervisión y del personal operativo.
- i) Dar prioridad en el programa preventivo, a las medidas de ingeniería por sobre el uso de elementos de protección personal.

- j) Cumplir con las normas de Higiene y Seguridad en el Trabajo establecidas por la autoridad competente.

Asimismo cuenta con reglamentos internos de "normas de prevención" e informa a la aseguradora de riesgos del trabajo, para que esta los apruebe, siempre y cuando cumpla con las disposiciones vigentes. Además, ha implementado un programa de elaboración de "procedimientos seguros de trabajo" de sus operaciones, dando prioridad a las de mayor riesgo. Estos procedimientos son revisados periódicamente y actualizados cuando corresponda.

Por su parte, está obligado a informar a su personal sobre la política de la empresa en materia de Higiene y Seguridad, los programas respectivos y las instrucciones operativas específicas de su tarea, de manera que conozcan y entiendan los riesgos y las medidas de prevención requeridas.

**Cada trabajador:**

Vela por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de otras personas a las que pueda afectar su actividad. De conformidad con las instrucciones escritas y orales del empleador, se encuentra obligado a:

- a) Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y cualquier otro medio para el desarrollo de su trabajo.
- b) Mantener el orden y limpieza de su lugar de trabajo.
- c) Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empleador y mantenerlos en condiciones higiénicas de uso.
- d) Utilizar los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo.

- e) Informar en forma inmediata a su superior jerárquico o al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que entrañe un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- f) Cooperar con el empleador con el fin de garantizar condiciones de trabajo sin riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- g) Someterse a los exámenes médicos de salud y cumplir con las prescripciones e indicaciones que a tal efecto se le formulen.
- h) Asistir a los cursos de capacitación que le brinde el empleador por sí o por medio de la aseguradora de riesgos del trabajo.

**Comité de Higiene y Seguridad en el Trabajo:**

Tiene los siguientes cometidos:

- a) Cooperar con la empresa en la elaboración y puesta en práctica de los planes y programas de prevención de los riesgos profesionales.
- b) Colaborar con los servicios técnicos y médicos de las actividades específicas, en materia de higiene y seguridad laborales.
- c) Fomentar la participación de los trabajadores en los planes y programas de higiene y seguridad y promover iniciativas sobre métodos y procedimientos para la efectiva prevención de los riesgos profesionales.
- d) Conocer directamente la situación en cuanto a la higiene y seguridad en la actividad específica, mediante visitas a los distintos puestos y lugares de trabajo.
- e) Conocer todos los documentos e informes relativos a las condiciones de trabajo que sean de relevancia para el cumplimiento de sus funciones.

- f) Conocer e informar, antes de su puesta en práctica y en lo referente a su incidencia en la higiene y seguridad del trabajo, acerca de los nuevos métodos de trabajo y las modificaciones en locales e instalaciones.
- g) Investigar los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales ocurridos en la explotación, con el objeto de valorar sus causas y circunstancias y proponer las medidas necesarias para evitar su repetición.
- h) Vigilar y controlar la observancia obligada de las medidas legales y reglamentarias de higiene y seguridad, informando a la empresa de las deficiencias existentes, para que proceda a su corrección.
- i) Informar periódicamente a la dirección de la empresa sobre sus actuaciones.
- j) Estudiar y en su caso resolver las discrepancias entre la empresa y los trabajadores, surgidas como consecuencia de la aplicación de las normas sobre interrupción de trabajos en situación de peligro.
- k) Solicitar la asistencia técnica de los Servicios de Medicina e Higiene y Seguridad en el Trabajo, de las aseguradoras de riesgos del trabajo y/o de los organismos oficiales competentes en la materia, según corresponda.
- l) Acompañar a la inspección del trabajo en ocasión de la fiscalización del establecimiento y tomar conocimiento del acta que labrase.

Este Comité se reúne mensualmente y en algunas oportunidades cuando lo convoque su Presidente por libre iniciativa o a petición fundada de DOS (2) o más de sus miembros. Sus tareas se desarrollan en horario de trabajo. En la convocatoria de cada reunión del Comité se fija el orden de los asuntos a tratar (...)<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> DECRETO SUPREMO 005-2012-TR.

**Exámenes de salud:**

“(…) Los exámenes de salud previstos por la normativa son los siguientes:

- De ingreso
- De adaptación.
- Periódicos.
- Previos a una transferencia de actividad
- Posteriores a una ausencia prolongada
- Previos al retiro del establecimiento

El examen médico e ingreso – pre ocupacional - tiene como propósito asegurar que el postulante reúna las condiciones psicofísicas que su trabajo requerirá, orientándolo hacia tareas que no sean perjudiciales para su salud y estén de acuerdo con sus aptitudes.

Este examen deberá contener como mínimo:

- Examen clínico completo.
- Agudeza visual en ambos ojos.
- Audiometría en los casos de trabajos en ambientes ruidosos.
- Radiografía panorámica de tórax o abreugrafía.
- Reacción de Mantoux.
- Examen de laboratorio: análisis completo de orina.
- Eritrosedimentación.
- Glucemia.
- Azoeinia.
- Reacción Chagas Mazza.
- Hemograma hematocrito.
- Interrogatorio al paciente: datos y antecedentes.

- Actualmente no se puede dejar de lado ciertos estudios médicos, como:
  - Estudio radiográfico de columna —lumbosacra— fundamentalmente en pacientes mayores de 30 años.
  - Electrocardiograma.
  - Prueba de síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida).
  - Test de embarazo.
  - Vacuna antitetánica
  - Examen psicológico, especialmente en trabajadores destinados a tareas de alta exigencia de stress.

Los resultados del examen pre ocupacional serán registrados en fichas y conformarán el legajo del trabajador. Por su parte, el servicio médico emitirá el dictamen de apto o no, en relación con las tareas propuestas y no consignará el diagnóstico de las enfermedades que padeciera el postulante.

El trabajador está obligado a someterse al examen médico pre ocupacional y declarar los antecedentes que le sean solicitados. Aquellos trabajadores a quienes se les encontraren alteraciones de salud serán informados por los médicos acerca de las mismas, debiendo quedar constancia firmada por el trabajador en el legajo personal (ficha clínica).

El servicio médico emitirá el dictamen de apto o en relación con las tareas propuestas y no consignará el diagnóstico de las enfermedades que padeciera el postulante (...)<sup>13</sup>

### **1.4.3. Accidentes de trabajo.**

El Doctor Emilio E Romualdi sostiene “ (...) que el accidente de trabajo es lo que permite establecer su relación con el otro daño específico derivado del trabajo, la enfermedad profesional, ya que ambos tienen la misma causa, los factores ambientales derivados del

---

<sup>13</sup> ROMUALDI, Emilio Elías y otros, Op. cit., p. 253.

trabajo y producen las mismas consecuencias, la lesión, que podrá dar lugar a incapacidad o la muerte del trabajador.

Se considera accidente del trabajo todo hecho que, en la ejecución del trabajo y en ocasión o por consecuencia del mismo, produzca lesiones corporales mediatas e inmediatas, aparentes, o no aparentes, superficiales o profundas. En cuanto a la enfermedad profesional, es el estado patológico consecutivo a la acción reiterada y lenta de los elementos normales del trabajo (...)<sup>14</sup>

En el D.S. 005-2012-TR, en el punto glosarios "Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo". Lo de "repentino" se refiere al hecho de que provoca el accidente, para distinguirlo de lo que llamamos "enfermedad profesional".

El "suceso" se refiere a la tarea que está realizando el trabajador en el momento de producirse el acontecimiento y "en ocasión" a que tales tareas permitieron o facilitaron que el acontecimiento tuviera lugar. Por su parte, el profesional de Higiene y Seguridad puede determinar cuáles son los factores de riesgo que los provocaron, reducirlos e implementar las normas de seguridad adecuadas para cada caso.

Por su parte, el Ingeniero José María Cortes Díaz, afirma "(...) que la Seguridad del Trabajo define al accidente como la concreción o materialización de un riesgo, en "un suceso imprevisto, que interrumpe o interfiere la continuidad del trabajo, que puede suponer un daño para las personas o la propiedad". Desde este punto de vista, también se consideran accidentes los sucesos que no producen daños para las personas, y a los que en seguridad se les denominan "accidentes blancos".

De acuerdo con la definición expuesta, es precisamente el riesgo que conlleva para las personas, lo que diferencia al accidente, de otros incidentes o anomalías que perturban la continuidad del trabajo y que denominamos averías.

---

<sup>14</sup> ROMUALDI, Emilio Elías y otros, Op. cit., p. 253.

Desde el punto de vista médico el accidente de trabajo se define como una “patología traumática quirúrgica aguda provocada generalmente por factores mecánicos ambientales”. Médicamente, se habla de accidente de trabajo o de accidentado, cuando algún trabajador ha sufrido una lesión como consecuencia del trabajo que realiza. Para el médico sólo existe accidente si se produce lesión, identificando así consiguientemente accidente con lesión.

Por lo expuesto, se debe considerar accidente del trabajo a todo hecho que, en la ejecución del trabajo y en ocasión o por consecuencia del mismo, produzca lesiones corporales mediatas e inmediatas, aparentes, o no aparentes, superficiales o profundas. Y enfermedad profesional al estado patológico consecutivo a la acción reiterada y lenta de los elementos normales del trabajo (...)”<sup>15</sup>

#### **1.4.3.1. Causas de los accidentes:**<sup>16</sup>

Cuando ocurre un accidente/incidente o no conformidad, ésta se percibe a través de ciertas manifestaciones o síntomas, no así la causa del accidente/incidente o no conformidad. Esto lleva en muchas oportunidades a actuar sobre las consecuencias y no sobre la causa raíz del problema, de modo que el accidente/incidente o no conformidad vuelve a repetirse una y otra vez.

A mayor complejidad del sistema, habrá mayor dificultad en localizar el origen o raíz del accidente/incidente o no conformidad. Identificar la causa raíz es fundamental, pero sólo de por sí, no resuelve el problema, para ello habrá que estudiar distintas acciones correctivas.

Para prevenir incidentes debemos conocer las causas, aunque hay varios modelos de causalidad de accidentes, el presentado en la figura 1 es muy práctico y fácil de usar,

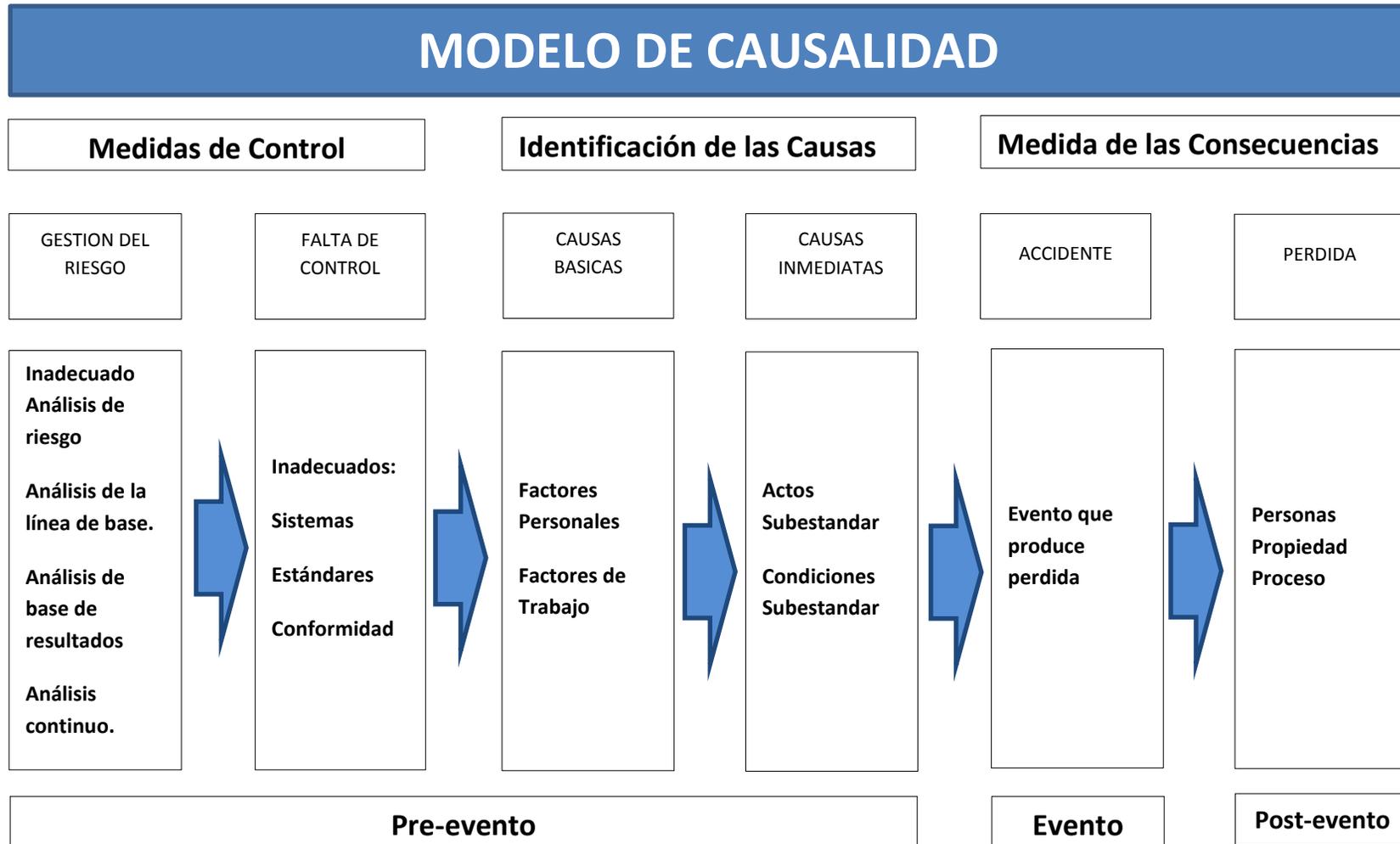
---

<sup>15</sup> CORTES DIAZ, José María, *Op. Cit.*, p. 82.

<sup>16</sup> EXSA, Manual de investigación de incidentes y no conformidades, Lima, 2012, p.13-15.

mantiene los aspectos importantes de los modelos más sofisticados y complejos. Un análisis más profundo implica apoyarnos en técnicas de análisis especializadas como “cinco porqués”, el cual nos permitirá ir más allá de los componentes físicos de un accidente/incidente o no conformidad o raíces físicas y analizar las acciones humanas o raíces humanas que desataron la cadena causa-efecto que llevó a la causa física, lo cual implica analizar por qué hicieron eso, si debido a procedimientos incorrectos, a especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir deficiencias en el gerenciamiento, que de no corregirse, pueden hacer que el accidente/incidente o no conformidad se repita.

Figura 1: Modelo de Causalidad.



## **Perdida.**

Los incidentes que resultan en pérdidas se llaman accidentes. Como se presenta en la definición de accidente como se presenta en la definición de accidente, estas pérdidas llevan la forma de daño, a la gente, a la propiedad, los procesos o el ambiente.

## **Incidente.**

El bloque Incidente precede inmediatamente al de Pérdida. Aquí es donde ocurre el contacto con una fuente de la energía o de la sustancia. El término Incidente es usado en este bloque porque en este punto, el contacto con energía o sustancia puede o no estar sobre el límite del umbral del cuerpo, de la estructura o del medio ambiente afectado. Si no excede este punto, la secuencia del incidente se detiene, no ocurre la pérdida, y el evento es un casi accidente. Si el límite es excedido, el daño ocupa su lugar y ocurre algún tipo de accidente.

En el caso de las no conformidades se toma como evento el potencial contacto con las fuentes de energía producto del incumplimiento de requisitos como estándares, procedimientos o normas legales. En estricto, la no conformidad sería el acto inseguro asociado. Ejemplos de no conformidades que se deben investigar son:

- Exposición a contacto con energías peligrosas (no aplicar bloqueo).
- Exposición a peligros de espacios confinados (no aplicar el procedimiento de ingreso)
- Exposición a peligros de tránsito (conducir un vehículo sin autorización)

## **Causas Inmediatas – Actos y condiciones.**

En general las causas inmediatas son las cosas que detectamos con nuestros sentidos. Pueden ser vistas, escuchadas, percibidas por su aroma, tocadas y en muchos casos hasta

degustadas. Son fácilmente aparentes o evidentes y preceden inmediatamente el contacto. Estas necesitan ser identificadas y corregidas. Son llamadas “actos inseguros” y “condiciones inseguras”.

