

Universidad Militar Nueva Granada

Malas Prácticas en el Uso De Explosivos en obras de Ingeniería Civil a cielo abierto

Leonardo Enrique Robayo Botia

Universidad Militar Nueva Granada

Programa de Ingeniería Civil, ING. Cesar Augusto López Quintero,

Facultad De Estudios A Distancia – Faedis, Universidad Militar Nueva Granada.

La información concerniente a este documento deberá ser enviada a Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, KR11 #101, Bogotá, E-mail: lerb77@hotmail.com

## **TABLA DE CONTENIDO**

TABLA DE CONTENIDO.....	I
-------------------------	---

LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	IV
LISTADO DE TABLAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCION.....	- 1 -
JUSTIFICACIÓN.....	- 3 -
OBJETIVOS.....	- 4 -
○ Objetivo general:.....	- 4 -
○ Objetivos específicos:.....	- 4 -
DEFINICIONES.....	- 5 -
CAPITULO 1 GENERALIDADES.....	- 9 -
○ Materiales explosivos.....	- 9 -
○ Características ambientales de los explosivos.....	- 10 -
○ Propiedades del explosivo.....	- 11 -
CAPITULO 2 ACTIVIDADES DE OBRA CIVIL DONDE SE UTILIZAN EXPLOSIVOS.....	- 15 -
○ Perforación.....	- 15 -
○ Perforación en rocas, concreto o madera.....	- 16 -
○ Perforación con el método Rotopercutivo.....	- 17 -
○ Sistemas de iniciación.....	- 18 -
CAPITULO 3 NECESIDADES EN OBRAS CIVILES PARA EL USO DE EXPLOSIVOS.....	- 20 -
○ Remover árboles o tocones.....	- 20 -
○ Descabece de pilotes o fracturación de vigas.....	- 22 -
○ Fracturación de roca.....	- 24 -
CAPITULO 4 LEGISLACIÓN PARA EL USO DE EXPLOSIVOS.....	- 27 -
CAPITULO 5 MALAS PRÁCTICAS CON EL USO DE EXPLOSIVOS.....	- 37 -
○ Falta de Diseño.....	- 38 -
○ Perforación.....	- 38 -
○ Selección del explosivo.....	- 39 -
Ejemplo 1. Balance de O2 negativo.....	- 40 -
Ejemplo 2. Balance de O2 positivo.....	- 41 -
Ejemplo 3. Balance de O2 en equilibrio.....	- 41 -
○ Legislación.....	- 48 -
CAPITULO 6 MALAS PRÁCTICAS EN EL USO DE EXPLOSIVOS EN LA SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	- 49 -

CAPITULO 7 MALAS PRÁCTICAS CON EL USO DE EXPLOSIVOS EN EL CONFLICTO ARMADO NACIONAL.....	- 66 -
CONCLUSIONES.....	- 82 -
RECOMENDACIONES.....	- 83 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 84 -

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Explosivos comerciales - Componentes principales, Manual del vigilante de explosivos. Pag. 96.....	- 10 -
Ilustración 2 Granulometría del ANFO Fuente material de estudio UMNG explosivos unidad 3....	- 12 -
Ilustración 3 Características del Nitrato de Amonio Fuente <a href="http://repository.lasalle.edu.co">http://repository.lasalle.edu.co</a> .....	- 14 -
Ilustración 4 Esquema de reacción de un explosivo Fuente (aimecuador, 2016).....	- 15 -
Ilustración 5 Perforación a un elemento –Barreno. Fuente propia.....	- 17 -
Ilustración 6 Perforación a un elemento –Barreno. Fuente propia.....	- 18 -
Ilustración 7 Ejemplos de cebos fuente (aimecuador, 2016).....	- 19 -
Ilustración 8 Elementos de un detonador instantáneo y temporizado fuente (explosivos.wikidot, 2016) -	19 -
Ilustración 9 Formas de troncos que se presentan en obra. Fuente <a href="http://www.123rf.com">www.123rf.com</a> .....	- 21 -
Ilustración 10 Formas de troncos que se presentan en obra. Fuente <a href="http://www.123rf.com">www.123rf.com</a> .....	- 21 -
Ilustración 11 Raíces y tocón removidos en el municipio de Tocancipa (banrepcultural.org, 2016).-	22 -
Ilustración 12 Pilotes que necesitan ser descabezados en obra. Fuente <a href="http://www.constructorasanfrancisco.com">www.constructorasanfrancisco.com</a> .....	- 23 -
Ilustración 13 Pilotes que necesitan ser descabezados en obra. Fuente <a href="http://www.constructorasanfrancisco.com">www.constructorasanfrancisco.com</a> .....	- 23 -
Ilustración 14. Excavación Viga guía para la elaboración de pantallas <a href="http://www.lineaprevencion.com">www.lineaprevencion.com</a> .-	24 -
Ilustración 15 Viga guía en obra Fuente <a href="http://constructorasanfrancisco.co">constructorasanfrancisco.co</a> .....	- 24 -
Ilustración 16 Presencia de materia l rocoso en proceso de cimentación. Fuente propia.....	- 25 -
Ilustración 17 Presencia de material rocoso en proceso de cimentación. Fuente propia.....	- 25 -
Ilustración 18 Fracturación de roca dentro de la ejecución de una cimentación <a href="http://co.class.posot.com">co.class.posot.com</a> .-	26 -
Ilustración 19 Mezcla de Nitrato de Amonio y combustible diésel fuente propia.....	- 40 -
Ilustración 20 Mezcla de Nitrato de Amonio y combustible diésel fuente propia.....	- 41 -
Ilustración 21 Manipulación inadecuada de explosivos artesanales fuente propia.....	- 42 -
Ilustración 22 Manipulación inadecuada de explosivos artesanales fuente propia.....	- 42 -
Ilustración 23 Iniciación de la voladura preparación de iniciadores. Fuente propia.....	- 44 -
Ilustración 24 Cargue del barreno artesanal fuente propia.....	- 45 -
Ilustración 25 Cargue del barreno artesanal fuente propia.....	- 45 -
Ilustración 26 Iniciación de la voladura con Batería y preparación de iniciadores. Fuente propia....	- 46 -
Ilustración 27. Explosor. Fuente propia.....	- 47 -
Ilustración 28. Proyecciones producto del exceso de material explosivo. Fuente propia.....	- 48 -
Ilustración 29. Desorden con el uso de explosivos. Fuente Propia.....	- 50 -
Ilustración 30. Esparcimiento de ANFO. Fuente propia.....	- 51 -
Ilustración 31. Destrucción de ANFO. Fuente propia.....	- 52 -
Ilustración 32. Afectación de trackdrill al detonar explosivo Fuente: Certificación en explosivos-DCCA.....	- 52 -
Ilustración 33 Vehículo que cumple con la normatividad fuente <a href="http://www.marbriella.it/comitato/indexp.html">http://www.marbriella.it/comitato/indexp.html</a> .....	- 54 -
Ilustración 34 Rejilla de ventilación circular de panal de abejas CEM fuente <a href="http://www.directindustry.es/prod/alco-technologies/rejilla-de-ventilacion-circular-depanal-">http://www.directindustry.es/prod/alco-technologies/rejilla-de-ventilacion-circular-depanal-</a> .....	- 59 -
Ilustración 35 Sistema de iluminación correcto fuente <a href="http://www.urbi.com.es/64548/64948.html">http://www.urbi.com.es/64548/64948.html</a> . -	59 -

Ilustración 36. Correcto almacenamiento y descarga de estática fuente ( <a href="http://archivohistoricominero.org/">archivohistoricominero.org/</a> , 2016).....	- 60 -
Ilustración 37 Acopio inadecuado de materiales, sustancias y artefactos fuente ( <a href="http://abc.es">abc.es</a> , 2016).....	- 61 -
Ilustración 38 forma inadecuada de almacenar explosivos fuente ( <a href="http://diaridetarragona.com">diaridetarragona.com</a> , 2016).....	- 62 -
Ilustración 39 forma incorrecta de llevar explosivos y accesorios de voladura, fuente propia.....	- 63 -
Ilustración 40 Mala práctica con el manejo de iniciadores fuente ( <a href="http://exsa">exsa</a> , 2016).....	- 64 -
Ilustración 41. Partes de un artefacto explosivo. Fuente MARTE-ESING.....	- 67 -
Ilustración 42. Recipientes empleados. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 69 -
Ilustración 43. Sistema de ignición Eléctrico, ineléctrico y químico. Fuente MARTE-ESING.....	- 70 -
Ilustración 44. Tipos de baterías utilizadas como fuente de energía. Fuente: Grupo MARTE-ESING...-	71 -
Ilustración 45. Sistema de activación por presión. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 72 -
Ilustración 46. Activación por alivio de presión. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 73 -
Ilustración 47. Sistema de activación por tensión. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 74 -
Ilustración 48. Sistema por alivio de tensión. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 75 -
Ilustración 49. Sistema de activación por movimiento. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 76 -
Ilustración 50. Sistema de activación por intensidad de luz. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 77 -
Ilustración 51. Sistema de activación temporizado. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 78 -
Ilustración 52. Sistema de activación por magnetismo. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 80 -
Ilustración 53. Sistema de activación por cable de mando. Fuente: Grupo MARTE-ESING.....	- 81 -

**LISTADO DE TABLAS**

Tabla 1 Calorías que producen los compuestos químicos. Fuente (codelcoeduca, 2016).....- 11 -

## RESUMEN

La presencia de explosivos en obras de ingeniería civil tiene un bajo porcentaje de aceptación, esta herramienta suele ser la última opción, se evidencia gran desconocimiento en la forma que se debe ejecutar la actividad y dentro de los presupuestos de obra suele involucrarse en los imprevistos, dentro del pensum universitario la materia explosivos solo se encuentra en dos universidades a nivel nacional: Universidad Militar Nueva Granada y la Escuela de Ingenieros Militares.