### **Causas Básicas – Factores Personales y sistemas/ trabajo.**

Causas básicas son las más profundas, las más fundamentales que permiten que las causas inmediatas existan. Son descubiertas cuando nos preguntamos repetidamente ¿Por qué? El acto o la condición pudieron existir. Hay dos tipos de Causa Básicas: Factores personales y Factores de Sistemas/ Trabajo.

### **Falta de control.**

El control existe cuando el sistema es manejado correctamente. Anteriormente se mencionó la necesidad de manejar exitosamente un sistema. Este trabajo involucra: Planear qué se necesita hacer, organizar el trabajo, liderar a otros para realizar bien el trabajo, y controlar a través de un monitoreo y tomando las acciones apropiadas que refuercen el buen desempeño y la mejora continua. Cuando estas cuatro áreas son ejecutadas efectivamente, el sistema puede estar en control. Como en el área de Calidad, Control, aquí es análogo a un control de sistema total. Para que un sistema total. Para que un sistema SHE esté en control, se necesita de tres cosas:

Un sistema apropiado

Reglas apropiadas, responsabilidades y estándares que definan lo que espera del trabajo.

Conformidad apropiada a los roles, a las responsabilidades y a los estándares.

## **CAPITULO II**

### **EXPLOSIVOS**

#### **2.1.- Antecedentes.**

Los explosivos están presentes en los trabajos de minería, la construcción y la industria, tanto es así, que su uso lo hace muy peligroso si no se manipulan de acuerdo a las normas establecidas su mal uso a causado muchos accidentes graves y muy peligrosos, es por esto que el conocerlo y estudiarlos nos dan una ventaja a la hora de relacionarnos con ellos.

Los explosivos se usan para romper, destruir o debilitar materiales de gran dureza, normalmente rocas o en demoliciones en obras civiles. El uso de los explosivos industriales en determinadas fases de la construcción de las obras públicas, o en edificación, constituye una herramienta irremplazable para su economía y eficacia.

Los explosivos convencionales y los agentes explosivos poseen propiedades diferenciadoras que los caracterizan y que se aprovechan para la correcta selección, atendiendo al tipo de voladura que se desea realizar y las condiciones en que se debe llevar a cabo. Las propiedades de cada grupo de explosivos permiten además predecir cuáles serán los resultados de fragmentación, desplazamiento y vibraciones más probables.

Las características más importantes son: potencia y energía desarrollada, velocidad de detonación, densidad, presión de detonación, resistencia al agua y sensibilidad. Otras propiedades que afectan al empleo de los explosivos y que es preciso tener en cuenta son: los humos, la resistencia a bajas y altas temperaturas, la desensibilización por acciones externas, etc.

## **2.2. Definición.**

López Jimeno define a los explosivos de la siguiente manera:

“(…) no son otra cosa que una mezcla de sustancias, unas combustibles y otras oxidantes, que, iniciadas debidamente, dan lugar a una reacción exotérmica muy rápida que genera una serie de productos gaseosos a alta temperatura, químicamente más estables, y que ocupan un mayor volumen.”<sup>1</sup>

Así, los explosivos comerciales son una mezcla de sustancias, combustibles y oxidantes, que incentivadas debidamente, dan lugar a una reacción exotérmica muy rápida, que genera una serie de productos gaseosos a alta temperatura y presión, químicamente más estables, y que ocupan un mayor volumen, aproximadamente 1 000 a 10 000 veces mayor que el volumen original del espacio donde se alojó el

---

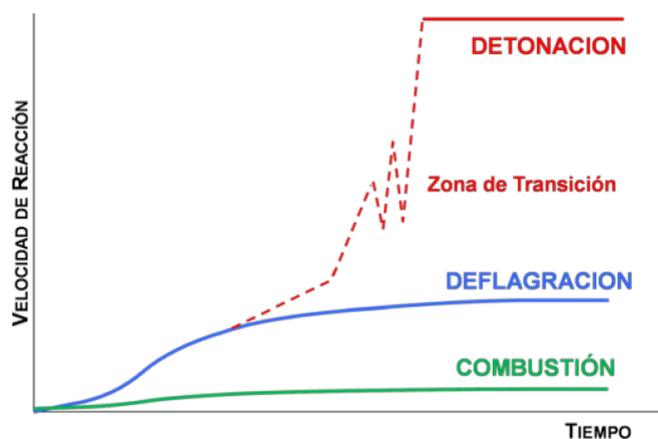
<sup>1</sup> LOPEZ JIMENO, Manual de perforación y voladura, primera edición, editorial brujas, Madrid 2000, p. 131.

explosivo. Estos fenómenos son aprovechados para realizar trabajo mecánico aplicado para el rompimiento de materiales pétreos, en lo que constituye la “técnica de voladura de rocas”.<sup>2</sup>

### 2.3. Tipos de reacción en función de la cinética química.

Los explosivos industriales están constituidos por una mezcla de sustancias, unas combustibles y otras comburentes, que debidamente iniciadas, dan lugar a una reacción química de oxidación cuya característica fundamental es su rapidez.

El impulso energético aplicado a las moléculas de un explosivo genera fuerzas que, superando las de atracción entre los átomos, hace que las moléculas se disocien y a continuación se reagrupen en formas más estables. La energía liberada en esta reacción exotérmica, en forma de onda de presión y alta temperatura, provoca la sucesiva disociación de las moléculas adyacentes, de forma que la reacción se propaga a todas las partículas. Por otro lado, la velocidad con que se efectúa esta propagación puede estabilizarse hasta alcanzar un cierto valor. De esta forma, la reacción de oxidación se puede dividir en tres tipos de reacción en función de la velocidad a la que se produce (figura 01): Combustión, deflagración, detonación.<sup>3</sup>



*Figura 01: Tipo de reacción en función de la cinética química*

<sup>2</sup> EXSA S.A., “Manual Práctico de voladura”, cuarta edición, Lima 2010, p.09.

<sup>3</sup> BERNAOLA ALONSO, Perforación y voladura de rocas en minería, segunda edición, Madrid 2013, p. 66.

### **2.3.1. Combustión<sup>4</sup>**

Puede definirse como tal a toda reacción química capaz de desprender calor pudiendo o no, ser percibida por nuestros sentidos, y que presenta un tiempo de reacción bastante lento.

### **2.3.2. Deflagración**

Es un proceso exotérmico en el que la transmisión de la reacción de descomposición se basa principalmente en la conductividad térmica. Es un fenómeno superficial en el que el frente de deflagración se propaga por el explosivo en capas paralelas, a una velocidad baja, que generalmente no supera los 1 000 m/s.

La deflagración es sinónimo de una combustión rápida. Los explosivos más lentos al ser activados dan lugar a una deflagración en la que las reacciones se propagan por conducción térmica y radiación.

### **2.3.3. Detonación**

Es un proceso físico-químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y por la formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada temperatura, que adquieren una gran fuerza expansiva (que se traduce en presión sobre el área circundante).

En los explosivos detonantes la velocidad de las primeras moléculas gasificadas es tan grande que no ceden su calor por conductividad a la zona inalterada de la carga, sino que los transmiten por choque, deformándola y produciendo calentamiento y explosión adiabática con generación de nuevos gases. El proceso se repite con un movimiento ondulatorio que afecta a toda la masa explosiva y que se denomina “onda de choque”, la que se desplaza a velocidades entre 1 500 a 7 000 m/s según la composición del explosivo y sus condiciones de iniciación.

---

<sup>4</sup> EXSA S.A., Manual...Op. Cit. p. 09.

Un carácter determinante de la onda de choque en la detonación es que una vez que alcanza su nivel de equilibrio (temperatura, velocidad y presión) este se mantiene durante todo el proceso, por lo que se dice que es autosostenida, mientras que la onda deflagrante tiende a amortiguarse hasta prácticamente extinguirse, de acuerdo al factor tiempo/distancia a recorrer.

Tanto en la deflagración como en la detonación la turbulencia de los productos gaseosos da lugar a la formación de la onda de choque. La región de esta onda donde la presión se eleva rápidamente se llama “frente de choque”. En este frente ocurren las reacciones químicas que transforman progresivamente a la materia explosiva en sus productos finales. Por detrás del frente de choque, que avanza a lo largo de la masa de explosivo, se forma una zona de reacción, que en su último tramo queda limitada por un plano ideal, que se denomina “**Plano de Chapman-Jouguet (CJ)**”, en el cual la reacción alcanza su nivel de equilibrio en cuanto a velocidad, temperatura, presión de gases, composición y densidad, lo que se conoce como condiciones del estado de detonación. En el plano “CJ” los gases se encuentran en estado de hipercompresión.

La zona de reacción en los altos explosivos es muy estrecha, sólo de algunos milímetros en los más violentos como TNT y dinamita gelatinosa y, por el contrario, es de mayor amplitud en los explosivos lentos o deflagrantes como el ANFO.

Otra diferencia es que en el caso de una combustión o deflagración, los productos de la reacción de óxidoreducción se mueven en el sentido contrario al sentido de avance de la combustión, mientras que en el caso de una detonación, los productos se desplazan en el mismo sentido de avance de la detonación. Esto se evidencia por medio de la ecuación fundamental conocida como la “Condición de Chapman-Jouguet”:

$$VOD = S + W$$

Donde:

VOD : velocidad de detonación.

S : velocidad de sonido.

W : velocidad de partículas (productos).

Donde se deduce que cuando W tiene un valor negativo, es decir cuando las partículas se mueven en el sentido contrario al avance de la reacción de óxido-reducción, se tendrá que  $VOD < S$ , lo que significa que la velocidad de avance de la reacción es menor que la velocidad del sonido. En este caso se tiene un fenómeno de simple combustión o deflagración subsónica.

En resumen, deflagración y detonación son fenómenos de óxido-reducción, siendo la deflagración de carácter subsónico, pues las ondas de compresión o dilatación de baja densidad se propagan con una velocidad menor o igual que la del sonido dentro de los gases resultantes como producto de la combustión rápida, mientras que la detonación es de carácter supersónico, pues las ondas de compresión se propagan a velocidad mayor que la del sonido con respecto al medio gaseoso resultante.

En ambos casos la turbulencia de los productos gaseosos dará lugar a la formación de la “onda de choque” y la región de esta onda donde la presión aumenta rápidamente se denomina “frente de choque”, que es precisamente donde transcurren las reacciones físico-químicas que transforman progresivamente a la materia explosiva en sus productos finales.

En general, respecto a la velocidad, los explosivos son considerados como:

- a. Deflagrantes: cuando la velocidad está por debajo de los 1 000 m/s.
- b. Detonantes de bajo régimen: de 1 000 a 1 800 m/s (transición entre deflagración y detonación).

c. Detonantes de régimen normal; con velocidades entre 1 800 y 5 000 m/s (categoría a la que pertenecen casi todos los explosivos de uso industrial).

d. Detonantes de alto régimen: cuando la velocidad está por encima de los 5 000 m/s (es el caso de los altos explosivos de uso militar).

Desde el punto de vista de aplicación en la voladura de rocas, la reacción de detonación se traduce en un fuerte efecto de impacto triturador, mientras que en una deflagración este efecto es muy limitado.

#### **2.4. Clasificación de los explosivos<sup>5</sup>**

En términos generales los explosivos por su forma de reacción se clasifican en: explosivos químicos y explosivos nucleares.

Los explosivos químicos actúan por procesos de reacción química de detonación producidos por efecto de una onda de choque. Están mayormente vinculados a compuestos nitrados y son los de aplicación común en minería y construcción civil.

Los nucleares están vinculados a la desintegración de materiales como uranio 235 y plutonio, proceso que desprende inmensas cantidades de energía. Su empleo actual es en el campo militar y de investigación.

Aunque no se clasifican como explosivos, algunos productos especiales actúan como una explosión física sin detonación previa, producida por la súbita expansión de gases inertes licuados como el CO<sub>2</sub> (cardox) por aplicación de calor. Su empleo está limitado a ambientes con alto nivel de grisú en las minas de carbón, o donde no se puede emplear explosivos convencionales.

---

<sup>5</sup> ibidem, p.25-27.

### **2.4.1. Los explosivos químicos**

Los explosivos químicos se clasifican en dos grandes grupos según la velocidad de su onda de choque o velocidad de reacción.

A. Explosivos rápidos o altos explosivos: de 2 500 a 7 000 m/s.

B. Explosivos lentos o deflagrantes: menos de 2 000 m/s

En los explosivos de alta velocidad, usualmente también llamados “detonantes” la onda de choque es supersónica o de alto régimen y autosostenida (constante) lo que garantiza la detonación completa de toda su masa, con un fuerte efecto de impacto triturador o brisante. Los deflagrantes comprenden a las pólvoras, compuestos pirotécnicos y compuestos propulsores para artillería y cohetaría, casi sin ninguna aplicación en la minería o ingeniería civil por lo que no se tratarán en este manual. Sólo cabe mencionar la pólvora de mina usada artesanalmente y para el núcleo de la mecha de seguridad. Su onda de choque es subsónica (menos de 2 000 m/s) por lo que no llegan al estado de detonación siendo su explosión semejante a una combustión violenta con muy limitado efecto triturador.

También el ANFO deficientemente iniciado sólo llega a deflagrar produciendo un efecto netamente expansivo.

Los detonantes se dividen en primarios y secundarios, según su aplicación. Los primarios, por su alta energía y sensibilidad, se emplean como iniciadores para detonar a los secundarios. Entre ellos podemos mencionar a los compuestos para detonadores y reforzadores (pentrita, azida de plomo, fulminatos, etc.).

Los secundarios son los que efectúan el arranque y rotura de las rocas, son menos sensibles que los primarios pero desarrollan mayor trabajo útil, por lo que también se les denomina como “rompedores”. Comprenden dos grupos: de uso civil (industriales) y explosivos de uso militar.

Los militares son más brisantes, menos sensibles al maltrato, más caros y más estables ya que su vida útil (shelf life) pasa de 20 años, pero por su bajo volumen de gases no tienen aplicación práctica en voladura de rocas en minería.

#### **2.4.2. Explosivos industriales rompedores**

Para uso en obras civiles y en minería, se dividen en dos categorías:

**A. Altos explosivos.-** Sensibles al fulminante N° 8, los altos explosivos sensibles comprenden a:

##### **a. Dinamitas.**

Altos explosivos mayormente compuestos por un elemento sensibilizador (nitroglicerina u otro éster estabilizado con nitrocelulosa), combinada con aditivos portadores de oxígeno (nitratos) y combustibles no explosivos (harina de madera) más algunos aditivos para corregir la higroscopicidad de los nitratos, todos en las proporciones adecuadas para mantener un correcto balance de oxígeno. En ellas todos sus componentes trabajan contribuyendo energéticamente en la reacción de detonación.

En las dinamitas modernas también denominadas gelatinas explosivas por su consistencia plástica, de fácil uso y manipulación, el porcentaje de nitroglicerina nitrocelulosa se estima entre 30 y 35% correspondiendo el resto a los oxidantes y demás aditivos. Con menores porcentajes las dinamitas resultan menos plásticas y menos resistentes al agua, denominándose semigelatinas y pulverulentas.

Aún se fabrica en pequeña escala y para casos especiales la dinamita original de Nobel denominada “guhr dynamite” compuesta solamente de nitroglicerina (nitroglicerina 92% - nitrocelulosa 8%) y un elemento absorbente inerte como la diatomita (kieselguhr) que tiene balance de oxígeno nulo, así también la

“straight dynamite” en la que la nitroglicerina se encuentra mezclada con compuestos activos pero no explosivos (dopes); también de muy escaso uso en la época actual.

Las dinamitas con mayor contenido de nitroglicerina y aditivos proporcionan alto poder rompedor y buena resistencia al agua, siendo típicamente “fragmentadoras” o “tritadoras”. En el otro extremo quedan las de menor contenido de nitroglicerina y mayor proporción de nitratos, por lo que tienen menor efecto brisante, pero mayor volumen y expansión de gases mostrando mayor capacidad “empujadora o volteadora”. Normalmente su capacidad de resistencia al agua disminuye proporcionalmente al menor contenido de nitroglicerina.