Este desconocimiento total, o parcial, trae como consecuencia que la actividad se realice de forma inadecuada, generando malas prácticas con el uso de explosivos.

Los explosivos poseen propiedades que deben tenerse en cuenta al momento de diseñar la voladura, esto permitirá trabajar de forma segura, utilizar el producto de manera eficaz y optimizar las actividades de forma eficiente en obra civil.

Colombia se rige en un marco legal, con el que de forma específica, asigna quien tiene la autoridad en el manejo de explosivos, quien otorga el permiso de tenencia y quien dicta las normas que regulan los usos permitidos; de igual manera, el manejo de insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos, son regulados.

Contemplando estos antecedentes realizamos esta indagación, apoyada en obras con necesidades de fracturar rocas.

## INTRODUCCION

El resultado de esta indagación tiene una finalidad exclusivamente informativa y pedagógica. Se busca indagar las malas prácticas con el uso de explosivos en voladuras superficiales, como un primer paso para conocer el uso de explosivos y brindar un argumento explicativo.

El uso de voladuras controladas es poco practicada por el desconocimiento y esto conlleva a que se realicen prácticas erróneas.

La voladura cumplirá siempre con su propósito fracturar la roca y destruir o debilitar [materiales](#) de gran dureza, el uso de los explosivos industriales en determinadas fases de la construcción de las obras o edificación, canteras y minería , constituye una herramienta debido a su [eficacia](#), el factor determinante al realizarlo de forma errónea es que puede ocasionar siniestros al personal que realiza la maniobra, a quienes se encuentran alrededor de los procesos de ejecución y vecinos, o generar situaciones judiciales a los contratantes.

Los explosivos se usan para romper, destruir o debilitar [materiales](#) de gran dureza, normalmente [rocas](#) o en demoliciones en obras civiles.

Obedeciendo a las necesidades para la actividad que requiere el uso de los explosivos, es fundamental trabajar con material fabricado por Indumil, lo cual permitirá evitar que durante el proceso las propiedades del mismo se modifiquen para convertirlos en materiales peligrosos o con poca eficiencia, sea por falta o exceso de sensibilidad o sensibilidad.

En la actualidad, los explosivos son diseñados para que respondan únicamente a los iniciadores y no a cualquier medio externo.[ CITATION ban16 \l 9226 ]



Esta indagación busca identificar parámetros claves antes de realizar la voladura, con el fin de detectar el uso indebido insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos, mal almacenamiento de explosivos, transportarlos de forma inadecuada y conceptos legales básicos y necesarios..

## JUSTIFICACIÓN

El uso de los explosivos industriales en determinadas fases de la construcción de la obra civil, constituye una herramienta eficiente y eficaz. El proceso de una voladura incluye las actividades descritas a continuación y en cada una de las actividades que se requieren para la ejecución de una voladura se debe cumplir con especificaciones necesarias para realizar una buena práctica con el uso de explosivos, la obligación de cumplirlas por parte del ejecutor o contratista y hacerlas cumplir de quien las requiere o contratante dentro los parámetros y requerimientos establecidos, es el objeto de conocer las prácticas erróneas que se pueden presentar al momento de su ejecución.

En algunos casos, como por ejemplo excavaciones y demoliciones, las voladuras son de ámbito urbano. Dentro del proceso de construcción de obras civiles y de forma más específica durante el proceso de cimentaciones el uso de explosivos no es la práctica más común debido a la desinformación que existe por parte de los contratantes, este desconocimiento lleva que durante la realización de la actividad sea común el uso de “insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos, insumos que no se comercializan para este fin, pero que siguiendo procedimientos artesanales para su fabricación, funciona como explosivo, sus componentes tomados separadamente no constituyen de por sí un explosivo; por ejemplo, nitrato de amonio, fuel oil o mezcla de oxidantes y combustibles.

Este procedimiento nos deja en un marco fuera de la ley al no cumplir lo establecido en la constitución política de Colombia en su artículo 223 “Sólo el Gobierno puede introducir y **fabricar** armas, municiones de guerra y **explosivos**”.

De acuerdo con esta situación, el interrogante principal del proyecto propuesto se define como:  
¿Cuáles son las prácticas erróneas al utilizar explosivos en voladuras superficiales?

## OBJETIVOS

- **Objetivo general:**

- Indagar sobre las malas prácticas con el uso de explosivos en obras de ingeniería civil a cielo abierto.

- **Objetivos específicos:**

- Indagar la forma en que usan explosivos las empresas de ingeniería.
- Realizar análisis sobre la legislación con el uso de explosivos.
- Indagar sobre los métodos comúnmente utilizados en voladuras a cielo abierto en espacios no confinados.
- Identificar amenazas por el uso artesanal de explosivos improvisados no comerciales.
- Identificar malas prácticas con el uso del material en el sitio de la voladura

## DEFINICIONES

- **Agente Explosivo:** Mezcla de sustancias combustibles y oxidantes que no son intrínsecamente explosivos por separado.

- **Barrenos:** Hueco cilíndrico hecho en la roca para alojar el explosivo.
- **Cebado:** Iniciación del explosivo.
- **Combustible:** Es cualquier sustancia o elemento que puede arder con facilidad.
- **Detonador:** parte de una carga explosiva que sirve para comunicar a esta la energía necesaria para su explosión y está formado por una carga explosiva más sensible.
- **Detonación:** Reacción explosiva que consiste en la propagación de una onda de choque a través del explosivo acompañada por una reacción química en la que se libera una gran cantidad de gases a alta presión y temperatura.
- **Estabilidad:** “Cualidad del material explosivo para conservar su composición química, tanto frente a agentes internos como externos”.[CITATION Mor08 \p 93 \l 3082 ]
- **Estable:** conserva sus propiedades originales en un periodo mayor a 5 años.
- **Poco estable:** conserva sus propiedades originales en un periodo aproximado de 2 a 5 años.
- **Inestable:** conserva sus propiedades originales en un periodo menor a 2 años.
- **Explosivos:** Sustancia o mezcla de sustancias que por liberación súbita de su energía produce una sobre presión en sus alrededores seguid de llama y ruido. Compuesto o mezcla de sustancias capaces de transformarse por medio de reacciones químicas de óxido-reducción, en productos gaseosos o condensados a alta presión y temperatura.
- **Explosivos artesanales:** Son todas aquellas sustancias o mezclas fabricadas en forma improvisada y peligrosa por no tener normas de fabricación.
- **Humos:** Gases peligrosos o nocivos producidos en una voladura.
- **Impacto:** Acción directa de una amenaza o riesgo en un grupo de personas o sobre sus bienes e infraestructura.

- **Inflamable:** Material combustible – Acción de encender.
- **Manipulación:** Acto de tocar, cargar, halar, sostener, empujar un objeto, en este caso el explosivo y sus accesorios, en forma directa por el trabajador.
- **Polvorín:** Estructura portátil o construcción fija usada para almacenar explosivos y accesorios de voladura.
- **Retacado:** Zona de los barrenos sin carga de explosivos que se rellena con un material inerte, polvo, arena, arcilla, etc.
- **Riesgo:** Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana y/o al ambiente.
- **Sensibilidad:** “Reacción química que se produce en el materia explosivo con facilidad para cambiar su estructura, a través de una explosión causada por inducción mecánica, térmica o eléctrica”. [CITATION Mor08 \p 94 \l 3082 ]
- **Sensitividad:** Cualidad que tiene el material explosivo al recibir por una carga iniciadora la cantidad de energía suficiente para detonar de forma confiable para el caso del ANFO, “se requiere del uso de un cebo o reforzador en combinación con el fulminante”  
[ CITATION exp16 \l 3082 ]
- **Voladura:** Fragmentación de la roca y otros materiales sólidos mediante explosivos confinados en barrenos o adosados a su superficie.

## CAPITULO 1 GENERALIDADES

Un terreno antes de iniciar el proceso constructivo trae inmersas actividades necesarias para adecuarlo, dentro de estas actividades encontramos: la remoción de árboles o tocones, la

fracturación de rocas, vigas y descabece de pilotes, los explosivos constituyen una herramienta importante para realizar este tipo de actividades.

Es importante definir algunas características de los materiales utilizados:

- **Materiales explosivos**

Son compuestos que por medio de reacciones químicas de óxido-reducción transforman su volumen y en consecuencia elevadas presiones.

TIPO	OXIDANTES	COMBUSTIBLES	SENSIBILIZADOR
DINAMITAS	<u>Solidos:</u> Nitratos de Amonio y otras sales.	<u>Solidos:</u> Materiales absorbentes, pulpa de madera, celulosa.	<u>Liquido:</u> Nitroglicerina
ANFO	<u>Solidos:</u> Nitrato de Amonio granulado	<u>Solido/Liquido:</u> Petróleo diesel, carbón y otros aceites.	<u>Aire:</u> Poros vacíos de aire en los prills de Nitrato de amonio.
HIDROGELES SLURRY	<u>Solido/Liquido:</u> Nitratos de Amonio y otras sales (soluciones salinas).	<u>Solido/Liquido:</u> Petróleo, aluminio, sensibilzantes orgánicos, gomas.	<u>Solido/Liquido:</u> Nitrato de mono-metilamina, mononitrato de etileno glicol, aluminio en polvo y otros gasificantes.
EMULSIONES	<u>Liquido:</u> Soluciones de Nitrato de amonio y otras sales.	<u>Liquido:</u> Petróleo, aceites, emulsiones, parafinas.	<u>Gasificantes:</u> Aires contenido en microesfreras de vidrio.

**Ilustración 1 Explosivos comerciales - Componentes principales, Manual del vigilante de explosivos. Pag. 96**

- **Características ambientales de los explosivos**

Se hace necesario tener en cuenta algunas características ambientales de los explosivos, como las descritas a continuación:

**Sensitividad:** Cualidad que tiene el material explosivo al recibir por una carga iniciadora la cantidad de energía suficiente para detonar de forma confiable para el caso del ANFO, “se requiere del uso de un cebo o reforzador en combinación con el fulminante” [ CITATION exp16 \l 3082 ], esta característica del material nos da un inicio para detectar al momento de la ejecución si realizamos una mala práctica.

**Estabilidad:** “Cualidad del material explosivo para conservar su composición química, tanto frente a agentes internos como externos”. [CITATION Mor08 \p 93 \l 3082 ]

**Sensibilidad:** “Reacción química que se produce en el materia explosivo con facilidad para cambiar su estructura, a través de una explosión causada por inducción mecánica, térmica o eléctrica”. [CITATION Mor08 \p 94 \l 3082 ]

- **Propiedades del explosivo**

Se llama explosivo al compuesto de materiales químicos que al momento de reaccionar liberan gases y energía, al estar confinado dentro del barreno las condiciones de alta presión liberan su fuerza sobre las paredes alrededor fracturando el elemento. Para obtener el máximo de energía de un explosivo se requiere que los compuestos al mezclarse se oxiden de forma completa, es decir “que el Carbono C se transforme en CO<sub>2</sub> o Bióxido de carbono, el Hidrogeno H se transforme en H<sub>2</sub>O o Agua” [ CITATION cod16 \l 3082 ]

La energía que se libera al momento de reaccionar los compuestos se miden a partir de las calorías que produce la reacción.

Compuesto	Fórmula	Calor producido (kcal/mol)
PETN	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>12</sub> N <sub>4</sub>	-123,0
TNT	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> O <sub>6</sub> N <sub>3</sub>	-13,0
Nitroglicerina	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> O <sub>9</sub> N <sub>3</sub>	-82,7
Diésel	CH <sub>2</sub>	-7
Nitrato de Amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-87,3

**Tabla 1 Calorías que producen los compuestos químicos. Fuente (codelcoeduca, 2016)**

El tipo de explosivo marca la diferencia en el momento de la voladura, en la variedad de materiales la indagación se enfoca en, agentes de voladura NCN granulares, secos, ANFO y similares, generalmente se componen de nitrato de amonio sensibilizado por un agregado orgánico, líquido o sólido generalmente no explosivo. La característica del perlado debe ser lo bastante porosa, esto con el objeto de garantizar absorción y a la vez que pueda retener combustible que se le agrega, con estas características se garantiza que el producto tiene mayor sensibilidad que sensibilidad factor importante dentro de los parámetros de seguridad al momento de ejecutar la voladura ya que “Estos poros actúan como elementos sensibilizadores en su detonación. Son insensibles al detonador N° 8 y requieren de un cebo energético para arrancar”[ CITATION exs16 \l 3082 ].

Este explosivo tiene un rango de velocidad bajo al momento de detonar y esta propiedad los convierte en buenos generadores de gases y “Preferentemente en expansores o empujadores”[ CITATION exs16 \l 3082 ]. Tienen una gran limitante al poseer una nula resistencia al contacto con el agua. “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 y su empleo a granel está dirigido mayoritariamente a obra civil y trabajos a cielo abierto”. [ CITATION exs16 \l 3082 ]





### Ilustración 2 Granulometría del ANFO Fuente material de estudio UMNG explosivos unidad 3

El material usado para la voladura es una variable determinante, se debe tener en cuenta el tipo de material que se va a fracturar y la cantidad de material que se requiere, el diámetro del barreno y el sistema de iniciación, dentro de la indagación realizada se observa estos pasos para determinar si la ejecución entra o no en las malas prácticas con explosivos.

El nitrato amónico se produce principalmente a partir de amoníaco y de ácido nítrico, pero existe otro método basado en la reacción del nitrato cálcico tetrahidratado con amoníaco y dióxido de carbono que también es utilizado de forma industrial. El nitrato amónico es además un producto secundario de la fabricación de fertilizantes combinados de nitrógeno y fósforo (NP) y de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) mediante el procedimiento del nitrofosfato. [ CITATION mur16 \l 3082 ]. El nitrato amónico se utiliza sobre todo como fertilizante debido a su alto contenido en nitrógeno. Es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración. [ CITATION mur16 \l 3082 ].

El nitrato de Amonio se encuentra en estado Solidó-gránulos de color blanco, es inodoro; con una alta solubilidad en agua, metanol y etanol, lo que indica una alta higroscopicidad.

No presenta sensibilidad al impacto o chispa por si solo pero peligroso al fuego o explosión al entrar en contacto con materiales combustibles, no presenta toxicidad.

Tiene una velocidad de detonación entre 1500-2500 m/s y se encuentra formando parte de explosivos como: Amatol, R1, Anfo, Indugel y Dinamita Amoniacal.

Las mezclas del nitrato amónico con petróleo se utilizan como explosivos. Este compuesto también es responsable de la mayor parte de los accidentes graves.

La estabilidad y sensibilidad son propiedades que exigen un manejo y manipulación conveniente, con el objeto de evitar que se presenten condiciones inadecuadas, las cuales ponen en riesgo la integridad del personal y las instalaciones. En este sentido, un golpe mecánico puede provocar su descomposición lo que puede producir una explosión o una reacción violenta y el calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. [ CITATION mur16 \l 3082 ]



**Ilustración 3 Esquema de reacción de un explosivo Fuente (aimecuador, 2016)**

## CAPITULO 2 CICLO TIPICO EN EL PROCESO DE UNA VOLADURA

### ◦ **Perforación**



**Ilustración 4 Perforación a un elemento –Barreno. Fuente propia**

Para obtener el equipo correcto y garantizar la mayor eficiencia en esta actividad, se deben evaluar parámetros como.

- La productividad que se requiere.
- La altura del elemento (Roca, concreto, madera)
- Propiedades del elemento (Dureza, Granulometría, volumen)

Según el tipo de energía que se utilice podemos encontrar la diferencia en el método de perforación, para la obra civil según las posibilidades de la obra tenemos electricidad, hidroneumática a través de compresores y mecánica, siendo esta última la que más comúnmente se utiliza.

### ◦ **Perforación en rocas, concreto o madera**

Dependiendo de las posibilidades que brinda el entorno de la obra se puede utilizar un tipo de herramienta diferente, la energía eléctrica permite el uso de taladros, la posibilidad de instalar un compresor nos ofrece el uso de energía hidroneumática y energía mecánica. Esta última la más comúnmente utilizada.