#### **a.1. Ventajas y desventajas.**

Las principales ventajas de las dinamitas son:

- Sensibles al fulminante N° 6, 8 y otros iniciadores como el cordón detonante, directamente.
- Potencias elevadas, gran efecto triturador.
- Altas densidades, de 1,05 hasta 1,5 g/cm<sup>3</sup>.
- Elevadas velocidades de detonación, entre 3 500 y 6 000 m/s.
- Gran resistencia al agua y estabilidad química.
- Insustituible en casos de trabajo en condiciones de alta presión hidrostática, en condiciones donde el efecto canal es muy crítico, donde se desea una propagación de taladro a taladro por simpatía, para trabajos en condiciones de temperaturas extremadamente bajas y otras más donde los demás explosivos no garantizan respuesta adecuada o eficiente.
- Larga vida útil en almacenaje adecuado (shelf life: más de un año).

- Muy raras fallas por insensibilidad a la iniciación.
- Muy buena capacidad de transmisión de la detonación (simpatía) para carguío espaciado.
- Adaptables a casi toda condición de voladura existente y gran facilidad de carguío aun en taladros de condiciones difíciles como los de sobre cabeza.

Desventajas:

- Su sensibilidad a estímulos subsónicos con riesgo de reacción al impacto o calor extremo y otros.
- Cefalea transitoria al inhalar su aroma o vapores (por la acción vaso dilatadora de la nitroglicerina, aunque sin efectos tóxicos).

Su empleo está preferentemente dirigido a pequeños diámetros de taladro, en subterráneo, túneles, minas, canteras y obras viales.

Normalmente se comercializan en cartuchos de papel parafinado, con diámetros desde 22 mm (7/8") hasta 75 mm (3") y longitudes de 180 mm (7"), 200 mm (8") y 340 mm (12"), embalados en cajas de cartón de 25 kg.

### **a.2. Clasificación.**

Convencionalmente, de acuerdo al contenido de nitroglicerina en proporción a la mezcla inicial no explosiva y a aspectos de aplicación, las dinamitas se clasifican en: Gelatinas, semigelatinas, pulverulentas, especiales.

#### **a.2.1. Gelatinas.**

Con densidades de 1,3 a 1,5 g/ cm<sup>3</sup> y velocidades de 5 000 a 6 500 m/s, de consistencia plástica, elevado poder triturador para rocas duras y gran resistencia al agua para trabajos subacuáticos.

**a.2.2. Semigelatinas.**

Con densidades de 1,08 a 1,2 g/cm<sup>3</sup> y velocidades de 3 500 a 4 500 m/s, de consistencia granular o pulverulenta, adecuada para rocas semiduras y húmedas.

**a.2.3. Pulverulentas**

Con densidades de 1,02 y 1,05 g/cm<sup>3</sup> y velocidades de 3 400 y 3 600 m/s), de consistencia granular fina, adecuada para rocas friables, blandas, en taladros secos.

**a.2.4. Dinamitas Especiales**

Para voladura controlada.

Las gelignitas y gelatinas tienen alta capacidad de trituración y resistencia al agua, empleándose en rocas duras y en condiciones difíciles. Las semigelatinas son ampliamente usadas en rocas de condiciones intermedias; las pulverulentas en rocas relativamente suaves y secas; y las especiales en trabajos determinados como el precorte y en exploración para prospección sísmográfica de hidrocarburos.

La textura de las dinamitas varía según su tipo; las gelatinas son homogéneas, de grano fino, relativamente ligosas al tacto, plásticas y moldeables.

Las semigelatinas y más aún las pulverulentas son menos homogéneas en su granulometría, menos plásticas, incluso al tacto se desgranar, no se adhieren a la mano como las gelatinas. Todas son susceptibles a la humedad ambiental, por lo que en almacenaje se deben mantener en sus bolsas plásticas selladas.

**b. Explosivos permisibles o de seguridad para minería de carbón.**

Especialmente preparados para uso de minas de carbón con ambiente inflamable, su principal característica es la baja temperatura de explosión, la que se obtiene con la adición de componentes o aditivos inhibidores de llama, como algunos cloruros.

En los de “seguridad reforzada o de intercambio iónico” se consigue rebajar la temperatura de explosión con ingredientes que al reaccionar en el momento de la detonación forman el inhibidor, con mayor poder refrigerante.

Por el tipo de carbón antracítico predominante en las minas del Perú y por su relativa superficialidad, no se reporta significativa presencia de grisú o de polvos inflamables, como ocurre por ejemplo en Europa, Sudáfrica, India y Norteamérica, donde es forzado y obligatorio el empleo de explosivos permisibles.

**c. Explosivos acuosos.****c.1. Explosivos hidrogel y emulsión sensibilizados.**

Los hidrogeles están constituidos por una fase continua, que es una solución acuosa de sales oxidantes saturada a temperatura ambiente y gelificada por gomas hidrosolubles; y por una fase dispersa de partículas sólidas, gotitas líquidas, o ambas. En el caso de un líquido disperso, la composición pertenece simultáneamente al grupo de las emulsiones de tipo “aceite en agua”.

Cuando contienen una materia explosiva disuelta en agua, como el nitrato, de monometilamina o mononitrato de etileno glicol, son calificados como “explosivo hidrogel”, sensible al fulminante (como la dinamita pero sin nitroglicerina-nitrocelulosa). Su tiempo de vida útil (shelf life) es menor que

el de las dinamitas por su natural tendencia a la separación de fases o del incremento de su densidad por migración de sus burbujas de gas.

Estos explosivos son de textura fina, glutinosa y muy resistentes al agua. Por lo general se presentan en cartuchos de polietileno de pequeño a mediano diámetro. Se emplean en forma similar que las dinamitas, aunque con algunas dificultades para el carguío en taladros sobre cabeza.

Tienen alta velocidad de detonación (3 600 a 5 200 m/s) y brisance, pero su simpatía es más susceptible a fallas por causas externas que las de las dinamitas.

Una limitación común a todos los hidrogeles es su densidad de cartucho, que no debe ser mayor de 1,25 g/cm<sup>3</sup>; de lo contrario pueden perder su capacidad de detonar, lo que se debe tener en cuenta para no atacar los cartuchos excesivamente para confinarlos en el taladro.

### **c.2. Emulsiones explosivas (sensibles al fulminante)**

Las emulsiones explosivas son de tipo inversado “agua en aceite”, componiéndose de dos fases líquidas, una continua, básicamente constituida por una mezcla de hidrocarburos y otra dispersa, que son microgotas de una solución acuosa de sales oxidantes, con el nitrato de amonio como principal componente.

Es importante en su fabricación la elección del agente tenso activo emulsificador y la dispersión ultra fina de la solución acuosa a temperaturas relativamente altas.

Por su naturaleza aerófila se hace necesario emplear microburbujas de aire en micro esferas de vidrio, como regulador de densidad y de la sensibilidad al iniciador (eventualmente perlita o compuestos gasificantes).

El aire contenido en las micro esferas al ser violentamente comprimido (adiabáticamente) por la presión de la onda de choque iniciadora, se inflama, produciendo un efecto denominado de puntos calientes (hot spots), que hacen detonar a la emulsión (equivaliendo a la nitroglicerina de las dinamitas).

Sus ventajas son su alta velocidad y potencia, excelente resistencia al agua, menor sensibilidad en manipuleo y el ser inodoras (no producen cefalea).

Son pues ideales para taladros inundados y para roca dura, competente.

Sus desventajas son el menor tiempo de vida útil, normalmente seis meses según tipo y su menor capacidad de transmisión en condiciones adversas en el taladro, su sensibilidad al iniciador y su simpatía son más susceptibles a fallas que en las dinamitas especialmente cuando ocurren sobre compresión, efecto canal, detritos en el taladro que aíslan los cartuchos o cuando se inicia la columna con un detonador débil.

Sus densidades están entre 1,13 y 1,19 g/cm<sup>3</sup> y sus velocidades entre 4 800 y 5 200 m/s.

#### **d. Explosivos especiales.**

Se involucra en este grupo a los productos fabricados para un empleo particular, o para uso en condiciones ambientales fuera de las normales. Su composición básica puede ser dinamita, hidrogeles, explosivos moleculares como TNT, mezclas de nitrato de amonio y otros, presentados con envolturas o envases adecuados para su función o aplicación.

Como ejemplo se puede mencionar a los explosivos producidos por EXSA S.A, Geodit para prospección sísmica, al Exsacorte y Exsasplit para voladura controlada, a los slurry primer, a los booster o cebos reforzadores de TNT-

pentolita colados, conos rompedores, cargas dirigidas y otros, con sus propias especificaciones.

**B. Agentes de voladura.-** No sensibles al fulminante N° 8, los agentes de voladura no sensibles comprenden dos grupos:

**B.1.- Agentes de voladura acuosos (water gels).-** Entre los cuales tenemos a los siguientes:

**1. Hidrogeles o slurries.**

Los hidrogeles exentos de materia explosiva propia en su composición no reaccionan con el fulminante y se califican como “agentes de voladura hidrogel, slurries o papillas explosivas”, requiriendo de un cebo reforzado o primer-booster para arrancar a su régimen de detonación de velocidad estable; de lo contrario, no arrancan o lo hacen a bajo régimen con velocidades transientes dando bajo rendimiento energético, razón por la que en un principio también se les denominaba explosivos de seguridad. También son conocidos como water gels.

Sus cualidades principales son: alta velocidad de detonación y alta densidad que les dan enorme poder rompedor y elevada resistencia al agua, por lo que resultan excelentes sustitutos del ANFO, para voladura de rocas tenaces y de taladros inundados, incluso con agua dinámica.

Su aplicación está dirigida mayormente a taladros de mediano a gran diámetro en tajos abiertos, tanto como carga de fondo reforzador para taladros muy confinados y para nivelación de pisos, o como carga completa para taladros con agua. Normalmente se suministran en fundas o mangas plásticas.

Su textura es homogénea, viscosa, relativamente ligosa, lo que les permite contenerse adecuadamente en taladros altamente fisurados, sin pérdidas por filtración, lo que garantiza mantener el factor de carga calculado, y también permite cargarlos al taladro soltándolos sin su funda o manga de polietileno. Su alta densidad desplaza fácilmente al agua presente en los taladros.

Por otro lado su viscosidad es incompatible para carguío mecanizado por bombeo y para la mezcla con ANFO.

## **2. Emulsiones.**

En forma similar, los agentes de voladura emulsión carecen de un elemento explosivo en su composición (eventualmente se sensibilizan con micro esferas) por lo que también requieren ser detonadas con un cebo reforzador de alta presión de detonación. Su aplicación también está dirigida a taladros de mediano a gran diámetro en tajos abiertos, como carga de fondo de alta densidad o como carga de columna (total o espaciada) en taladros con agua, o perforados en roca muy competente.

A diferencia de los hidrogeles su viscosidad puede ser graduada desde una emulsión líquida similar a una leche de magnesia hasta una viscosidad semejante a una margarina, lo que permite su carga al taladro, tanto en forma encartuchada como a granel mecanizada, por bombeo directo al fondo del mismo para desplazar al agua.

Una ventaja importante es su facilidad de mezcla con el ANFO para formar ANFO Pesado.

Por otro lado su vida útil es menor que la de los hidrogeles.

### **3. Agentes mixtos (emulsión/ANFO o ANFOs pesados).**

Son mezclas de emulsión y ANFO en diferentes proporciones, que permiten:

- 1°. Bajar el costo y potencia de una emulsión pura, para voladura en rocas difíciles, secas o húmedas.
- 2°. Darle resistencia al agua al ANFO, al saturar con emulsión los espacios libres entre los prills o perlas del nitrato.

Estos ANFOs pesados se pueden preparar en diferentes relaciones de acuerdo a los requerimientos de la voladura y la presencia de agua, entre 10% a 90% de emulsión y la diferencia ANFO, siendo los ratios más difundidos 30-70, 50-50, 60-40 y 80-20.

Normalmente las mezclas con menos de 50 % de emulsión no son resistentes al agua pero se incrementa notablemente la potencia del explosivo, y las mayores de 50 % emulsión son progresivamente más resistentes al agua.

Se pueden comercializar encartuchados en mangas de polietileno o al granel, preparándolos in situ en camiones mezcladores-cargadores.

### **B.2.- Agentes de voladura NCN granulares, secos.- ANFO y similares.**

En su generalidad se componen de nitrato de amonio sensibilizado por un agregado orgánico, líquido o sólido generalmente no explosivo. El nitrato debe ser perlado y suficientemente poroso para garantizar la absorción y retención del agregado combustible.

Estos poros actúan como elementos sensibilizadores en su detonación.

Son insensibles al detonador N° 8 y requieren de un cebo energético para arrancar.

Su velocidad de detonación es relativamente baja por lo que son poco brisantes,

pero la natural lentitud de su reacción les permite generar un buen volumen de gases, por lo que son preferentemente expansores o empujadores.

Su mayor limitación es la nula resistencia al agua. Algunas mezclas de baja densidad, detonan en bajo régimen de velocidad y presión.

El ejemplo más típico es el ANFO convencional (94,4% nitrato de amonio - 5,6% fuel oil N° 2) con 2 500 a 3 000 m/s de velocidad y 45 kbar de presión.

En ocasiones se trata de mejorar las performances del ANFO añadiéndole aluminio u otros aditivos, resultando por ejemplo el ANFO-AL, el SANFO y otros, que aun así tienen limitaciones en resistencia al agua.

Su empleo a granel está dirigido mayoritariamente a tajos abiertos, canteras, voladura de cráter y voladura de calambucos, por desplome.

Su empleo en subterráneo está limitado a frentes autorizados, aplicándose con cargadores neumáticos portables. En tajo abierto suele emplearse camiones cargadores con sistemas de gusanos (augers) articulados, que permiten verterlos directamente a los taladros.

Los explosivos de uso industrial empleados en voladura de rocas actúan con base en una reacción físicoquímica de combustión muy rápida que comprende a tres elementos: oxidante, combustible y sensibilizador.

El oxidante proporciona oxígeno al combustible para arder y generar humo, vapor de agua, cenizas y calor en forma convencional y es el sensibilizador el que en cierta forma actúa como un incentivador para acelerar la reacción al nivel de explosión, incrementando enormemente la temperatura con lo que los humos y gases sobrecalentados tienden a expandirse casi instantáneamente para producir los efectos de trituración y desplazamiento de la roca.

Por tanto, los explosivos contienen estos tres elementos, clasificándose en cuatro grupos según el tipo de ellos, como se indica en el cuadro de la parte inferior.

Es interesante observar que el nitrato de amonio es el oxidante común de los cuatro, en diferentes estados (en gránulos, molido o en solución) combinándose eventualmente con otros nitratos o sales, mientras que el sensibilizador puede ser un alto explosivo molecular como la nitroglicerina, un polvo metálico, aminas o el aire contenido en los poros de los gránulos de nitrato o en las microesferas de vidrio, que al ser comprimido adiabáticamente por la onda de choque del iniciador se inflama y genera puntos calientes (hot spots) que producen la detonación del explosivo.

<b>EXPLOSIVOS COMERCIALES- COMPONENTES PRINCIPALES</b>			
TIPO	OXIDANTES	COMBUSTIBLES	SENSIBILIZADOR
DINAMITAS	<u>Sólidos</u> Nitrato de amonio y otras sales	<u>Sólidos</u> Materias absorbentes, pulpa de madera, celulosa	<u>Líquido</u> Nitroglicerina y otros
ANFO Y OTROS NITROCARBONITRATOS GRANULARES	<u>Sólidos</u> Nitrato de amonio granulado	<u>Sólido/Líquido</u> Petróleo diesel, carbón y otros aceites	<u>Aire</u> Poros vacíos de aire en los <i>prills</i> de nitrato de amonio
HIDROGELES SLURRY (dispersión de aceite en agua)	<u>Sólido/Líquido</u> Nitrato de amonio y otras sales (soluciones salinas)	<u>Sólido/Líquido</u> Petróleo, aluminio, sensibilizantes orgánicos, gomas.	<u>Sólido/Líquido</u> Nitrato de mono-metil amina, mononitrato de etileno glicol, aluminio en polvo y otros gasificantes
EMULSIONES (dispersión de agua en aceite)	<u>Líquido</u> Soluciones de nitrato de amonio y otras sales.	<u>Líquido</u> Petróleo diesel, aceites, emulsificantes, parafinas	<u>Gasificantes</u> Aire contenido en microesferas de vidrio y otros gasificantes

**Fuente: Manual de voladura EXSA.**

Aparte de la composición química, algunos otros factores influyen en ciertos casos en el performance de los explosivos, como el tamaño de las partículas oxidantes, siendo un promedio usual el cuadro 1 (según Bampfield y Morrey).