Dentro de este sistema de perforación encontramos unos componentes principales, como son:

- Perforadora, según su fuente de energía.
- Medio de transmisión de dicha energía, aire para equipos hidroneumáticos, electricidad para taladros y varillaje para equipos mecánicos.
- Broca o bit, herramienta que perfora al transmitir la energía sobre el elemento que se está trabajando.
- Barrido, acción de limpiar el material suelto producto de la perforación dentro del barreno.

Técnicamente se denomina barreno a la perforación o agujero que se hace dentro del elemento que se está trabajando, esta con la finalidad de introducir el material explosivo, el iniciador o detonador y material para confinar.

El tipo de broca que se utilice depende del tipo de dureza, del acceso que se tenga al sitio de trabajo, el ángulo que se requiera según el diseño de la voladura; aunque dentro del proceso de preparación para la voladura podría considerarse que no tiene relevancia, la perforación afecta que tan eficiente será el trabajo del explosivo al momento de la detonación, el diámetro y longitud de la perforación garantizan que el material quede distribuido en las proporciones justas, al igual que la necesidad de que el equipo que se utilice sea de rotación y percusión o solamente de rotación, la dureza del elemento es un factor a tener en cuenta dependiendo de esta circunstancia; durante la planeación de las voladuras se determinaran estas variables y durante la ejecución se debe controlar el cumplimiento de las especificaciones. El hecho de que el elemento se encuentre confinado o fuera del terreno se debe tener en cuenta para determinar la profundidad del barreno.

- **Perforación con el método Rotopercutivo**

Tiene como fundamento dos acciones, girar sobre su propio eje y golpear, la energía se transmite a la cabeza de la broca y crea un ejercicio de cincel a la par con la rotación aumentando la potencia de perforación, “aparece con el desarrollo industrial del siglo XIX y junto con la

invención de explosivos, se constituyen en los hitos del arranque de elementos en obra civil” [ CITATION Víc13 \l 3082 ]



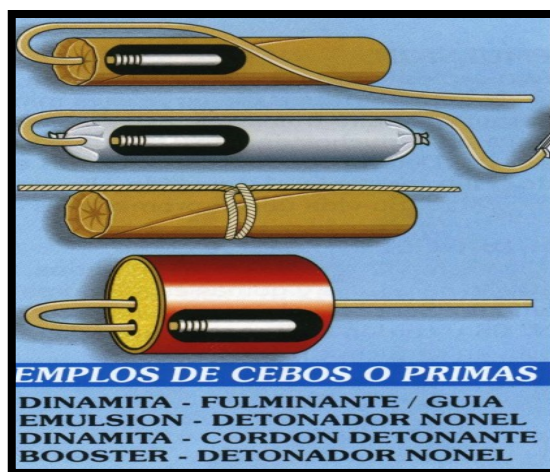
**Ilustración 5 Perforación a un elemento –Barreno. Fuente propia**

◦ **Sistemas de iniciación**

Se conoce como cebo la combinación de un alto explosivo o de gran sensibilidad, como dinamita o emulsión explosiva y la unión de un iniciador como fulminante, detonador o cordón detonante, nos permite arrancar un explosivo de menor sensibilidad. Partiendo de este concepto encontramos dos clases de explosivos, primarios o iniciadores y secundarios o rompedores. La característica en los primarios es la sensibilidad y esta les permite trabajar como iniciadores, y para trabajar como rompedores se requiere de un cordón detonante de bajo gramaje para reaccionar, son explosivos de mucha potencia y químicamente tienen una rápida reacción, su dosificación es mínima con respecto al explosivo secundario o rompedor cuando cumplen la función de iniciadores, esto les da el nombre de “Altos Explosivos” [ CITATION aim16 \l 3082 ]

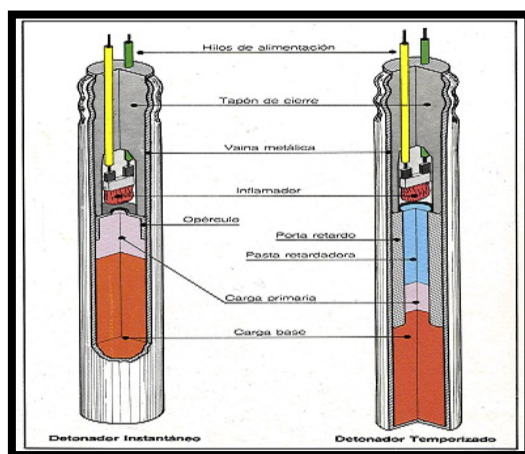
Encontramos dos sistemas para iniciar los explosivos.

- No eléctricos
- Eléctricos



**Ilustración 6 Ejemplos de cebos fuente (aimecuador, 2016)**

En este sentido, se quiere enfocar esta indagación a la iniciación eléctrica.



**Ilustración 7 Elementos de un detonador instantáneo y temporizado fuente**

(explosivos.wikidot, 2016)

Se clasifican para su uso según las características del entorno, debemos tener en cuenta la corriente estática que podamos encontrar alrededor del perímetro de la voladura y esta variable nos muestra la seriedad del análisis durante el proceso de diseño de la voladura, partiendo de esta premisa tenemos en cuenta la sensibilidad, tiempo requerido para la detonación y el uso o elemento a fracturar.

Con estas premisas su clasificación será sensibles, insensibles y altamente insensibles, la variación será por las condiciones del entorno y el impulso eléctrico necesario para encender e dispositivo será mayor en la medida que este sea menos sensible, esta condición le agrega seguridad al proceso sin decir con esto que no existan riesgos.

## CAPITULO 3 ACTIVIDADES EN OBRAS CIVILES PARA EL USO DE EXPLOSIVOS

- **Remover árboles o tocones**

En terrenos donde existió arboleda es común que existan vestigios de árboles o raíces que necesitan ser removidas, aunque se utilicen equipos y maquinaria para remover estos elementos, quedan zonas en donde no podemos llegar con estos elementos y adicional a esto el factor tiempo es menor si utilizamos las facilidades de los explosivos.

Los elementos que se deben tener en cuenta son: edad, tamaño y tipo de tocón, en esta parte afecta la profundidad y radio que las raíces han penetrado en el terreno, luego se debe analizar la dureza del suelo y la ubicación dentro del predio, teniendo en cuenta estas variables se determina la cantidad de explosivo necesario para la remoción.



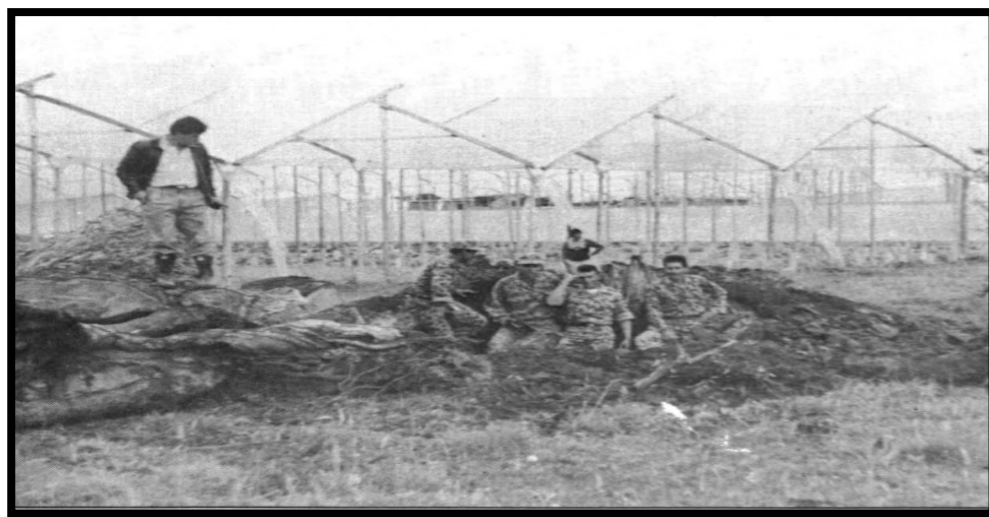
**Ilustración 8** Formas de troncos que se presentan en obra. Fuente [www.123rf.com](http://www.123rf.com)





**Ilustración 9 Formas de troncos que se presentan en obra. Fuente [www.123rf.com](http://www.123rf.com)**

La indagación nos permite registrar un trabajo realizado en campo con la remoción de 14 tocones de aproximadamente 3 m de diámetro en el municipio de Tocancipa, para las voladuras se utilizó ANFO y no se registraron daños a un invernadero vecino a 10 metros de distancia.<sup>3</sup>



**Ilustración 10 Raíces y tocón removidos en el municipio de Tocancipa  
([banrepcultural.org](http://banrepcultural.org), 2016)**

- **Descabece de pilotes o fracturación de vigas**

En la ejecución de cimentaciones para obras de gran proporción se requiere para la cimentación pilotes y estos quedan a partir del nivel de terreno del predio, en el proceso de excavación para encontrar el nivel de fundación de los niveles inferiores, en estos niveles funcionaran los cuartos técnicos, canteras y parqueaderos y puede ser una profundidad de hasta 15 metros, para este proceso no todos los pilotes tendrán la misma ubicación de las columnas adicional a esto necesitamos de una viga cabezal o viga guía a nivel de terreno, esta se elabora con el fin de excavar las pantallas.

Estos elementos deben ser retirados después de ejecutar los trabajos y para esto se utiliza como herramienta las voladuras controladas con explosivo, usando ANFO.



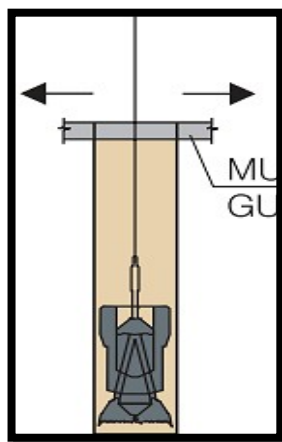
**Ilustración 11 Pilotes que necesitan ser descabezados en obra. Fuente**

[www.constructorasanfrancisco.com](http://www.constructorasanfrancisco.com)



**Ilustración 12 Pilotes que necesitan ser descabezados en obra. Fuente [www.constructorasanfrancisco.com](http://www.constructorasanfrancisco.com)**

Durante el proceso constructivo, la cimentación tendrá cambios significativos, la necesidad de cumplir con la profundidad de los pilotes y el hecho de que la maquina piloteadora necesita que las condiciones del terreno sean planas dan como resultado la necesidad de descabezar el pilote al nivel de la placa, actividad descrita en las figuras 3-4



**Ilustración 13. Excavación Viga guía para la elaboración de pantallas**

[www.lineaprevencion.com](http://www.lineaprevencion.com)



**Ilustración 14 Viga guía en obra Fuente [constructorasanfrancisco.co](http://constructorasanfrancisco.co)**

La viga guía es un elemento obligado para la elaboración de las pantallas y sus dimensiones se prestan para que la demolición requiera el uso de explosivos, esto le brinda a los proyectos procesos más limpios y en el menor tiempo posible.

- **Fracturación de roca**

La adecuación del terreno para la cimentación de un proyecto debe remover algunas veces rocas presentes en el terreno, material rocoso que puede ser a nivel superficial o bajo terreno. El uso de explosivos a través de voladuras controladas es una herramienta que brinda efectividad, en reducción de tiempo frente a otras alternativas de fracturación, permite aprovechar el material fracturado, en rocas confinadas permite remover la sección necesaria partiendo del diseño de la voladura, minimiza la sobre excavación del terreno, el sistema permite acceder a cualquier topografía y región del país, económicamente brinda una alternativa económica frente a otras formas de fracturación.





**Ilustración 15** Presencia de materia l rocoso en proceso de cimentación. Fuente propia



**Ilustración 16** Presencia de material rocoso en proceso de cimentación. Fuente propia



**Ilustración 17** Fracturación de roca dentro de la ejecución de una cimentación

Mantener la sección de excavación ahorra tiempo y dinero, el uso de explosivos es un proceso que minimiza este tipo de inconvenientes, brindando al proceso constructivo entrar en las actividades y tiempos de programación.

#### **CAPITULO 4 LEGISLACIÓN PARA EL USO DE EXPLOSIVOS**

Para usar explosivos en obra civil debemos conocer las políticas que rigen en Colombia para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso de explosivos, se hará un recorrido en las leyes, decretos y manuales existentes para el territorio nacional.

En Colombia se manejan los explosivos de forma centralizada a través del gobierno y solo este tiene la autoridad de importarlos o fabricarlos, se lleva a cabo este mandato con las entidades que el gobierno designa y dentro de estas involucra a las Fuerzas Militares e Indumil, dentro del manejo de sustancias involucra al ICA y en materia legal esta la Cámara de Comercio.

Se quiere iniciar esta documentación con la constitución política colombiana, citando el **Artículo 223**, el cual señala que la importación y fabricación de material explosivo es exclusivamente para el estado, que solo la autoridad competente, para nuestro caso la fuerzas armadas de Colombia (FFMM), otorga el permiso de tenencia de material explosivo[ CITATION Gob91 \l 3082 ] y la empresa Indumil fabrica el material.

Tenemos el **Decreto 2535 de 1993** el cual reitera la exclusividad que tiene el gobierno para la fabricación de explosivos y material o insumos que sin serlo de forma individual al procesarse pueden convertirse en explosivos. Dicta las normas y requisitos sobre la tenencia de explosivos en el caso de particulares los cuales podrán portarlos si cuentan con el permiso de la autoridad competente (FFMM). La responsabilidad del uso de explosivos será en su totalidad del particular a quien fue concedido y excluye de responsabilidad al Estado en el caso de que un uso diferente.

La venta de explosivos se lleva a cabo si el particular cumple con requisitos como son:

- a) Diligenciamiento de la respectiva solicitud;
- b) Prueba de la actividad para la cual se requiere el explosivo;
- c) Justificación de la cantidad de explosivos y accesorios solicitados;
- d) El certificado judicial del solicitante;
- e) Los medios de que dispone la persona o entidad que adquiere los explosivos, para ejercer el control que sobre los mismos exijan las autoridades militares competentes.

El Estado ejerce el control sobre el material o insumos requeridos para uso industrial y que sin serlo al mezclarse se transforman en explosivo, el caso de material para la fabricación de fertilizante entra en este parágrafo.

El estado traslada toda la responsabilidad al particular en el caso de que se utilice el material en una actividad diferente a la establecida en los documentos de compra o se manipule de forma

inadecuada al no cumplir las normas o medidas de control. El particular al incumplir asume las sanciones legales por uso indebido o destinación diferente.

Establece las entidades que pueden realizar la incautación en el caso de que se cumpla un causal de incautación:

- a) Todos los miembros en servicio activo de la Fuerza Pública cuando se hallen en cumplimiento de funciones propias del servicio;
- b) Los Fiscales, los Jueces de todo orden, los Gobernadores, los Alcaldes e Inspectores de Policía en sus correspondientes territorios, a través de la Policía, cuando conozcan de la tenencia o porte irregular de un arma, munición o explosivo;
- c) Los Agentes del Departamento Administrativo de Seguridad, en desarrollo de actos del servicio, y los funcionarios que integran las Unidades de Policía Judicial;
- d) Los administradores y empleados de aduana, encargados del examen de mercancías y equipajes en ejercicio de sus funciones;
- e) Los guardias penitenciarios; f) Los Comandantes de naves y aeronaves, durante sus desplazamientos.

Establece los causales de incautación:

- a) Consumir licor o usar sustancias psicotrópicas portando armas, municiones y explosivos en lugares públicos;
- b) Portar o transportar arma, munición, explosivo o sus accesorios en notorio estado de embriaguez o bajo el efecto de sustancias psicotrópicas;
- c) Portar, transportar o poseer arma, munición, explosivo o accesorio, sin el permiso o licencia correspondiente;



d) Portar el armamento, municiones y explosivos o accesorios en reuniones políticas, elecciones, sesiones de corporaciones públicas, asambleas y manifestaciones populares; e) Ceder el arma o munición, sin la correspondiente autorización;

f) Portar o poseer el arma, munición, explosivo o accesorios, cuando haya perdido vigencia el permiso o licencia respectiva;

g) Portar o poseer un arma que presente alteraciones en sus características numéricas sin que el permiso así lo consigne;

h) Permitir que las armas, municiones, explosivos y accesorios, sean poseídas o portadas en sitios diferentes a los autorizados;

i) Poseer o portar un arma cuyo permiso o licencia presente alteraciones;

j) Poseer o portar un arma cuyo permiso o licencia presente tal deterioro que impida la plena constatación de todos sus datos;

k) Portar, transportar o poseer arma, munición, explosivo o accesorio, sin permiso o licencia correspondiente a pesar de haberle sido expedido; l) Portar el arma, munición, explosivo o sus accesorios, en espectáculos públicos;

m) La decisión de la autoridad competente cuando considere que se puede hacer uso indebido de las armas, municiones, explosivos y sus accesorios, por parte de personas o colectividades que posean tales elementos aunque estén debidamente autorizadas.

Al encontrarse una de estas inconformidades se podrá presentar un decomiso, se hace acreedor a una multa y en estancias mayores puede ser causal de un proceso penal al comprobarse que el material fue adquirido de forma irregular.