EXPLOSIVO	TAMAÑO DE PARTICULA (mm)	FORMA	VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)
ANFO	2,0	Sólido	3200.00
DINAMITA	0,2	Sólido	4000.00
SLURRY	0,2	Sólido/ líquido	3300.00
EMULSIÓN	0,001	Líquido	5000 a 6000

Es necesario mencionar que existe una clasificación de las sustancias explosivas vigente en nuestro país conforme lo regula el DECRETO SUPREMO N° 019-71/IN, Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil.

En el cual considera lo siguiente:

(..)"Toda sustancia que se manufacture o use para producir efectos mecánicos por explosión cualquiera que sea su propósito, estará comprendida dentro de las disposiciones que establece el presente Reglamento, exceptuándose las mezclas explosivas que se produzcan como medio para conseguir un efecto motriz y/o constructivo en el transporte, industria u otra actividad."<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> D.S N° 019-71/IN, Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil, Art. 4°.

## **CAPITULO III**

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA MANIPULACIÓN DE EXPLOSIVOS**

#### **3.1. Generalidades sobre material explosivo:**

“...Para poder definir un concepto de explosivos hemos de recurrir, primeramente, al fenómeno que sufre en su descomposición, esto es: la explosión. Se entiende por tal un fenómeno en el curso del cual se actualiza una notable energía, en un tiempo muy breve, dando lugar a la producción de un gran volumen de gases a elevada temperatura.

Prescindiendo de las distintas variantes que puede presentar este fenómeno, vamos a ocuparnos únicamente de la explosión química, producida por una reacción química de descomposición extraordinariamente rápida. La explosión puede presentar las siguientes modalidades:

- Deflagración: se define como tal una explosión de naturaleza química en la que la zona de reacción se propaga en el medio inicial por conductividad térmica. Es un proceso de carácter ínter o intramolecular, sin aporte de oxígeno u otro comburente externo. El proceso se puede explicar así: al reaccionar una partícula se calientan sus vecinas y crece su temperatura, hasta que, al alcanzar esta última magnitud un valor dado, se produce su auto inflamación, y así continúa el proceso hasta que se agota el material en que se propaga. La velocidad del fenómeno es función de la temperatura, presión y de su confinamiento, y puede alcanzar órdenes de algunos centímetros por segundo.
- Detonación: es también, un fenómeno de carácter explosivo, que se propaga en el medio inicial por dos fenómenos autoentretenidos mutuamente, uno físico (onda de choque) y otro químico (reacción química de oxidación aunque sin aporte de oxígeno u otro comburente del exterior). La onda de choque al actuar sobre una partícula provoca adiabáticamente su compresión dinámica local, que aceptando adquiere los valores adecuados por ser estable, calienta bruscamente la materia y produce su auto inflamación, la cual suministra la energía necesaria para mantener la onda de choque. Para una descomposición química definida, la velocidad de detonación, función de la densidad, es de orden de magnitud de miles de metros por segundo.

Los explosivos cuyo régimen de descomposición natural es la deflagración reciben el nombre de propulsores o pólvoras. Y aquellos que se descomponen normalmente en régimen de detonación se designan como explosivos propiamente dichos.

Se entiende por explosivos a una sustancia o mezcla de sustancia de naturaleza química, cuya reacción de descomposición de carácter oxidante, adopta la descomposición definida en la detonación, efectuándose en un tiempo muy breve con gran producción de calor y siendo los productos finales en su mayor parte gaseosos, de tal modo que el calor generado en su reacción se acumula en el gas producido, en forma de energía cinética-molecular, capaz de transformarse en trabajo mecánico (...)”<sup>1</sup>

Asimismo “...se entenderá por pólvoras, explosivos y afines (explosivos en lo que sigue) a las sustancia o mezclas de sustancias que en determinadas condiciones son susceptibles de una súbita liberación de energía mediante transformaciones químicas. Esta definición incluye la de aquellos artificios que contengan explosivos o estén destinados a producir o transmitir fuego (...)”<sup>2</sup>

### **3.2. Características generales de los explosivos:**

Las mismas se pueden agrupar en los siguientes momentos:

Antes de la explosión:

- Estabilidad.
- Sensibilidad.
- Densidad.

Durante la explosión:

- Velocidad de detonación.

Efectos de la explosión:

- Presión de explosión.

---

<sup>1</sup> EJERCITO DE TIERRA DEL REINO DE ESPAÑA, “Manual técnico de explosivos (T-0-7-5)”, Madrid 1984, Talleres del Servicio Geográfico del Ejército, página 1.

<sup>2</sup> REGISTRO NACIONAL DE ARMAS, Decreto número 320/83 de la Ley Nacional de Armas y Explosivos número 20429 (1983).”Reglamentación parcial de pólvoras, explosivos y afines”, Artículo 1. En <http://www.renar.gov.ar/legis/leydec.asp>. Obtenida el 02/05/08.

- Volumen de gases desarrollados.

Algunas propiedades pueden clasificarse como:

Primarias:

- Velocidad de detonación.
- Densidad del explosivo.

Secundarias y complejas:

- Poder rompedor (consecuencia de la velocidad de detonación, del calor de explosión y del volumen de los gases desarrollados).

**3.2.1. Estabilidad.-** Es la tendencia o facilidad de un explosivo para conservar su constitución química, tanto frente a los agentes internos como a los externos.

**3.2.2. Sensibilidad.-** Es la facilidad de un explosivo de cambiar su estructura química, por explosión, por causas mecánicas.

La sensibilidad disminuye con la:

- Compresión.
- Humedad.

**3.2.3. Densidad de la carga explosiva:**

**Densidad absoluta real o peso absoluto.-** Es el peso de un  $\text{cm}^3$  de un explosivo, puro y cristalizado, sin intersticio alguno de aire, expresado en gramos. Es la máxima densidad que puede tener un explosivo

**Densidad de carga.-** Es la relación que existe entre el peso del explosivo y el volumen del recipiente en que se verifica la explosión.

**Densidad gravimétrica.-** Es el peso de un litro de explosivo en condiciones normales.

**3.2.4. Energía potencial o calor de detonación.-** Es el trabajo máximo que teóricamente pueden realizar los gases procedentes de la explosión, que es el equivalente mecánico del calor de explosión a volumen constante.

**3.2.5. Temperatura de detonación.-** La que alcanzan los gases de la explosión por efecto del calor liberado en la misma. Es aconsejable hacer la determinación de la temperatura de forma experimental y no por procedimientos de cálculo teórico.

**3.2.6. Velocidad de detonación.-** Junto con la densidad de carga y la energía potencial, es uno de los factores principales de que depende la fuerza destructora de un explosivo.

Denominada corrientemente poder rompedor, es la característica más típica e impresionante de los explosivos. Se mide en m/s y es la rapidez con que la onda de detonación se propaga en la masa del explosivo. Esta propiedad no es constante para un mismo explosivo, sino que varía a causa de diversos factores:

**3.2.7. Densidad.-** Con las especies puras, la velocidad de detonación se hace máxima al hacerse máxima la densidad. En las mezclas explosivas con nitrato amónico y adiciones coloides, la máxima velocidad se presenta entre una densidad media y otra superior, rebasada la cual, la velocidad desciende.

**3.2.8. Diámetro del cartucho.-** La propagación segura, uniforme y máxima de la detonación requiere, en cada explosivo, un espesor mínimo del cartucho (diámetro crítico), a partir del cual la velocidad se va haciendo cada vez más pequeña, hasta poder llegar a desaparecer.

**3.2.8. Intensidad de la iniciación.-** Si no es la suficiente, puede suceder que la velocidad de detonación no tome el valor máximo, al menos en las primeras fracciones del explosivo.

### **3.3. Normas y aspectos generales.<sup>3</sup>**

La voladura de rocas se considera un trabajo de alto riesgo, si bien su índice de frecuencia en relación con otros tipos de accidentes es menor, su índice de gravedad es mucho mayor, generalmente con consecuencias muy graves que no solamente afectan al trabajador causante de la falla, sino también a las demás personas, equipos e instalaciones que le rodean.

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.

Aunque no es razón primordial del presente tema tratar el aspecto personal, hay al menos 10 factores humanos que causan accidentes, los que en el caso especial del manipuleo de explosivos y voladura, deben ser tomados muy en cuenta por todos los involucrados, especialmente por los supervisores responsables de la voladura; éstos son:

#### **A. Negligencia.**

- Dejar de lado las normas de seguridad establecidas.
- No cumplir con las instrucciones recibidas.
- Permitir el trabajo de personas no capacitadas o dejarlas actuar sin supervisión.

---

<sup>3</sup> Manual de voladura EXSA, pg. 339

- Dejar abandonados restos de explosivos o accesorios sobrantes del disparo.

**B. Ira, mal humor; consumo de alcohol y drogas.**

Contribuyen a que la persona actúe irracionalmente y que desdeñe el sentido común.

**C. Decisiones precipitadas.**

El actuar sin pensar o muy apresuradamente conduce a actitudes peligrosas.

**D. Indiferencia.**

Descuido, falta de atención; no estar alerta o soñar despierto inducen a cometer errores en el trabajo.

**E. Distracción:**

Interrupciones por otros cuando se están realizando tareas delicadas o peligrosas, problemas familiares, bromas pesadas, mal estado de salud.

**F. Curiosidad.**

El hacer una cosa desconocida simplemente para saber si lo que pasa es riesgoso, siempre preguntar a quién sabe.

**G. Instrucción inadecuada, ignorancia.**

En este caso una persona sin entrenar o mal entrenada es un riesgo potencial de accidentes.

**H. Malos hábitos de trabajo.**

Persistencia en cometer fallas señaladas a pesar de las recomendaciones impartidas, no usar los implementos de norma, desorden.

**I. Exceso de confianza.**

Correr riesgos innecesarios por comportamiento machista, rebeldía o indisciplina, demasiado confiado o muy orgulloso para aceptar recomendaciones.

#### **J. Falta de planificación.**

Se resume en el actuar de dos o más personas, cada una de ellas dependiendo de la otra para realizar algo que nunca se realiza.

Todo supervisor debe tener presente que los accidentes ocurren inesperadamente, pero que son previsibles; que la capacitación constante y adecuada es condición “sine qua non” para la seguridad, y que el trabajo es de equipo, con responsabilidad compartida. Debe actuar siempre con criterio y responsabilidad, tener experiencia en el trabajo, buen trato al personal pero con posición de autoridad y ser perseverante en el seguimiento detallado de todas las etapas del trabajo.

Debe conocer las normas y reglamentos de trabajo y seguridad internos y oficiales vigentes, las características y especificaciones de los explosivos y demás insumos que emplea y las condiciones de los frentes de trabajo (ventilación, estabilidad, accesibilidad, vigilancia y demás).

En voladura una sola persona debe ser responsable de todo el proceso de disparo; delegará funciones, pero al final todo deben coordinar con él e informarle verazmente todos los detalles a su cargo.

#### **3.4. Uso de explosivos comerciales.**

El empleo de explosivos en minería, obras de construcción, demolición y otros casos especiales, están normados en todo el mundo por reglamentos específicos en cada país y para algunos casos, como el de transporte marítimo o aéreo internacional, por normas específicas como las de Bruselas (NABANDINA).

En el Perú corresponde a la SUCAMEC “Reglamento de Control de Explosivos de uso civil” DS 019-71/IN-26/08/71 con sus modificaciones y ampliaciones, como el DL 25707-21/8/92 (emergencia) el DL 25643-29/7/92 (Importación y comercialización) modificado por el DLEG 846-9/9/ 96, la RD 112-93-TCC/15-15-2/7/93 (transporte) y la circular 46-106-92 SUNAD-23/11/92 (verificación), más la Ley General de Minería 18880 DS 034-73 EMDM, con su Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, Título III, Capítulo I, Sección VI Explosivos (artículos 243 al 256 y anexos) aprobado por el DS 055-2010-EM, que todo usuario debe conocer y aplicar, y sobre los que se hace los siguientes comentarios generales:

#### **3.4.1. Transporte de explosivos y detonadores.**

En el transporte es fundamental reducir los riesgos de incendio, detonación, robo y manipuleo por personas no autorizadas; debe ser efectuado solamente por personas competentes con suficiente conocimiento de su sensibilidad y efectuarse sólo en vehículos en perfectas condiciones de rodaje, llevando los banderines, extintores y demás implementos de reglamento. Los explosivos transportados en camión abierto deberán cubrirse con una lona tanto para prevenir pérdidas como el deterioro por lluvia.

Se evitará el maltrato del material por los operarios encargados de cargar o descargar el vehículo, los que muchas veces por desconocimiento o apuro arrojan las cajas al suelo o las estiban desordenadamente. Los agentes de voladura tipo ANFO o emulsión a pesar de tener menor sensibilidad que las dinamitas y las emulsiones e hidrogeles (sensibilizados al detonador y explosiones fortuitas) por necesitar mayor energía para el arranque, no dejan de ser explosivos, y deben ser tratados con las mismas normas de cuidado.

Cualquier detonador o retardo independientemente de su construcción es muy sensible al daño mecánico y debe ser tratado con mucho cuidado.

Una de las más severas prohibiciones es la que señala que no se transportará ni almacenará explosivos junto con iniciadores de ningún tipo.

Existen tablas de compatibilidad de productos explosivos para su transporte y almacenaje, y símbolos pictóricos para el etiquetado y el rotulado de su embalaje (ITINTEC P-339.015; IATA/OACI; ONU; DOT/USA).

Por otro lado, el traslado de explosivos y detonadores con personal, desde las bodegas o polvorines de mina hasta los frentes de trabajo, debe efectuarse en forma separada, manteniendo prudencial distancia entre ellos; por ningún motivo los portadores se detendrán para observar cosas, ayudar a otros trabajadores o simplemente conversar; nunca deben dejar el material en otro lugar que el de trabajo. Los manojos de guías “armadas” no se deben golpear ni arrojar imprudentemente al piso.

No se debe transportar explosivos sobre las locomotoras, ni permitir que contacten con líneas eléctricas activas.

Durante la carga y descarga de vehículos debe apagarse el motor y sólo permanecerá alrededor el personal autorizado (mínimo 50 m para cualquier otra actividad).

### **3.4.2. Almacenaje de explosivos**

#### **A. Polvorines**

Los explosivos deben guardarse en locales adecuados, protegidos y con acceso limitado, denominados “polvorines” que pueden ser construidos en superficie o excavados como bodegas subterráneas.

La regla principal es estar seguro de que su explosión fortuita no pueda causar daños a personas e instalaciones. Esto significa que explosivos y detonadores deben ser almacenados de tal modo que sean inaccesibles a personas no autorizadas y que estarán protegidos contra eventos adversos y desastres naturales e incendios. Varios factores influyen en el diseño y ubicación de los polvorines, entre ellos: la proximidad a áreas de trabajo o de servicios, a carreteras, vías férreas, líneas eléctricas troncales, áreas desoladas o de vivienda, disponibilidad de protección natural del terreno o necesidad de hacer parapetos adecuados. También la posibilidad de que estén planificadas futuras construcciones en el área propuesta para instalar el polvorín. Los de superficie deben ser construidos con materiales que, en caso de explosión, se desintegren fácilmente para no causar daños a otras instalaciones y en los parajes con frecuentes tempestades eléctricas deben contar con pararrayos permanentes.

Los subterráneos deben quedar lejos de los frentes de trabajo y de las instalaciones permanentes de subsuelo, estar protegidos contra filtraciones, inundación y desplomes. En caso de explosión no deberán colapsar los accesos a las zonas propias de laboreo.

La construcción y ubicación de polvorines y el transporte de materiales explosivos está generalmente especificado por reglamentos. En el Perú corresponde a la SUCAMEC, cuyo Reglamento en su Capítulo 5 – Almacenaje, clasifica a los explosivos en 4 categorías y 5 grupos para determinar las distancias mínimas entre polvorines y otras instalaciones, de acuerdo a las cantidades máximas de explosivo depositadas.

Una vez ubicado el polvorín debe estimarse el grado de daño que podría ocurrir si se produce una explosión total del material almacenado. Si se trata de dos o

más es importante que no estén ubicados muy cerca entre sí, ya que la detonación de uno puede muy fácilmente transmitirse a los otros, incrementando los daños.

### **B. Almacenaje**

Normalmente se prohíbe almacenar juntos explosivos y detonadores, que deberán guardarse en depósitos independientes y separados a distancia prudencial (Ver anexo N° 01 cuadro de compatibilidad), tanto si se trata de los polvorines principales como de los auxiliares o “bodegas de mina”, debiendo establecerse además que no se almacenarán combustibles ni otros materiales junto con los explosivos. Tampoco podrá efectuarse trabajos de ninguna clase en los polvorines, aparte del de traslado y acomodo del material, refiriéndose esto especialmente al “encapsulado” o preparación de guías. No deben tenerse juntos el cordón detonante y los detonadores o retardadores.

Los polvorines deben ser instalados de tal manera que los explosivos almacenados queden protegidos del fuego, robo y deterioro. El ambiente debe ser seco, limpio y bien ventilado; deben contar con extintor en buenas condiciones, con cerraduras inviolables y con vigilancia efectiva. No se permitirá fumar o hacer fuego en un polvorín o en su alrededor, debiendo tener los avisos de peligro correspondientes.

Cada producto deberá almacenarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a los reglamentos vigentes; las cajas se apilarán por lotes, dejando espacios libres para ventilación (0,6 m a 1m).

Teniendo en cuenta que el tiempo afecta a la vida útil de todos los explosivos y accesorios de voladura, se recomienda despachar siempre los lotes más antiguos

hasta agotarlos para reponerlos secuentemente con los más recientes. Para esto es importante llevar un control de despachos detallado y actualizado.

### **3.4.3. Manipulación de explosivos.**

En este apartado es necesario recordar que cuando empleamos el término “manipulación” nos referimos a todo acto de operar con las manos o con cualquier instrumento una cosa, en este caso un material explosivo; asimismo, utilizamos el término “empleo” como sinónimo de manipulación.

La utilización y manipuleo de los explosivos se hará por trabajadores especializados, responsables y debidamente designados y autorizados conforme a la legislación vigente sobre uso de explosivos y conexos (Carnet de manipulador de explosivo emitido por la SUCAMEC). Ver anexo N° 02: Seguridad en el uso de explosivos.

#### **3.4.3.1. Momentos o etapas en la manipulación de explosivos:**

Toda operación de manipulación de material explosivo comprende diferentes etapas o momentos, cada empresa conforme a sus políticas de seguridad han elaborado diferentes procedimientos entre los que se destacan los siguientes:

La empresa “EXSA S.A.” que ejecuta operaciones con explosivos confecciono una “fichas técnicas de formación en prevención de riesgos laborales para trabajos de servicio integral de voladura”, este documento describe las distintas fases en la manipulación de material explosivo:

**Fase A:** Trabajo administrativo. Cálculo de cantidad de explosivo y detonadores necesarios para el día siguiente.

**Fase B:** Llegada de explosivo. Control y reparto en el lugar adecuado. Con ayuda de dos personas autorizadas.

**Fase C:** Distribución de los detonadores eléctricos:

**Fase G:** Carguío de taladros con camión mezclador.

**Fase E:** Conectar detonadores, tirar la línea, comprobar, control de la situación, aviso y disparo.

**Fase F:** Control posterior de la voladura.

**Fase G:** Cálculo de la voladura del día siguiente.

La manipulación de explosivos comprende las siguientes etapas o momentos:

A) Preparación del área de voladura.

A) Regreso al área de voladura.

Tales etapas se caracterizan por el cumplimiento de diferentes normas de seguridad para neutralizar cualquier riesgo que se origine con la manipulación de este material, siendo necesario mencionar las más importantes:

**A) Preparación de la zona de voladura:<sup>4</sup>**

Si bien no existe una regla para determinar el zona de voladura, pero en esa zona únicamente se encuentra personal vinculado al trabajo que se realiza, se delimita el área mediante una señalización estricta: conos color amarillo, cintas de señalización color rojo, señalética de advertencia de peligro de explosión, señalética de prohibición del ingreso a personas no autorizadas y permaneciendo bajo vigilancia.

Asimismo dentro de la zona de voladura se demarca un “área de seguridad”. Se entiende por tal al sector considerado peligroso por el encargado de voladura, teniendo en cuenta el material a ser volado, el tipo y ubicación de la voladura, la cantidad, la profundidad y el espaciamiento de los taladros y la cantidad y el tipo de explosivos utilizados.

---

<sup>4</sup> D.S. 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería, Art. 257- 269.

Esta zona en la mayoría de las ocasiones es determinada mediante la experiencia del especialista en explosivos dejando un apreciable factor de seguridad ante que ocurriera una detonación fortuita en cualquier momento.

Si el área ha tenido otros disparos, ese lugar siempre es inspeccionado con la finalidad de detectar algún explosivo sin detonar que se hayan utilizado en voladuras anteriores.

Es necesario mencionar que nunca se trabaja con detonadores eléctricos en proximidad de fuentes generadores de corrientes eléctricas (cable de alta tensión, elementos de excavación o transporte y otros) empleándose para contrarrestar tal presencia los agentes explosivos y cordón detonante, los cuales reducen al mínimo los riesgos de explosión.

Antes de iniciar la voladura, siempre se adoptan tres precauciones:

- 1.- La afectación de personal ubicado a los 360° a una distancia considerable del área de voladura para cumplir la función de seguridad, que consiste en impedir el acceso de personas, vehículos o cualquier ser vivo al lugar.
- 2.- Contar con un refugio adecuado para el personal o el equipo que permanece en esa área.
- 3.- Contar con un sistema comunicaciones y de señales, sencillo pero adecuado.

En lo referente al sistema de señales, el tamaño del área de voladuras, las rutas de acceso, y clase y cantidad de ruidos, determinan el tipo de señales que deben utilizarse. Los más empleados son las radios Handy, silbatos y sirena.

Por último, siempre se planifica ejecutar una voladura en el transcurso del día (luz diurna) debido a que existe la posibilidad de que queden cargas sin detonar, pues si la mismo se realiza después de oscurecer, se incrementa la posibilidad de encontrar cargas sin detonar, como así, será mucho más difícil asegurarse

que el personal esté fuera del área de disparo y que los guardias puedan efectuar sus deberes adecuadamente.

Nuestra norma legal describe perfectamente los procedimientos de seguridad que debe seguir un especialista antes efectuar una voladura (artículo 259 del Reglamento de seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería D.S. 055-2010-EM)

**B) Regreso al área de voladura:**

Todos los involucrados en el trabajo de voladura antes de regresar al área de voladura adoptan una medida preventiva, que consiste en que transcurra un tiempo suficiente para que se hayan despejada el humo, el polvo y los gases de la voladura (05 minutos después de la voladura).

La presencia del humo, no sólo es incómoda, sino realmente peligrosa, ya que la visibilidad es tan escasa que no puede observarse la condición en que quedó el lugar (rocas, metales, etc.) además los gases producidos por el disparo de cualquier tipo de explosivo contienen ingredientes tóxicos que pueden causar lesiones según la cantidad de concentración.

En ocasiones algunos tipos de explosivos que no están balanceados químicamente existe el riesgo que se originen pequeñas explosiones secundarias de los gases varios minutos después de la voladura, y éstas pueden provocar derrumbes de rocas u otros objeto que pueden originar riesgo de aplastamiento para aquellas personas que ingresan al lugar de disparo a través del humo espeso.

### **3.5. Aplicación de explosivos**

#### **3.5.1. Riesgos predominantes**

En los trabajos de voladura a cielo abierto, canteras, carreteras, obras civiles, demoliciones, etc. los riesgos predominantes son: La proyección de fragmentos volantes, vibraciones y onda de concusión. Mientras que en los de subterráneo son los desplomes y el gaseamiento por los humos de la explosión. En ambos tipos de operación pueden ocurrir fallas de disparo como tiros prematuros o retardados, tiros soplados y tiros cortados.

#### **3.5.2. Perforación, preparación, carga y disparo**

En subterráneo, los accidentes más serios que pueden ocurrir durante la perforación y carga de explosivos son: La detonación prematura de uno a todos los taladros de una tanda y colapso o desprendimiento de rocas del techo o paredes de la galería, razón por la que jamás se deberá iniciar un trabajo si la labor no ha sido previamente “desquinchada” y asegurada.

Durante la perforación se puede golpear o barrenar explosivo; por ejemplo, al perforar muy cerca de un taladro cargado o a taladros quedados en un frontón anteriormente disparado y que contengan aún tacos de explosivo sin detonar.

Jamás se deberá reperfilar un taladro quedado por facilitar el trabajo, ya que este error ha costado muchas vidas. Los tiros cortados o fallados y los tacos quedados deberán ser limpiados totalmente con aire comprimido o chorro de agua antes de continuar el trabajo.

La preparación de los cebos en el frontón requiere cuidado; los detonadores no deben golpearse ni forzar su introducción en los cartuchos. El punzón será de madera o bronce. El trabajo debe efectuarse lejos de las perforadoras y de las cajas con explosivo.

El confinamiento de los cartuchos con el atacador no tiene que ser violento. El cebo no debe atacarse, sólo empujarse suavemente.

Otro riesgo latente en la carga es en el empleo de equipos de carga con aire comprimido y manguera para el ANFO, ya que el rozamiento puede originar cargas electrostáticas lo suficientemente activas como para hacer estallar prematuramente al fulminante, por esta razón sólo deben emplearse mangueras antiestáticas o semiconductoras además de conectar al equipo cargador con línea a tierra.

En subterráneo, donde generalmente se tiene líneas de riel, cables eléctricos, tubos de aire comprimido y ductos de ventilación forzada, el riesgo se incrementa al tender descuidadamente los alambres de disparo eléctrico sobre estas instalaciones.

Antes del disparo el mayor riesgo es el de los tiros prematuros que pueden ocurrir por: maltrato del explosivo o de los detonadores; efecto de descargas eléctricas y corrientes vagabundas sobre detonadores eléctricos no aislados; encendido incorrecto, y uso de guías de seguridad de tramos muy cortos o por desconocer su real velocidad de quemado para controlar el tiempo de encendido de todos los taladros de la tanda y salir a tiempo del frontón.

En el Perú los límites de velocidad de la mecha oficialmente van de 150 a 200 s/m (51 a 53 s/pie) de modo que la costumbre de considerar “un minuto por pie” ha causado muchas víctimas por salidas prematuras.

En superficie, el tránsito de vehículos y personas sobre las líneas de cordón detonante y accesorios de disparo, aún sin llegar al extremo de una explosión, puede malograr una voladura bien planificada. Cortar tramos de cordón detonante golpeándolo con piedras a falta de navaja lo puede iniciar y causar un desastre,

más aún si está conectado a taladros cargados. Igualmente riesgoso es golpear las mangueras de conducción de los detonadores no eléctricos de cualquier tipo.

En casos particulares se presentan riesgos específicos por alta temperatura en los taladros, ambiente inflamable con presencia de SO<sub>2</sub> o condiciones climáticas extremas, que requerirán de métodos y de explosivos adecuados para evitar tiros prematuros cuando el personal aún está trabajando en el área de voladura.

### **3.5.3. Descargas eléctricas**

Un rayo es perfectamente capaz de activar a un detonador eléctrico, sea que éste se encuentre conectado o no. Por ello, en regiones susceptibles a tormentas eléctricas, se preferirá el empleo de accesorios no eléctricos (En caso de tormentas eléctricas se evitará toda manipulación de explosivos)

### **3.5.4. Disparo**

Antes de proceder al disparo se deben verificar todos los empalmes y conexiones del tiro, observar que no queden restos de explosivo, accesorios ni herramientas abandonadas, y asegurar que todo el personal se haya retirado a un lugar protegido. En superficie comprobar que todos los accesos al área de la voladura queden controlados por vigías debidamente instruidos que deberán permanecer en su lugar hasta después de la voladura.

El riesgo de accidentes durante la explosión en subterráneo se obvia porque no queda personal cerca, mientras que en superficie la situación es diferente.

La proyección de fragmentos volantes representa un serio problema en la voladura superficial, no sólo por los hombres que pueden ser impactados y heridos, sino también por los equipos o instalaciones que puedan ser dañados. Puede originarse por exceso de carga explosiva, falta de taco, roca muy suelta o fisurada, burden irregular o muy corto, fallas geológicas u oquedades encubiertas,

fallas en la perforación o también disparo con tiempos de retardo muy largos entre los taladros.

En la voladura de taladros de gran diámetro y poca profundidad denominada “voladura de cráter”, la menor proporción entre altura de banco y diámetro de hueco no permite mantener un “taco sin carga” de igual longitud que el “burden”, como en la convencional, ya que resultaría en muy bajo factor de carga y deficiente rendimiento del tiro. Esto obliga a compensar el factor cargando los taladros hasta muy cerca de la superficie, lo que lamentablemente produce fuerte proyección de fragmentos volantes. Por esta razón, como medida de precaución, se tratará de evitar su ocurrencia.

El mismo problema presenta la voladura secundaria de plastas y cachorros. Como los fragmentos volantes viajan a distancias y en direcciones impredecibles, se debe tener especial cuidado en la evacuación de personas y equipos a la mayor distancia de “seguridad” posible, y colocar vigías bien instruidos en todos los accesos al área de disparo.

Si bien la vibración y onda acústica no presentan problemas en las operaciones de minería, tienen que ser tomadas muy en cuenta cuando se trata de obras civiles cercanas a poblaciones o instalaciones industriales ya que serán motivo de reclamos, justificados o no, sobre daños a propiedad ajena.

Estos efectos pueden ser reducidos mediante el empleo adecuado de detonadores de retardo, el cálculo cuidadoso de la carga específica de explosivo por hueco, su orientación y buen taponado, habiendo casos incluso en que será necesario el empleo de mallas pesadas de retención para los fragmentos volantes.

El encendido y disparo de explosivos debe hacerse por norma en un horario determinado, conocido por todos los trabajadores.

### **3.6. Evaluación de la voladura, seguridad.**

Después del disparo y solamente después de haber pasado un tiempo prudencial el encargado de la operación regresará al lugar de la voladura para efectuar su evaluación de la fragmentación, empuje, volumen removido y sobre rotura. Es en este momento que deberá tener presentes los riesgos de gases tóxicos remanentes, restos de explosivo o accesorios no detonados (tiros fallados) y el desprendimiento de bloques de roca capaces de causar daño. En estos casos se prohibirá el acceso al lugar hasta no haber conjurado el peligro.

#### **3.6.1. Tiros Fallados**

Son un punto especial en voladura. A pesar de todas las recomendaciones de preparación y disparo, todo usuario eventualmente se encontrará con este problema que por lo general afecta a uno o más taladros de un tiro, y debe estar preparado para solucionarlo. Se diferencian tres tipos:

##### **a. Tiro retardado**

Es el que no sale a su tiempo o junto con el resto de una tanda. Presenta grave riesgo para el personal que reingrese al frente del disparo sin haber dejado pasar un tiempo prudencial.

No es común y puede ocurrir por: defecto del detonador de retardo, por mecha de seguridad defectuosa o demasiado lenta y menos factible, por deterioro del explosivo, que no se inicie de inmediato y sólo arda lentamente hasta llegar a detonar.

##### **b. Tiro soplado**

Es un tiro que sale sin “fuerza”, no hay rotura ni empuje adecuado del material. El explosivo es expulsado del taladro o simplemente deflagra sin llegar a detonar.