El Decreto **1809 de 1994** establece que tipo de material puede ser portado por la fuerza pública y solo los organismos especiales como la Fiscalía General de la Nación, la Procuraduría General de la Nación, el Departamento Administrativo de Seguridad (DAS) y el Instituto Nacional Penitenciario (INPEC) pueden portar un mayor calibre al asignado. Determina la cantidad y quien podrá portar material de uso restringido, las condiciones de seguridad que se deben contemplar al momento de transportar el material.

El Jefe del Departamento de Control Comercio de Armas, Municiones y Explosivos del Comando General de las Fuerzas Militares, es la persona encargada para desempeñar el cargo de secretario del Comité de Armas del Ministerio de Defensa Nacional. El comité será el encargado de estudiar y decidir la viabilidad de las peticiones que a través de la autoridad militar se generen para expedir y revalidar permisos. Da recomendaciones a la autoridad militar sobre las políticas de adquisición y suspensión de material. Es el organismo encargado de expedir el reglamento con el cual se ejercerá control sobre los materiales o insumos que sin serlo al mezclarse se transforman en explosivos. Establece los requisitos necesarios para la adquisición de material o insumos que sin serlos al mezclarse se transforman en explosivos. Da los parámetros en cuanto a las condiciones que se deben cumplir para el transporte de materiales o insumos que sin serlos al mezclarse se transforman en explosivos.

El Decreto **334 del 28 de febrero de 2002** asigna a la Industria Militar la competencia de clasificar las materias primas, que sin ser explosivos individualmente, al mezclarse se transforman en explosivo. La situación de orden público del país requiere que se fortalezca y sea de forma más precisa el mecanismo por el cual se ejercerá control sobre la producción, importación, comercialización, distribución, venta directa, almacenamiento de este tipo de estas materias primas o insumos. El campo de aplicación será sobre toda persona que importen,

produzcan, comercialicen, distribuyan, almacenen, transporten, usen o vendan las materias primas, que sin ser explosivos individualmente, al mezclarse se transforman en explosivo, teniendo como parámetro que para la importación se debe contar con la previa autorización del Estado a través de la industria Militar y traslada toda responsabilidad a la persona que realiza el trámite ante la entidad Militar. El estado a través de la industria Militar es el único autorizado para otorgar la clasificación y a la persona que realiza el trámite, pueden ser:

1. Importador.
2. Fabricante.
3. Distribuidor.
4. Subdistribuidor.
5. Transportador.
6. Consumidor final.

El decreto dicta los requerimientos necesarios dentro de esta clasificación y a cada uno le compete un trámite dependiendo de su actividad, para esta trazabilidad tendremos en cuenta que cualquiera sea la actividad de la persona las materias primas, que sin ser explosivos individualmente, al mezclarse se transforman en explosivo, están autorizadas para la fabricación, teniendo en cuenta que son estos los autorizados a la manipulación del nitrato de Amonio.

- a) Clase, cantidad y especificaciones técnicas del material a producir;
- b) Ubicación de la planta o plantas de producción;
- c) Sistemas de seguridad de la planta;
- d) Cuando se trate de Nitrato de Amonio, certificación del cupo asignado por el Ministerio de Agricultura.

El trámite para importadores, distribuidores está enfocado a llevar un seguimiento al material con planes de compra y venta acompañados de una justificación ya su vez los subdistribuidores deben llevar un seguimiento a los terceros que compran el material, terminando esto en una cadena a la cual se le puede llevar un seguimiento de por lo menos tres años antes de la fecha en que se solicite. Dentro de los requerimientos de la entidad Militar incluye el almacenamiento con las medidas de seguridad requeridas para el tipo de insumo. Durante el año en curso los distribuidores y subdistribuidores están obligados a presentar informe de sus procesos en los meses de junio y diciembre. Si la persona deja la actividad debe informar a la industria militar su decisión. Si se llega a presentar hurto o pérdida del material debe informarse de forma inmediata a la industria Militar. Cualquiera sea el incumplimiento a lo establecido en este decreto será causal para perder la calidad de usuario ante le industria Militar.

Si se da el caso de que una persona importen, produzcan, comercialicen, distribuyan, almacenen, transporten, usen o vendan las materias primas, que sin ser explosivos individualmente, al mezclarse se transforman en explosivo, sin estar inscrito ante Departamento de Control Comercio de Armas, Municiones y Explosivos del Comando General de las Fuerzas Militares, será causal de decomiso.

El darle un uso diferente al estimado en la solicitud, sea por el distribuidor, subdistribuidor o los terceros que compran el material será causal de sanciones jurídicas y penales según lo establecido por las normas en materia de explosivos.

La industria militar será la entidad autorizada para clasificar que insumos entran dentro de la clasificación de materias primas, que sin ser explosivos individualmente, al mezclarse se transforman en explosivo.

Con esta autoridad la Industria Militar emite la Resolución 081 de 2002 y en esta incluye los siguientes insumos:

- Nitrato de Amonio grado Fertilizante, categorías I y II
- Nitrato de Amonio grado técnico
- Nitrato de Amonio grado medicinal

Dentro de la indagación objeto de este trabajo nos enfocamos en estos insumos por ser la materia prima dentro de la producción de explosivos. La industria militar será el único ente autorizado para importar o autorizar la importación de este insumo y realizara las pruebas de detonabilidad y según los resultados obtenidos podrán modificar la clasificación echa en esta resolución.

**La ley 737 de 2002** aprobó la "Convención Interamericana contra la fabricación y el tráfico ilícitos de armas de fuego, municiones, explosivos y otros materiales relacionados", adoptada en Washington, D. C., el catorce (14) de noviembre de mil novecientos noventa y siete (1997).

En esta se adoptó el trabajo mancomunado de las naciones en la lucha contra la fabricación ilícita de explosivos, y en Colombia se incluye los insumos que sin serlos al mezclarse se transforman en explosivos, se hace referencia a la necesidad de las partes de trabajar en forma solidaria para erradicar la fabricación de explosivos y otros materiales relacionados, información, de lecciones aprendidas dando retroalimentación y capacitando a los demás integrantes de la comisión de estados Americanos.

**La ley 1119 de 2006** nos da a conocer que a partir de su comunicación se debe renovar el permiso de tenencia del material o insumos que sin serlo al mezclarse se transforman en explosivos, los causales de suspensión y decomiso del mismo. El primer factor relevante es contar con el permiso del Departamento de Control Comercio de Armas, Municiones y Explosivos DCCA actualizado a partir del 2007, cumplir con los parámetros en el transporte de

explosivos establecido por el Comando General de la Fuerzas Militares, transportar explosivos sin llevar consigo el permiso aunque este haya sido expedido y transportar el material explosivo bajo estado de embriagues. El incumplimiento de uno de estos parámetros será motivo de decomiso del material y su consiguiente sanción, la cual puede ser del orden disciplinario o económico.

**LA Guía Adquisición de Explosivos y Accesorios de Voladura** es un documento elaborado por la mesa de trabajo de explosivos para la minería colombiana, la cartilla reúne los requisitos y requerimientos descritos en los decretos y leyes mencionados hasta ahora para la adquisición de explosivos y no contempla la adquisición de materiales o insumos que sin serlos por si solos al mezclarse se transforman en explosivos , la cartilla expone el paso a paso de los parámetros legales que se requieren para adquirir explosivos.

Para su elaboración integro a los Ministerios de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), el Departamento de Control y Comercio de Armas, Municiones y Explosivos (DCCA), el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), la Industria Militar (INDUMIL) y con el acompañamiento de la Cámara Asomineros (ANDI) [ CITATION Min14 \l 3082 ]

El Departamento Control Comercio Armas, Municiones, Explosivos y sus Accesorios (D.C.C.A.) es un brazo del Comando General de las Fuerzas Armadas de Colombia y cumple la función de ejecutar las políticas descritas hasta ahora en las leyes y decretos mencionados para la adquisición de insumos o materiales que sin ser por si solos al mezclarse se transforman en explosivos, y para su cumplimiento necesita mecanismos que le ayuden a garantizar la correcta y debida utilización de los insumos o materiales que sin ser por si solos al mezclarse se transforman en explosivos.

El Decreto 2535 de 1993 le confiere al Comando General de las Fuerzas Armadas de Colombia la facultad de decidir sobre las peticiones que a través de la autoridad Militar se formulen para la tenencia de explosivos y expedir la reglamentación para ejercer el control de los insumos o materiales que sin ser por si solos al mezclarse se transforman en explosivos.

Para la elaboración del reglamento se trabajó en conjunto entre entidades del estado Ministerio de Transporte, Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Aeronáutica Civil y la Industria Militar (Indumil) y se consultó con usuarios de sectores industriales como Distribuidores, Subdistribuidores, Fabricantes de Juegos Pirotécnicos, Industrias de pinturas y fertilizantes, con el objeto de que el documento tenga un equilibrio entre todos los actores.