Generalmente ocurre por mala dosificación de la carga o mala selección del explosivo respecto a la dureza de la roca, mal atacado, falta de potencia del iniciador, falta de taco inerte o uso de explosivo húmedo. También por excesiva distancia entre los taladros.

Los tiros se soplan también por los fenómenos de “efecto canal” o de sobre compresión, que terminan en desensibilización (death pressing).

### **c. Tiro cortado**

Es un tiro que no sale por falla de cualquiera de los elementos principales: iniciador, guía o explosivo. Es muy peligroso porque deja “testigos” que deben eliminarse para poder continuar el trabajo.

Pueden originarse por:

**1. Falla de encendido con fulminantes.-** Pueden ser por falla de fábrica; falta de fuerza del fulminante, mal ajuste con la mecha; demasiada separación entre la pólvora de la mecha y la carga del fulminante; deterioro por humedad, extremos de la mecha deshilachados y falla del conector de mecha rápida que no encienda a la mecha lenta.

**2. Con detonadores eléctricos.-** Por malos empalmes, corto circuito o escapes a tierra, falta de fuerza del detonador, falta de potencia del explosor, detonadores defectuosos, circuitos mal diseñados o tiempos de retardo inadecuados, y por el empleo de detonadores de diferentes tipos o marcas en un mismo disparo.

**3. Con detonadores tipo Nonel (no eléctricos).-** Por falla de fábrica, malos empalmes, doblez o corte de la manguera transmisora.

Se ha demostrado experimentalmente que la detonación de un fulminante puede ser transmitida hasta 20 cm de distancia, detalle importante para

prevenir detonación en masa de detonadores durante su ensamblaje y en el transporte de guías armadas.

**4. Fallas de la mecha y del cordón detonante.-** Falla por defecto de fabricación; por ejemplo: discontinuidad del alma de pólvora o de pentrita; velocidad de quemado irregular; fallas en la cobertura o forro que permitan el humedecimiento del explosivo; rompimiento bajo tensión al ser estirado e irregularidades en el diámetro exterior que no permitan el perfecto ajuste del fulminante.

Fallas por maltrato: doblez o aplastamiento; corte con navajas sin filo o con golpe de piedras, y cortes de las líneas tendidas por piedras o fragmentos volantes durante el disparo.

**5. Fallas del explosivo.-** Son menos comunes, podrían ocurrir por uso de explosivo en malas condiciones, deteriorado o humedecido debido a almacenaje muy prolongado en ambiente inadecuado. Uso de explosivo inadecuado para determinado trabajo, por ejemplo ANFO para trabajo en taladros con agua.

### **3.6.2. Sensitividad**

El uso de iniciador inadecuado o insuficiente para un determinado explosivo no permitirá su arranque, por ejemplo, un agente de voladura tratado de iniciar directamente con un fulminante común sabiendo que requiere un cebo.

La transmisión o simpatía puede interrumpirse por un gap excesivo entre cartuchos, o por un cuerpo extraño en el taladro, haciendo fallar a parte de la columna explosiva.

### **3.6.3. Condiciones ambientales**

Se observa que algunos explosivos tienden a perder sensibilidad y capacidad de transmisión en lugares elevados y muy fríos, otros se descomponen en ambientes calurosos y húmedos. También se ha mencionado que un atacado exagerado o un fenómeno de sobre compresión en el taladro pueden insensibilizar al explosivo al incrementar la densidad en forma excesiva.

### **3.7. Tratamiento de fallas**

#### Medidas generales

- A. Esperar un tiempo prudencial antes de acercarse al frontón (usualmente 30 minutos).
- B. Retirar a todo el personal no necesario o no vinculado al trabajo de eliminación de tiros fallados.
- C. Dar parte inmediato del problema al Departamento de Seguridad, al Jefe de Sección o Administración Superior, y a todo el personal que trabaja en el sector. Dar instrucciones precisas a los vigías y dinamiteros para efectuar una labor coordinada.
- D. Examinar el frente disparado con cuidado en su totalidad, ubicar los “tacos quedados”, buscar los restos de explosivo y accesorios no explotados entre los escombros de la voladura, recogerlos si es factible y llevarlos a lugar seguro para eliminarlos (los que se vean peligrosos se podrán plastear in situ).
- E. Eliminar los tacos quedados con chorro de agua, o colocarles un nuevo cebo y volverlos a disparar, en último caso con una plasta o parche encima.
- F. Jamás se tratará de extraer el explosivo de un taco quedado mediante el cucharón o atacador. Antes que ingrese el equipo de limpieza para cargar el material disparado asegurarse de recoger todo resto de explosivo y accesorios

remanentes, ventilar y regar el frente disparado y asegurar los techos o taludes para evitar desprendimientos de la roca.

Después de terminada la operación de limpieza, al iniciarse la nueva perforación se debe asegurar que el personal no vuelve a taladrar en las “cañas” de taladros anteriores aunque no se vea explosivo en ellos.

### **3.8. Destrucción de explosivos<sup>5</sup>**

Para deshacerse de explosivos y accesorios deteriorados deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes y las normas de seguridad vigentes, con personal experimentado, en lugares apropiados, guardando las distancias prescritas. Usualmente se aplican tres métodos: por combustión, por explosión y por agua o compuestos químicos. Jamás aplicar el método de simple entierro.

A. La destrucción por combustión consiste en quemar los residuos extendidos sobre papel o cartón, rociándolos con un poco de petróleo y encendiéndolos a distancia. Cada montón a quemar no debe exceder de 15 kg, no utilizando el mismo emplazamiento para otras quemas.

B. La destrucción por explosión consiste en confinar el material deteriorado en un taladro de voladura o en un hoyo bajo tierra o arena, para detonarlo con una carga explosiva, también en lotes pequeños.

C. La destrucción por agua se aplica para disolver al ANFO y otros nitratos.

Algunos explosivos se descomponen con productos químicos como la acetona, mayormente al nivel de laboratorio.

---

<sup>5</sup> SUCAMEDICSCAMEC: DS 019-71-IN, Capítulo IX, Artículo 157-166.

La combustión por ejemplo es aplicable a las dinamitas y mecha de seguridad; las emulsiones hidrogeles y detonadores se destruyen sólo por explosión; el agua disgrega a los nitratos y algunas dinamitas, no a las emulsiones o hidrogeles.

El papel, cartón y otros materiales de embalaje no deben usarse para otros fines y se destruirán por quemado en capas delgadas, situándose a no menos de 30 m del punto de destrucción.

### **3.9. Gases y polvo**

Toda voladura genera cierto volumen de gases y polvo, que se mantienen en el ambiente durante un tiempo determinado hasta ser disipados mediante la ventilación natural o forzada de las labores disparadas, por lo que sólo se ingresará a una labor disparada después de que se hayan disipado los humos.

Entre las características técnicas de los explosivos se menciona su categoría de humos como 1ra, 2da o 3ra, establecida en base a la concentración temporal de CO, NO y NO<sub>2</sub>, señalando que en su generación, grado de toxicidad, persistencia y disipación intervienen directamente varios factores: la composición del explosivo y su balance de oxígeno en la detonación; la carga y el encendido; las características de la roca o del mineral disparado; el tiempo y el flujo de aire de ventilación en las labores.

En cuanto a su implicancia sobre la seguridad y salud del personal es importante señalar los siguientes aspectos:

Los gases según su naturaleza pueden ser: inocuos, irritantes, nocivos o venenosos, y generan los siguientes riesgos:

- Asfixia, por anoxia, al desplazar al aire.
- Intoxicación, envenenamiento y muerte, según sus características letales.

Estos efectos están condicionados por el tiempo de exposición de la persona y por el nivel de concentración del gas en el ambiente, que determinan el grado de

intoxicación, calificándolo desde leve, notable, severo, grave hasta mortal. Tan inconveniente es un largo tiempo de permanencia en un ambiente con baja concentración, como un corto tiempo, en uno con elevada concentración.

Los límites permisibles de concentración de gases para una jornada de 8 horas de exposición (por debajo de los cuales el trabajador podrá laborar sin problema) se han establecido en el Perú por el DS 055-2010- EM/ DGM del 16/08/75 Artículo 277 del Reglamento de Seguridad Minera y por el DS 00258-75 del 22-09-75, Artículo 1 – Tabla 1 “Valores límites permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo”, resumidos en el siguiente cuadro, donde:

<b>Gases</b>	<b>Valores max. De concentración / 8 hrs. De trabajo (ppm)</b>	<b>(%)</b>
O <sub>2</sub>	-	19,5%, mínimo
CO	25	0,0025%
NO <sub>x</sub>	5	0,0005%
CO <sub>2</sub>	5 000	0,5%
SO <sub>2</sub>	5	0,0005%
H <sub>2</sub> S	10	0,001%
CH <sub>4</sub>	5 000	0,5%
H <sub>2</sub>	5 000	0,5%
Aldehídos	5	0,0005%

## **CONCLUSIONES**

- 1.- Que las actividades de manipulación de material explosivo se encuentran reguladas por las siguientes normas legales: decreto supremo N° 019-71/ IN, decreto supremo N° 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería, decreto supremo N° 005-2012-TR Reglamento de la ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
  
- 2.- Que la actividad de manipulación de material explosivo se considera “Trabajos de alto riesgo” conforme lo prescribe el decreto supremo N° 055-2010-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería y decreto supremo N° 019-71/ IN.
  
- 3.- Que las empresas dedicadas a estas actividades:
  - a. Han elaborado y ejecutan diferentes procedimientos operacionales y políticas de seguridad para complementar la norma legal que regula esta actividad.

- b. Han diseñado e implementado distintos programas de prevención para neutralizar cualquier tipo de riesgo, como así, ante la ausencia de directivas referentes a los programas de capacitación por parte del órgano rector, las empresas han destinado personal y recursos para la confección y la ejecución de programas de capacitación específicos destinados al personal que manipula este material.
  - c. Han invertido parte de sus ingresos en la adquisición de equipamientos idóneos para la protección de su personal.
  - d. Han diseñado y puesto en ejecución diferentes inspecciones de seguridad con la finalidad de detectar el origen de los accidentes relacionados con esta actividad.
  - e. Que gran parte de los accidentes con material explosivo han sido provocados por personas inexpertas o carentes de la pericia necesaria.
  - f. Que el mayor riesgo de accidentes en las diferentes etapas de la manipulación de material explosivo se centraliza en la preparación de la zona de voladura y en la presencia de cargas explosivas o taladros sin explotar.
- 4.- Que la Superintendencia nacional de control de servicios de seguridad, armas, municiones y explosivos de uso civil (SUCAMEC):
- a. Ha elaborado disposiciones de seguridad referentes a las distintas operaciones con material explosivo, las cuales en algunos casos resultan insuficientes. Debiendo implementar normas análogas a las que exige ese registro para la tenencia y portación de armas de fuego.
  - b. Que debe elaborar y controlar la ejecución de los proyectos pedagógicos de los cursos de capacitación para el personal idóneo en explosivos, en especial, a las curriculas y contenidos de las asignaturas y los objetivos generales de cada curso de capacitación.
  - c. Que tiene que crear normas con las especificaciones técnicas que deben reunir los equipos de protección personal específicos de esta actividad.

- d. Que debe instrumentar en forma eficiente y eficaz un método de control y fiscalización de las actividades de manipulación de explosivos, la cual hasta el momento no ha sido sometida a ningún control directo del órgano de control.
- 5.- Que las Fuerzas de Seguridad y Fuerzas Policiales tienen responsabilidades directas en las operaciones de importación y exportación de material explosivo y en otras actúan en calidad de cooperación del órgano rector ante un requerimiento formulado en forma expresa por éste, es el caso específico de las operaciones de transporte, almacenamiento, y destrucción de material explosivo. Como también, se encuentran en capacidad de ejecutar el control de esta actividad pero la misma debe ser coordinada previamente con el órgano de control.
- 6.- Las empresas dedicadas a las actividades de manipulación de explosivos tiene pleno conocimiento de la importancia de realizar actividades de prevención y crear una cultura de seguridad en cada uno de sus colaboradores con el fin de evitar la ocurrencia de accidentes e incidentes.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:**

- UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS... “Manual del uso de explosivos”, Segunda edición, Editorial Gráficas Rógar S.A., Madrid 2002, p.
- DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY INC (1973), “Manual para el uso de explosivos”, México D.F. Compañía Editorial Continental S.A., página 598.
- MENDEZ MESTRE, José Antonio (2007). ”Capacitación en Protección e Higiene del Trabajo”. En <http://www.monografias.com/trabajos43/proteccion-higiene-laboral/proteccion-higiene-laboral2.shtml?monosearch>. Obtenida el 28/08/08.
- “Manual de explosivos” versión 1991, IRECO Chile Ltda.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, Manual de Perforación y Voladura de Rocas, segunda edición, editorial I. Izquierdo S.A., Madrid 1994.
- ANAEX S.A., Manual de Tronadura Anaex S.A., Santiago 2011.
- DetNet, “HotShot is a Trademark of DetNet”, South Africa 2006.
- LOPEZ JIMENO CARLOS...Manual de diseño de perforación y voladura de rocas, segunda edición, editorial cartografía Madrid S.A, Madrid 2000.

### **BIBLIOGRAFÍA CITADA:**

- CORTES DIAZ José María, “Seguridad e Higiene del trabajo”, primera edición, editorial Tebar S.L., Madrid 2008, p. 769.
- LIVELLARA, Carlos A., “Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo”, primera edición, editorial Astrea, Buenos Aires 1987, p. 5.
- ROMUALDI, Emilio Elías y Otros, “Teoría y Práctica del Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social”, segunda edición, editorial Lexi Nexi, Buenos Aires 2006, p. 256.
- CHIAVENATO, Idalberto, “Administración de Recursos Humanos”, primera edición, editorial Lito Camargo Ltda, Colombia 1998, p. 360.
- BASELGA MONTE, Manuel y OTROS, “Seguridad y Medicina del Trabajo en la Prevención y Lucha contra los Accidentes de Trabajo”, primera edición, editorial JIMS, Barcelona 1978, p. 121.
- Decreto Supremo N° 055-2010-EM, Reglamento de seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería.
- Decreto Supremo N° 019-71/IN, Reglamento de control de explosivos de uso civil.
- EXSA SA., “Manual de voladura”, cuarta edición, Lima 2014, p. 23.

- LOPEZ JIMENO CARLOS....Manual de diseño de perforación y voladura de rocas, segunda edición, editorial cartografía Madrid S.A, Madrid 2000.

### **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- REPSOL YPF S.A., “Norma OG-19 Procedimiento uso en explosivos”, Buenos Aires 2005, página 10.
- GONZALEZ, SANTIAGO EUGENIO, “Medidas preventivas ante presencia de corrientes en operaciones con material explosivos”, en <http://redproteger.com.ar/escuelaseguridad/index.php?act=category&id=14>, Obtenida el 02/05/08.

### **BIBLIOGRAFÍA NO CONSULTADA:**

- SANDVIK COROMANT....Manual de perforación de rocas, primera edición, editorial Atlas copco, Córdoba 2006.
- AECl, 1984. "Drilling accuracy", Explosives Today Technical Bulletin, Series 2, No. 36.
- AFROUZ, A., HASSANI, F.P., AND UCAR, R., 1988. "An investigation into blasting design for mining excavations", Mining Science and Technology.
- ANDERSON, D. A., 1989. The 8 ms “criterion”: 'Have we delayed too long in questioning it?', Proc.Conf. on Explosives and Blasting Technique, Society of Explosives Engineers, AnnualConference.
- ASH, RL., & SMITH, N.S., 1976. "Changing borehole length to improve breakage: a case history", Proc Second Conference on Explosives and

Blasting Techniques, Society of Explosives Engineers, Louisville, Kentucky, Jan 28-30.

- BARNES, 13; 1988. "Presplitting techniques with large diameter blastholes in Western Coal", Proc. Society of Explosives Engineers, 14 Annual Conference of Explosives and Blasting Technique Anaheim.

## **ANEXOS**

Anexo N° 01: Cuadro de compatibilidad de explosivos para el traslado o almacenamiento en conjunto

	DISTRIBUCIÓN																	POL - TA- 01		
	CUADRO DE COMPATIBILIDAD DE EXPLOSIVOS PARA EL TRASLADO O ALMACENAMIENTO EN CONJUNTO																	Edición 02		
MATERIAL EXPLOSIVO	Dinamita, Emulsión, Hidrogeles sensibilizados	Cordón Detonante	Detonador ensamblado C/C	Detonador ensamblado S/C	Mecha de seguridad	Mecha rápida	Fulminante Simple	Conector Ignición	Pentolita, Booster	Pentolita, rompedor cónico	Detonador no eléctrico, Conector unidireccional para dual	Detonador no eléctrico, de retardo	Detonador eléctrico	Tubo de choque	Detonador electrónico	Línea Silenciosa	Retardo para cordón detonante, bidireccional	Retardo para cordón detonante, Hueso	Nitrato de amonio	Examón, Solanfo y similares
Dinamita, Emulsión, Hidrogeles sensibilizados	X	X			X	X		X	X	X				X					X	X
Cordón Detonante	X	X			X	X		X	X	X				X					X	X
Detonador ensamblado C/C			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Detonador ensamblado S/C			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Mecha de seguridad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mecha rápida	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fulminante Simple			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Conector Ignición	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pentolita, Booster	X	X			X	X		X	X	X				X					X	X
Pentolita, rompedor cónico	X	X			X	X		X	X	X				X					X	X
Detonador no eléctrico, Conector unidireccional para dual			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Detonador no eléctrico, de retardo			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Detonador eléctrico			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Tubo de choque	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Detonador electrónico			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Línea Silenciosa			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X		
Retardo para cordón detonante, bidireccional			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X		
Retardo para cordón detonante, Hueso			X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X		
Nitrato de amonio	X	X			X	X		X	X	X				X					X	X
Examón, Solanfo y similares	X	X			X	X		X	X	X				X					X	X

NOTA: LOS CASILLEROS CON (X) SIGNIFICAN PRODUCTOS COMPATIBLES Y LOS CASILLEROS EN BLANCO SIGNIFICAN INCOMPATIBILIDAD.

Anexo N° 02: Seguridad en el uso de explosivos.

# SEGURIDAD EN EL USO DE EXPLOSIVOS



PUBLICADO POR EXSA S.A.  
LIMA - PERU  
Quinta Edición 2009

## INTRODUCCION

Es imposible incluir en este folleto precauciones o procedimientos para todas y cada una de las situaciones que pudieran presentarse; sin embargo, se incluyen recomendaciones para evitar las causas más comunes de los accidentes. En caso de cualquier duda, recomendamos consultarnos.

El término "explosivo" comprende aquí a todos y cada uno de los siguientes productos y sus variables: dinamitas, emulsiones, hidrogeles, agentes de voladura de todo tipo, ANFO, pólvora negra, pólvora granulada, fulminantes comunes, fulminantes eléctricos, detonadores no eléctricos, detonadores electrónicos, retardos, línea silenciosa, boosters y cordón detonante.

El término "fulminante común (cápsula, detonador, estopín)" incluye a los fulminantes No. 6 y No. 8

El término "fulminante eléctrico (cápsula, detonador, estopín)" abarca aquí tanto a los instantáneos (retardo "0") como a todos los tipos de retardos.

El término de "detonador no eléctrico", incluye las series de retardo de periodo único, así como a las de período corto y largo. Abarca también los accesorios similares que utilizan detonadores con retardos y tubo de choque

El término "cebo" se refiere a un dispositivo de iniciación compuesto por un cartucho con explosivo de alto poder, ya sea de dinamita o emulsión sensible en combinación con cualquier tipo de fulminante (común, eléctrico, no eléctrico o electrónico). También se aplica al booster de pentolita

## AL TRANSPORTAR EXPLOSIVOS:

**SIEMPRE** acatar rigurosamente las disposiciones establecidas por las leyes y reglamentos vigentes en el país (Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil D.S. Nº 019-71/IN, Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).

**SIEMPRE** asegurar que todo vehículo destinado a transportar explosivos reúna las condiciones exigidas por la Dirección de Tránsito y el Reglamento de Control de Explosivos de DICSCAMEC.

**SIEMPRE** verificar el buen funcionamiento del vehículo. Los costados y los extremos deberán ser los suficientemente altos y cerrados que no permitan que la carga sobresalga, debiendo además cubrirla con una lona impermeable y estar provisto de cunbreras para evitar empozamientos de agua en caso de lluvias.

**SIEMPRE** llevar en los vehículos que transportan explosivos, dos extintores de incendios en lugares apropiados y de fácil acceso debiendo obligatoriamente el chofer, ayudante y custodios conocer su correcto uso.

**SIEMPRE** tener apagado el motor del vehículo durante las operaciones de carga y descarga de explosivos.

**SIEMPRE** debe verificar que la plataforma del vehículo que transporte explosivos sea compacta sin huecos o fisuras.

**SIEMPRE** efectuar operaciones de carga y descarga de explosivos durante las horas del día y nunca cuando haya tormentas eléctricas, de arena o de nieve.

**SIEMPRE** durante la carga y descarga de explosivos sólo podrán permanecer en las inmediaciones el personal autorizado para tal efecto, prohibiéndose cualquier otra actividad en un radio de 50 m.

**SIEMPRE** las personas encargadas de carga, descarga y transporte de explosivos serán mayores de edad, gozarán de buena salud, de reconocida buena conducta, no adictos al uso de bebidas alcohólicas o narcóticas.

**NUNCA** permitir que las cajas de explosivos estén en contacto con metal alguno, excepto estructura fija propia del vehículo.

**NUNCA** transportar conjuntamente con explosivos materiales metálicos, combustibles o corrosivos.

**NUNCA** permitir fumar en el vehículo, ni permitir la presencia en él de personas no autorizadas e innecesarias.

**NUNCA** permitir abrir las cajas que contienen explosivos sobre las plataformas del vehículo o en el área de desembarque o almacenaje.

**NUNCA** transportar explosivos secundarios (ej. dinamitas) junto con explosivos primarios (ej. fulminantes).

**NUNCA** conducir vehículos con explosivos a través de poblaciones a menos que no pueda ser evitado.

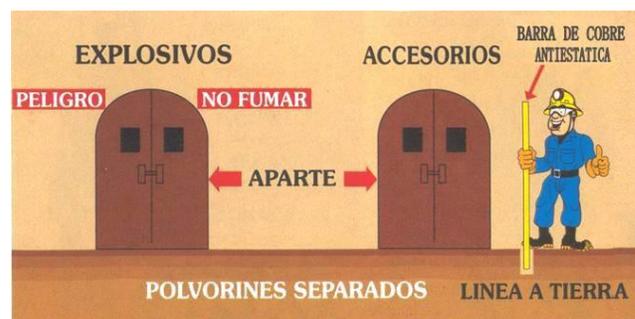
**NUNCA** estacionar vehículos con explosivos cerca de lugares donde hay aglomeración de personas como restaurantes, escuelas, garajes, estaciones de gasolina, etc.

### AL ALMACENAR EXPLOSIVOS:

**SIEMPRE** almacenar explosivos en polvorines que se ajustan a las características y requerimientos de las normas legales y reglamentos en vigencia.

**SIEMPRE** guardar los explosivos en un polvorín y los accesorios de voladura en otro polvorín.

**NUNCA** almacenar en un mismo polvorín, explosivos de grupos diferentes.



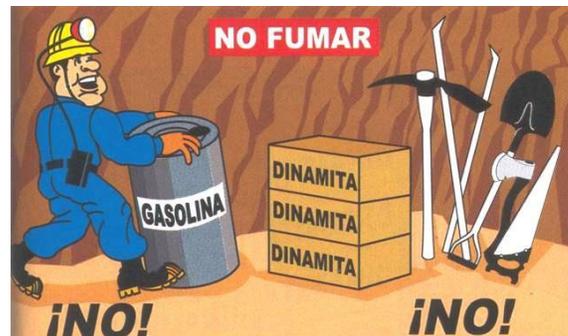
**SIEMPRE** descargar la corriente estática que pueda haberse almacenado en el cuerpo, antes de manipular detonadores, tocando una barra de cobre con línea a tierra.

**SIEMPRE** guardar explosivos en polvorines limpios, secos, bien ventilados, razonablemente frescos, sólidamente contruidos, resistentes a las balas, al fuego, y con cerradura de seguridad.

**SIEMPRE** embarcar, despachar o utilizar los productos que sean de mayor antigüedad.

**SIEMPRE** almacenar cajas de dinamita o emulsiones sensibles encartuchadas en forma horizontal (plana) con la tapa hacia arriba y almacenar juntos los productos del mismo tipo y clase de tal manera, que sea fácil identificarlos. Esto simplificará el conteo, la revisión y control de antigüedad de los productos.

**NUNCA** guardes herramientas ni objetos de metal que puedan producir chispas en un polvorín.



**SIEMPRE** tener especial cuidado con cajas rotas, defectuosas o que estén escurriendo. En caso de recibir cajas en estas condiciones, acomodarlas por separado dentro del polvorín y mandar un reporte detallado al fabricante.

**SIEMPRE** tener la puerta del polvorín cerrada con llave excepto cuando se abra para realizar algún movimiento de mercancía.

**SIEMPRE** observar las disposiciones legales vigentes para el almacenamiento de explosivos.

**SIEMPRE** consultar al fabricante cuando alguna sustancia líquida de explosivos deteriorados se haya escurrido al piso del polvorín. En primera instancia el piso debe ser barrido con aserrín. Eventualmente debe ser limpiado con solventes o soluciones apropiadas. Los materiales residuales de limpieza (aserrín trapos, etc.) deben ser incinerados adecuadamente.

**SIEMPRE** mantener debidamente protegidas las lámparas eléctricas cercanas al polvorín y las de la zona de encapsulado.

**SIEMPRE** construir polvorines en lugares alejados de construcciones, casas, edificios, carreteras o vías férreas, observando las distancias recomendadas por las disposiciones reglamentarias vigentes, como las del reglamento del DICSCAMEC.

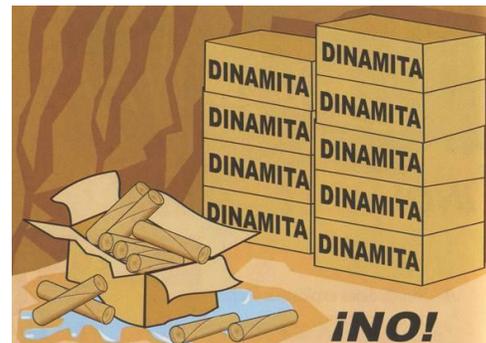
**SIEMPRE** utilizar únicamente una linterna de seguridad si se requiere de iluminación artificial.

**SIEMPRE** reparar de inmediato si aparecen goteras en el techo o paredes del polvorín.

**NUNCA** ensamblar mecha con fulminantes/conectores dentro del polvorín.

**NUNCA** abrir, empaclar o envasar cajas de explosivo dentro del polvorín o a una distancia menor a 50 metros del mismo.

**NUNCA** dejar explosivo suelto o cajas de explosivos abiertas dentro del polvorín.



**NUNCA** reutilizar cajas de dinamitas o emulsiones encartuchadas vacías para otro fin que no sea reembalar explosivos, lo que se hará fuera del polvorín.

**NUNCA** almacenar cordón detonante juntamente con fulminantes comunes, eléctricos, no eléctricos o electrónicos.

**NUNCA** almacenar explosivos en un lugar húmedo, ni cerca de materiales combustibles: madera, cartón, papeles, aceites, gasolina, o solventes, ni cerca de calentadores, tubería de vapor, estufas u otras fuentes de calor.

**NUNCA** permitir la acumulación de hojas, hierbas, matorrales o basura dentro de un radio no menor de 10 m. alrededor de un polvorín.

**NUNCA** fumar ni llevar fósforos, llama abierta u otra forma de fuego ni dentro ni cerca de un polvorín.



**NUNCA** disparar armas de fuego hacia los explosivos ni tampoco cerca de un polvorín.

**NUNCA** hacer pruebas con explosivos ni con accesorios de voladura dentro de un polvorín o sala de encapsulado para constatar su estado de conservación, éstas pueden efectuarse sólo en un área de seguridad destinada a tal finalidad.

## AL UTILIZAR EXPLOSIVOS:

**SIEMPRE** volver a tapar las cajas o envases de explosivos después del uso. Dejar bien cerradas las bolsas plásticas con el resto de cartuchos que queden sin usar.

**NUNCA** permitir fumar, portar fósforos, luces descubiertas, u otra forma de fuego cerca de los lugares en que se estén manipulando y usando explosivos.



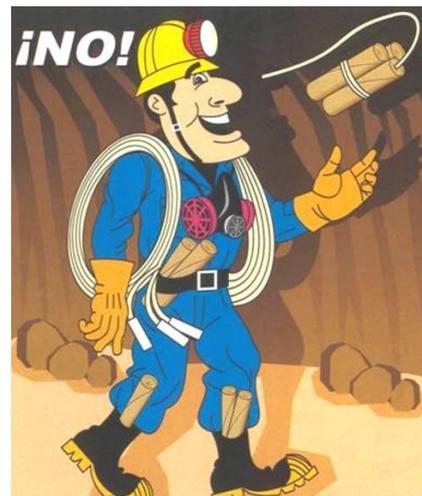
**NUNCA** utilizar herramientas de metales que puedan producir chispas para abrir cajas conteniendo explosivos. Pueden eventualmente utilizarse cortadores metálicos para abrir cajas de cartón, siempre y cuando el cortador no toque las grapas metálicas de la caja ni los explosivos.

**NUNCA** utilizar herramientas eléctricas que puedan producir chispas o corto circuito cerca a los explosivos.

**NUNCA** colocar explosivos en lugares donde estén expuestos a llamas, al calor excesivo, a las chispas o a golpes, o donde puedan ser sustraídos

**NUNCA** llevar explosivos en los bolsillos de la ropa ni en otra parte del cuerpo.

**NUNCA** llevar explosivos y accesorios juntos, aunque sea necesario hacer dos o más viajes, primero con los explosivos, y después con los accesorios.



**NUNCA** insertar en el extremo abierto de los detonadores ninguna otra cosa que no sea la mecha de seguridad.

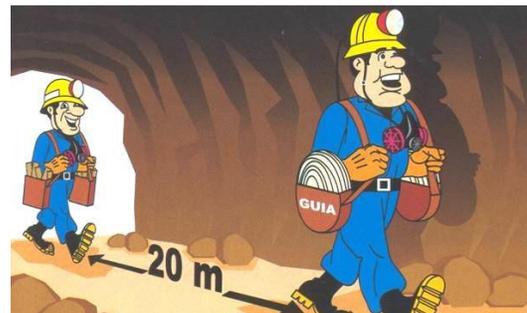
**NUNCA** golpear ni tratar de alterar, sacar o examinar el contenido de los fulminantes comunes, eléctricos, no eléctricos, o electrónicos; ni tratar de arrancar los conductos de transmisión del sistema de encendido de los fulminantes eléctricos, no eléctricos o electrónicos.

**NUNCA** permitir la presencia de niños o personas no autorizadas en los lugares en que se manipulen/utilicen explosivos.

**NUNCA** manipular ni usar explosivos, ni permanecer cerca de ellos, cuando se aproxima o durante una tormenta eléctrica, cuando llueve, o cuando ocurren temporales de nieve o de arena. Todos deben retirarse a un lugar seguro.

**NUNCA** usar explosivos o equipo para voladura que muestren señales claras de deterioro o daño.

**SIEMPRE** lleva los explosivos en forma separada de los accesorios manteniendo una distancia prudencial entre ellos, que puede ser de 20 metros.



**NUNCA** intentar aprovechar o utilizar mecha, fulminantes comunes o eléctricos ni ningún otro explosivo que se haya mojado, aún después de secarse.

**SIEMPRE** tratar a los fulminantes, detonadores o retardos con el debido cuidado, ya que estos por su constitución son muy sensibles, por lo tanto no se debe golpear ni arrojar los manojos de guías armadas.



**SIEMPRE** debe mantenerse un inventario suficiente de accesorios de voladura para impedir el uso de elementos de distinto fabricante, de longitudes inadecuadas o tiempos incorrectos.