El documento tiene como objetivo servir de guía para el Departamento Control Comercio Armas, Municiones, Explosivos y sus Accesorios (D.C.C.A.) la verificación, control efectivo para que de forma oportuna se detecte un uso indebido de los insumos o materiales que sin ser por si solos al mezclarse se transforman en explosivos.

**El Reglamento FF.MM. 4-27** delimita las condiciones y usos permitidos de las sustancias controladas y el uso de explosivo, este documento establece los procesos de compra, uso y transporte de explosivos, o, sustancias controladas y para el objeto de esta indagación nos detendremos en el siguiente información.

#### USO INDEBIDO Y DESTINACIÓN DIFERENTE DE SUSTANCIAS CONTROLADAS

- a. Es uso indebido la importación, compra, distribución y fabricación de sustancias controladas sin la previa y correcta inscripción como usuario de estas materias primas ante el Departamento Control Comercio de Armas, Municiones, Explosivos y sus Accesorios.
- b. No está permitido el uso o utilización de sustancias controladas como explosivo.

c. No está permitido el uso o utilización de sustancias controladas como materia prima para la fabricación de explosivos.

d. No está permitido el uso como explosivo de las sustancias controladas en minería y obras civiles, ya que éstas deben ser manejadas con explosivos diseñados para tal fin, con el objeto de prevenir accidentes y mejorar la seguridad del personal que los manipula y finalmente, para ejercer un mejor control. El incumplimiento a lo señalado dará lugar a sanciones administrativas que conllevan a la cancelación y suspensión de la venta de las sustancias controladas, sin perjuicio de las sanciones penales a que haya lugar.

e. Las consideraciones de uso indebido aplican no solamente a los usuarios inscritos ante el Departamento Control Comercio de Armas, Municiones, Explosivos y sus Accesorios sino también a los terceros o clientes de éstos que no den el uso o la destinación permitida que se encuentra establecida en este reglamento.

f. Es destinación diferente la utilización de las sustancias controladas para fines distintos a los detallados en la solicitud realizada al Departamento Control Comercio de Armas, Municiones, Explosivos y sus Accesorios; aún si se trata de actividades legales.

g. Es destinación diferente la venta o distribución que se haga de las sustancias controladas a usuarios que no cumplan con los requisitos establecidos en este reglamento.

Esta reglamentación nos da los parámetros y comparar la indagación objeto de este trabajo, al tener los puntos de referencia necesarios para determinar que está permitido obtenemos una lista de chequeo para los procesos dentro de la ejecución de voladuras superficiales controladas.

El uso de explosivos está ligado al almacenamiento y transporte de los mismos, circunstancias que se pueden trasladar a la compañía encargada de ejecutar los procesos, pero debemos tener



claridad que si no tenemos un proceso o política de contratación específica debemos asumirla como contratantes.

Normatividad Colombiana: NTC 1692 (Rotulado Etiquetado), NTC 3966 (Identificación Condición de Transporte, Identificación Transporte de Explosivos. NTC 4702 Anexo 4 Embalaje y Envase para Transporte de Mercancías Peligrosas (clase 1). NTC 4532 Elementos Básicos para Atención de Emergencias.

## **CAPITULO 5 MALAS PRÁCTICAS CON EL USO DE EXPLOSIVOS**

El uso inadecuado de los explosivos va desde una adquisición (ilegal), transporte, almacenamiento, bodegaje, planeación en los trabajos de voladura, abertura para su disposición, uso específico, el personal de trabajo, efectos ambientales, diseños y amarre de las voladuras, verificación del trabajo del explosivo, destrucción del explosivo.

Para lograr el resultado esperado debemos escoger el conjunto de elementos que se requieren para preparar y realizar la voladura con base a un diseño, estos son: el equipo y tipo de broca, la forma en que serán cargados los barrenos, el tipo y cantidad de explosivo, la clase de iniciador

que se puede usar, dependiendo de las condiciones del ambiente y del terreno, todo esto se agrupa en el diseño de la voladura.

- **Falta de Diseño**

Que no se cuente con un diseño de voladura antes de su ejecución no se tendrá el resultado esperado.



Ilustración 18 Diseño Fuente [www.ayudas.net](http://www.ayudas.net)

- Si necesitamos arrancar un tocón y se contempla en qué estado se encuentra, la profundidad de sus raíces, el tipo de árbol para determinar la dureza.
- Si hablamos de fracturar concreto y se omite la resistencia en psi.
- Si debemos fracturar roca determinara la densidad de la roca no es tomada en cuenta.
- El no tener en cuenta el tipo de material conlleva a que el equipo que utilizemos para realizar las perforaciones al elemento que vamos a fracturar no es el más adecuado, necesitamos determinar si el elemento a fracturar requiere o no de rotopercusión o solo percusión
- Que las condiciones que se presentan en el sitio donde realizaremos las voladuras no son las apropiadas para llegar al punto donde se realiza la voladura con el equipo y que el tipo de energía que necesita el equipo para funcionar no es de fácil acceso.
- Equipo inapropiado, la broca que utilizemos no brinda las condiciones necesarias para los barrenos que se requieren, estos errores se verán en el diámetro, profundidad, e inclinación.

◦ **Perforación**



Ilustración 19 Perforación por Rotopercusión Fuente Propia

En el inicio del proceso para una voladura la parte más crítica corresponde a la perforación, es el primer paso y se convierte en un factor relevante, una perforación mal localizada, con el diámetro menor o mayor al requerido, si la profundidad es insuficiente, etc. Es la fase que consume la mayor parte del presupuesto y una perforación incorrecta consumirá más presupuesto del estimado. Para que el explosivo trabaje de forma eficiente se requiere que el diámetro y profundidad del barreno sean acordes a la potencia que necesitamos, la mala práctica resulta en que la voladura no tenga la eficacia y eficiencia estimada.

- Si se selecciona el diámetro inadecuado para el barreno se tendrá la máquina inadecuada, la perforación inadecuada afecta el diámetro crítico o diámetro de carga. Mínimo, este sirve para que “el explosivo después de iniciado se sostenga a sí mismo”[CITATION Soc08 \p 32 \l 3082 ] si el diámetro es mayor la detonación tiene menor potencia por lo tanto menor eficiencia y eficacia de la requerida.
- El que se tenga un mayor diámetro afecta directamente el confinamiento del explosivo y esta a su vez la presión de detonación. Al afectarse la presión de detonación, la velocidad y la temperatura disminuyen de forma espontánea afectando la sensibilidad del explosivo. Sensibilidad y sensibilidad van de la mano, afectando la continuidad de

la detonación y pasa de ser detonación a una deflagración, al final el resultado es un fracaso en la detonación.

- Se debe tener en cuenta el tipo de material para determinar el diámetro del barreno.
  - **Selección del explosivo**

Existen diferentes tipos de explosivos, para elegir la mejor opción el primer factor es la potencia que se requiere para fracturar el elemento teniendo en cuenta la seguridad.

Para la selección del explosivo se requiere estimar la potencia requerida para el elemento a fracturar, la seguridad, la disponibilidad y el factor económico, el enfoque será el ANFO.

Partiendo de estos parámetros encontramos que la principal práctica errónea con el uso de explosivos es la mezcla de nitrato:

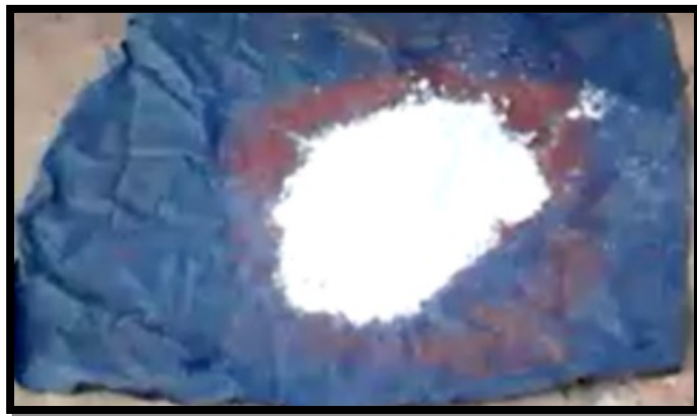
En los siguientes ejemplos veremos el caso de una mezcla de ingredientes explosivos cuya reacción da como resultado diferentes balances de oxígeno. Tomemos un explosivo con dos ingredientes: **nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)** y **diésel (CH<sub>2</sub>)**.