## AL PREPARAR EL CEBO Y EL CARGUIO A LOS TALADROS:

**SIEMPRE** preparar los cebos de acuerdo con los procedimientos aprobados y recomendados por el fabricante y estar completamente seguros que el fulminante esté completamente enterrado en el cartucho.

**SIEMPRE** asegurar que durante el carguío no exista tensión en el punto de unión de la capsula y los diferentes conductores, alambres, tubo de choque, cables o mecha.

**SIEMPRE** deben estar los cartuchos de emulsión en contacto íntimo en la columna explosiva, para evitar la discontinuidad de la detonación por su baja simpatía.

**NUNCA** forzar cualquier tipo fulminante o detonador para introducirlo dentro de un cartucho (Utilizar el punzón de cobre, bronce, madera, hueso u otro material que no produzca chispas).

**NUNCA** preparar los cebos en el interior de un polvorín, o cerca de explosivos, ni preparar una cantidad mayor de cebos de la que se va a utilizar de inmediato.

**NUNCA** preparar el cebado de los cartuchos de emulsiones con fulminantes menores al No. 8.

**SIEMPRE** cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad relativas a la perforación y la carga.

**SIEMPRE** examinar el frente de voladura antes de perforar, para descubrir la presencia de restos de cualquier explosivo sin estallar en los taladros del tiro anterior.

**SIEMPRE** examinar cada taladro cuidadosamente antes de cargarlo para conocer su condición, usando para ello un atacador de madera, una cuchara extractora (antichispa) o incluso una cinta métrica.

**SIEMPRE** admitir la posibilidad de peligro de electricidad estática al utilizar los detonadores eléctricos, no eléctricos o electrónicos en las labores. Antes de iniciar la operación del cebado al cartucho de explosivo, es preferible descargarse haciendo contacto con las manos a la roca.

**SIEMPRE** admitir la posibilidad de peligro de electricidad estática cuando se efectúe la carga neumáticamente y tomar todas las medidas de precaución necesarias como la de colocar una línea a tierra. Recuerde que una baja humedad relativa en la atmósfera aumenta el riesgo de electricidad estática.

**SIEMPRE** cortar del carrete la línea de cordón detonante una vez que penetra en el barreno, antes de meter el resto de la carga explosiva.

**SIEMPRE** la distancia entre cordones detonantes paralelos debe ser mayor a 20 cm.

**SIEMPRE** evitar que las personas dedicadas a la operación de carga, tengan expuesto partes de su cuerpo sobre el taladro que esté cargándose ni colocarse en dirección del mismo.

**SIEMPRE** conectar fulminantes comunes, no eléctricos o eléctricos al cordón detonante de acuerdo con los métodos recomendados por el fabricante.

**SIEMPRE** conocer la existencia de la dispersión de los tiempos de retardo de un detonador eléctrico o no eléctrico, para poder ser usados en forma alterna y no tener traslapes en sus tiempos de salida.

**NUNCA** dejar explosivos sobrantes dentro de la zona de trabajo durante el carguío de los taladros, ni dejar los sobrantes abandonados después de terminar el trabajo.

**NUNCA** cargar un taladro con explosivos después de terminar la perforación, sin antes cerciorarse de que esté limpio, fresco y no contenga metal caliente ni material ardiente o residuos humeantes.

**NUNCA** perforar cerca de otro taladro cargado con explosivos.

**NUNCA** empujar con excesiva fuerza los cartuchos u otros explosivos para introducirlos en el taladro o para pasarlos por una obstrucción en el mismo.

**NUNCA** deformar o maltratar el cebo, no dejarlo caer ni dejar caer sobre él cargas pesadas.

**NUNCA** cargar ningún taladro con fulminantes eléctricos o electrónicos cerca de líneas de fuerza eléctrica.

**NUNCA** usar cordón detonante o mecha para amarrar paquetes, piezas de las máquinas, mangueras, y menos cajas de explosivos.

**NUNCA** permitir la mala práctica de utilizar cordón detonante o mecha en la vestimenta, como correa, pasadores etc.

## AL ATACAR:

**SIEMPRE** confinar los explosivos en el taladro empleando arena, tierra, barro u otro material incombustible apropiado para taco.

**NUNCA** atacar dinamita extraída de sus cartuchos.

**NUNCA** atacar con implementos metálicos de ninguna especie. Usar únicamente herramientas de madera, sin partes metálicas, salvo algún instrumento metálico especial que no produzca chispas. Evitar el atacado violento.

**NUNCA** atacar el cebo.

**NUNCA** maltratar los dispositivos de transmisión que llevan el impulso iniciador desde el punto de origen hasta el núcleo sensible del detonador que pueden ser: La mecha, mangueras plásticas delgadas (tubo de choque), alambres conductores eléctricos y cables del sistema electrónico al atacar, ni permitir que se formen en ellos nudos o dobleces.

**NUNCA** atacar los cartuchos de emulsiones en forma violenta para evitar su desensibilización, por la rotura de los microbalones de vidrio o la fuga del gas interpuesto en la masa del explosivo

## ANTES Y DESPUES DEL DISPARO:

**NUNCA** disparar sin una señal de autorización de la persona encargada, quien se habrá cerciorado que todos los explosivos excedentes se encuentren en un lugar seguro, que todas las personas y vehículos estén a una distancia segura o debidamente resguardados y que se haya dado aviso adecuado.

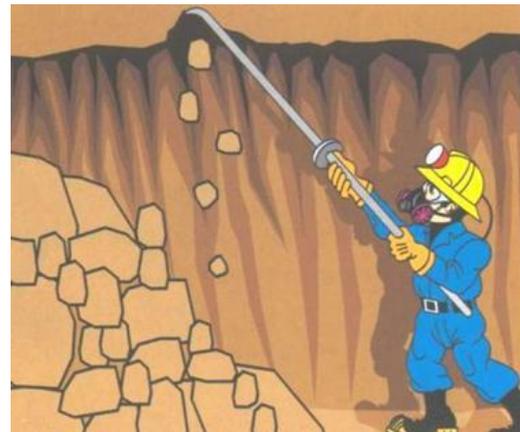
**NUNCA** regresar al área de la voladura en forma inmediata al disparo, sino esperar hasta que se hayan disipado los humos y los gases.

**NUNCA** intentar investigar una eventual falla demasiado pronto. Cumplirlos dispositivos y reglamentos establecidos para este fin, o en su defecto esperar como mínimo dos horas.

**NUNCA** perforar, atravesar o sacar una carga de explosivos que ha fallado. Las fallas deben ser manejadas única y exclusivamente bajo la dirección de una persona competente y experimentada que tenga autorización para ello.

**SIEMPRE** para sacar un tiro cortado se debe utilizar un cartucho de igual o mayor potencia que el usado en el cebo original

**NUNCA** reingresar a una labor después del disparo sin antes asegurarse que el techo este consolidado. Desquinchar antes si fuera necesario, para evitar desplomes.



## AL HACER VOLADURAS CON EL SISTEMA DE MECHA LENTA:

**SIEMPRE** manipular la mecha con cuidado, sin dañar la cubierta.

**SIEMPRE** encender la mecha con un encendedor apropiado para ese fin. Si se utiliza un fósforo, rajar el extremo de la mecha e insertar la cabeza del fósforo dentro de esta hendidura. Entonces frotar la cabeza del fósforo con la superficie de encendido de la caja de fósforos.

**NUNCA** utilizar mecha de longitud corta. No deben usarse tramos menores de 90 cm.

**SIEMPRE** conocer el tiempo que tarda en quemar la mecha, y asegurarse de tener un tiempo suficiente para llegar a un lugar seguro después de encenderla. En disparos grandes calcular bien el tiempo total de encendido de las mechas para prevenir tiros prematuros mientras aún se está trabajando en el frente de la labor.

**NUNCA** cortar la mecha sino inmediatamente antes de fijarla en el fulminante. Cortarla tres o cuatro centímetros de la punta al inicio de la operación del encapsulado, para asegurar que el extremo esté seco.

**SIEMPRE** cortar la mecha a escuadra usando un cuchillo o navaja afilada y limpia.

**NUNCA** fijar los fulminantes a la mecha sin utilizar el alicate especial de encapsulado o máquinas especialmente diseñadas para este fin. Cerciorarse que el fulminante quede bien fijado a la mecha, para evitar que se desprenda o que se humedezca.

**NUNCA** encender la mecha sin antes cubrir el explosivo lo suficiente para impedir que las chispas o cabezas de fósforo puedan hacer contacto con el explosivo. Esto naturalmente con el explosivo que este fuera del taladro.

**NUNCA** tener explosivos en la mano al encender la mecha.

**SIEMPRE** mantener distancia segura y cobertura de protección cuando se efectúan disparos secundarios: plastas, cachorros, etc.

**SIEMPRE** asegurarse que los empates de las cápsulas conectoras con la mecha de seguridad y con la mecha rápida (cordón de ignición) cuando este método de encendido sea empleado, estén bien hechos, para evitar fallas de encendido.

**SIEMPRE** al utilizar la mecha rápida asegurar que las mechas de seguridad del frente de disparo se hayan encendido antes de que detone la primera carga. Y en los tajeos que tengan tandas largas, se debe asegurar que la detonación de la primera carga no afecte el tren de encendido del resto de los taladros

## AL HACER VOLADURA CON EL SISTEMA NO ELECTRICICO:

**SIEMPRE** utilizar cordón detonante de bajo gramaje para iniciar los detonadores.

**SIEMPRE** utilizar el conector "J", para engrampar el cordón detonante, en el caso de no contar con este accesorio hacer solamente un nudo para envolver el tubo de choque.

**SIEMPRE** armar el plan de iniciación haciendo circuitos cerrados con el cordón detonante.

**SIEMPRE** aplicar el punto de conexión entre el cordón detonante y el tubo de choque lo más cercano posible a la boca del taladro.

**SIEMPRE** conectar el tubo de choque y el cordón detonante formando un ángulo recto.

**SIEMPRE** mantener una distancia mínima de 20 cm. entre el detonador y los nudos de cordón detonante.

**SIEMPRE** utilizar cinta adhesivo para hacer contacto íntimo entre el cordón detonante y el fulminante ensamblado en la mecha de seguridad.

**SIEMPRE** el punto de contacto del conector ensamblado y el cordón detonante debe estar por lo menos a un metro de distancia del punto de inicio del circuito donde están conectados los detonadores.

**SIEMPRE** utilizar adecuada longitud de cordón detonante para que el tubo de choque de los detonadores alcancen a conectarse fuera de la zona influencia del sello ultrasónico, debiendo mantenerse el punto de contacto del cordón detonante y el tubo de choque a una distancia de 30 cm. del sello aproximadamente.

**NUNCA** tensionar excesivamente el tubo de choque del detonador.

**NUNCA** cortar o romper tensionando el tubo de choque del detonador (puede haber generación de electricidad estática activando al detonador).

**NUNCA** cruzar el tubo de choque del detonador con las líneas de cordón detonante.

**NUNCA** iniciar el detonador con cordón detonante de gramaje superior a 5 g/m.

**NUNCA** iniciar el tubo de choque del detonador o el cordón detonante direccionando el detonador en el sentido opuesto a la propagación de la detonación.

**NUNCA** aplicar el detonador no eléctrico en circuitos abiertos de cordón detonante para iniciar la voladura.

**NUNCA** pasar los vehículos sobre el tubo de choque del detonador.

**NUNCA** cruzar las líneas de detonación entre los cordones detonantes.

**NUNCA** tensionar excesivamente los cordones detonantes ni sus nudos de conexión.

**NUNCA** formar ángulos reversos durante la conexión entre las líneas de cordón detonante, ni entre estas y el tubo de choque del detonador.

**NUNCA** formar ángulos agudos con las líneas de detonación.

## AL HACER VOLADURAS ELECTRÓNICAS:

**SIEMPRE** manipular los detonadores electrónicos con mucho cuidado, **NUNCA** golpearlos o lanzarlos.

**SIEMPRE** conservar los conectores de los detonadores cerrados luego de la asignación de tiempos hasta el momento de la conexión.

**SIEMPRE** al realizar el carguío y tapado de los taladros evitar maltratar y/o aplastar los cables superficiales.

**SIEMPRE** revisar los equipos de control (Tagger Lite, Bench Box, Base Station) en la oficina realizando el check list de funcionamiento, canales de radio frecuencia, llaves de encriptado y estado de baterías.

**SIEMPRE** llevar al campo todas las herramientas necesarias (pelacables, alicate, cuchilla, cinta aislante) y equipos de reemplazo (siempre uno más).

**SIEMPRE** verifique los tiempos y la cantidad de detonadores testeados con su plano de diseño.

**NUNCA** exceder los límites del Sistema estipulados por el fabricante (cantidad de detonadores, longitud de cables superficiales, distancia de conexión en radio-frecuencia)

**NUNCA** manipule celulares a menos de 5 metros de los detonadores y equipos de control.

**NUNCA** coloque la antena de radio-frecuencia a menos de 1 metro de los detonadores.

**NUNCA** trabaje a menos de 20 cm. De la antena de radio-frecuencia.

**NUNCA** entregue la llave de disparo a una persona que no está calificada y certificada en el manejo del Sistema, **SIEMPRE** llévela consigo.

## COMO REDUCIR AL MÍNIMO LOS HUMOS:

**SIEMPRE** aplicar el cebo mínimo recomendado por el fabricante, para garantizar la detonación del explosivo en su régimen más alto.

**SIEMPRE** usar el cartucho de mayor diámetro posible de acuerdo con el tipo de trabajo y el diámetro del taladro, para obtener mejor acoplamiento de explosivo / roca.

**SIEMPRE** confinar la carga explosiva con un taco no combustible

**SIEMPRE** usar la ventilación apropiada, con la corriente de aire dirigida hacia los lugares de trabajo

**SIEMPRE** hacer controles frecuentes para asegurarse que el aire usado en la ventilación no contenga monóxido de carbono ni otros gases tóxicos.

**SIEMPRE** permitir que transcurra un tiempo prudencial antes de regresar al lugar de la voladura, después de haber efectuado el disparo.

**NUNCA** emplear explosivos ni accesorios iniciadores que están humedecidos, deteriorados o dañados.

**NUNCA** sacar la masa explosiva de su envoltura

**NUNCA** emplear más carga de la necesaria

**NUNCA** añadir a la carga papel u otro material combustible.

**NUNCA** usar en terreno mojado explosivos que no sean resistentes a la humedad y si se tuviese que detonar en esas condiciones, hacerlo lo más pronto posible

**SIEMPRE** procurar rociar con agua el frente disparado y el monto de material arrancado por el disparo, para disipar el humo y el polvo remanentes.

**SIEMPRE** mantener el balance óptimo de mezcla de combustible y oxidante en el Anfo y otros agentes de voladura granulares preparados en mina.

**SIEMPRE** tener presente que las condiciones del frente de trabajo son determinantes para la mayor o menor facilidad de limpieza y evacuación de los gases (amplitud, labor ciega o abierta, ventilación natural o forzada, equipos mecanizados con motor a explosión, distancia a los ventiladores o chimeneas)

**NUNCA** disparar Anfo y otros agentes de voladura granulares en subsuelo sólo con fulminantes, sin cebo de alto explosivo, esta mala práctica baja la potencia y genera mayor volumen de humos.

### AL ELIMINAR EXPLOSIVOS:

**SIEMPRE** destruir o deshacerse de los explosivos de acuerdo con los métodos aprobados. Consultar al fabricante o seguir las instrucciones de los reglamentos de la DICSCAMEC y de la Seguridad e Higiene del Código de Minería sobre “destrucción de explosivos”.

**NUNCA** dejar explosivos ni accesorios de voladura abandonados

**NUNCA** permitir que la madera, papel u otros materiales utilizados para el embalaje de explosivos sean quemados en una estufa, chimenea u otro sitio cerrado, ni que sean utilizados para cualquier otro fin. Disponer dichos materiales en capa delgada en un sitio aprobado al aire libre y al quemarlos, situarse por lo menos a 30 metros de distancia del material encendido.

**NUNCA** llevar a las oficinas, talleres y menos a la vivienda, fulminantes, accesorias de voladura o restos de explosivos.

**SIEMPRE** la eliminación de explosivos se efectuará por personal experimentado en lugar predeterminado, alejado de viviendas y zonas de trabajo.