### **Ejemplo 1. Balance de O<sub>2</sub> negativo**

Si agregamos diésel en exceso a la mezcla, la reacción explosiva tendrá balance de oxígeno negativo. Esto significa que faltarán moléculas de oxígeno para combinarse totalmente con el carbono y el hidrógeno y formar los productos finales deseados, que para el caso del Anfo serían: **3N<sub>2</sub> + 7H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>**. En cambio, quedará carbono libre que se liberará en forma de monóxido de carbono. [ CITATION cod16 \l 3082 ]



**Ilustración 20 Mezcla de Nitrato de Amonio y combustible diésel fuente propia**



**Ilustración 21 Mezcla de Nitrato de Amonio y combustible diésel fuente propia**

### **Ejemplo 2. Balance de O<sub>2</sub> positivo**

Si agregamos poco combustible o diésel a la mezcla, habrá oxígeno en exceso, el que puede reaccionar con el carbono y el hidrógeno. A esto se le llama reacción con balance de oxígeno positivo. En este caso, el nitrógeno reacciona formando óxidos de nitrógeno, lo que reduce la energía de la reacción. [ CITATION cod16 \l 3082 ]

### Ejemplo 3. Balance de O<sub>2</sub> en equilibrio

Para el caso de balance de oxígeno, veamos la reacción ideal del compuesto de nitrato de amonio y petróleo diésel (ANFO), que es el explosivo de mayor uso en minería y obra civil.

[ CITATION cod16 \l 3082 ]

Al trabajar voladuras con la mezcla de sustancias químicas se manipula la sensibilidad y sensibilidad del explosivo y esta mala práctica pone en riesgo la integridad física de quienes manipulan el material y el personal alrededor, la propiedad alrededor del proyecto y el proyecto en sí mismo.



**Ilustración 22 Manipulación inadecuada de explosivos artesanales fuente propia**



**Ilustración 23 Manipulación inadecuada de explosivos artesanales fuente propia**

Se considera que mezclar sustancias químicas para producir explosivos puede tomarse a la ligera o con parámetros muy relajados al momento de determinar las proporciones.

La sensibilidad y sensibilidad son los factores más relevantes al momento de trabajar con nitrato de amonio.

Tenemos tres escenarios mayor, menor y óptima relación nitrógeno-combustible, con cada relación la sensibilidad y sensibilidad tiene una tendencia a bajar la potencia sea que el combustible baje o suba dentro de la mezcla y una condición que se considera óptima.

El escenario en que se baja la potencia no será eficiente y eficaz en ningún diseño de voladura

El escenario de una relación óptima al mezclar insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos, le da la sensibilidad y sensibilidad en iguales proporciones que el ANFO y esta característica convierte el explosivo viable a reaccionar con un iniciador que se encuentre en ambiente, la estática o una chispa producto de encender un equipo eléctrico o un bombillo, etc.

Esta práctica rompe las normas y condiciones adecuadas antes vistas con el uso del nitrato; las malas prácticas ponen en riesgo el proyecto en otros aspectos.

#### Sistema de Iniciación

La forma en que se inicia el explosivo nos indica el poco o gran porcentaje de sensibilidad y sensibilidad, el sistema de iniciación debe ser un material de mayor potencia que del explosivo rompedor, el que no se requiera de un explosivo para iniciar el explosivo indica la gran sensibilidad del material.



**Ilustración 24 Iniciación de la voladura preparación de iniciadores. Fuente propia**

Cuando encontramos malas prácticas con el uso de materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos, la iniciación se hace de forma artesanal y sin usar material explosivo, ratifica la gran sensibilidad del material.

Si se trabaja con ANFO se requiere de un iniciador o detonador para activar la carga, al trabajar con nitrato mezclado con un combustible la sensibilidad es mayor y el material puede reaccionar con el calentamiento, una chispa, un golpe; factores del diario vivir dentro de un proceso constructivo.

Al momento de cargar el material dentro del barreno se corre el riesgo de que la fricción produzca la energía necesaria para iniciar el material, estos eventos producen el riesgo de un siniestro con el personal a cargo de la manipulación o en el entorno.





**Ilustración 25 Cargue del barreno artesanal fuente propia**



**Ilustración 26 Cargue del barreno artesanal fuente propia**

En voladuras a cielo abierto se debe tener en cuenta el ambiente alrededor del sitio de trabajo, estática del ambiente, calor por el clima, estática del personal, esto debido a que no se cuenta con un sistema de descarga.

Para iniciar se usa un trozo de cable unido en la punta con filamentos más débiles, estos al ser iniciados producen una chispa, para iniciar la mezcla de Nitrato de Amonio el chispazo es producto de una batería de 12 voltios, para producir esta cantidad de energía solo se requiere de encender una bombilla, una herramienta y podría ser producto de un teléfono celular, al utilizar una batería para iniciar el material, corrobora la gran sensibilidad y sensibilidad.



**Ilustración 27 Iniciación de la voladura con Batería y preparación de iniciadores. Fuente propia**

Los detonadores eléctricos deben ser tratados con especial cuidado, ya que las personas que lo manipulan en algunos casos comienzan a balancearlo y el choque por impacto con partes del cuerpo o algún material cercano, incluso corrientes vagabundas han generado la explosión de estos.

Los detonadores eléctricos se inician con un explosor, es el aparato que genera la resistencia que será conducida a los detonadores. Muchas veces los explosores no son calibrados ni revisados en talleres autorizados de manera periódica, lo que genera fallas en el sistema de iniciación y por consiguiente fallas en la voladura.



**Ilustración 28. Explosor. Fuente propia.**

Los detonadores al explotar sin confinar proyectan metralla candente procedente del casquillo que puede cortar/dañar tubos de transmisión de otros detonadores/conectores próximos y originar barrenos fallidos

Es posible encontrar detonadores u otros accesorios entre escombros aparentemente en buen estado, la necesidad presente siempre de reducir costos y aprovechar al máximo los materiales puede hacerle caer en el error de reutilizar estos, lo cual es una práctica muy peligrosa pues no se conoce el estado del contenido interno de estos accesorios y explosivos.

Las propiedades del material al utilizar mezclas artesanales son alteradas de tal manera que reaccionan ante un pequeño estímulo.

### **Proyecciones**

Una mala práctica que podemos encontrar en las canteras es el aumento del uso de explosivos para fracturar la mayor cantidad de material, para esto se debe pedir permiso ante las autoridades competentes para que se les permita aumentar la producción del material que se extrae. Sin embargo, la falta de control y la falta de conciencia por parte de los mineros hacen que esta mala práctica se siga realizando.

Sobrecargar los barrenos con mayor cantidad de explosivo es una mala práctica que viene del desconocimiento del personal de trabajo o falta de capacitación al creer que al aumentar la carga, la roca presentará mejor fragmentación. La realidad es otra, ocasiona que la mayor cantidad de la energía del explosivo se pierde y es liberada al medio. Este uso indebido generará mayor vibración en el terreno y onda área que implica material volátil (FlyRock).



**Ilustración 29. Proyecciones producto del exceso de material explosivo. Fuente propia**

- **Legislación**

Siguiendo las leyes descritas se tiene:

Artículo 223 Constitución política de Colombia, no permite un manejo de explosivos a una entidad diferente a la que el asigne, reiterada en el decreto 2535 de 1993.

Decreto 2535 de 1993, dicta normas y requisitos sobre la tenencia de explosivos, designa como autoridad competente para otorgar el permiso de tenencia a las FFMM.

Decreto 1809 de 1994, establece los requisitos para la solicitud del permiso de tenencia de explosivos.

Decreto 334 de 2002, asigna a la Industria Militar para clasificar que tipo de insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos.

Ley 737 de 2002, incluye a Colombia en la lucha contra la fabricación de y tráfico de insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos.

Ley 1119 de 2006, establece que a partir de esta fecha se debe renovar el permiso de tenencia.

Guía de adquisición de Explosivos y accesorios de voladura, da los parámetros para la adquisición en la industria minera.

El Reglamento FF.MM. 4-27, determina cuales son los insumos o materiales que sin ser explosivos por si solos, al mezclarse se transforman en explosivos, este reglamento es especifico con el uso de Nitrato de Amonio.

Dentro del proceso de construcción de obras civiles el uso de explosivos no es la práctica más común y debido a la desinformación que existe por parte de los contratantes de esta actividad es común el uso de “Agente de Voladura, Elemento que funciona igual que un explosivo, pero sus compuestos tomados separadamente no constituyen de por sí un explosivo; por ejemplo, nitrato de amonio y combustibles”, cuando se realizan malas prácticas con el uso de explosivos se desobedecen todas las leyes estimadas, situación que se presenta por desconocimiento a la parte técnica, legislación existente y la elección incorrecta del contratista.

Lo que se deriva de esta situación es que se deben asumir sanciones como la perdida de licencia, decomiso de material, cierre de obra.

## **CAPITULO 6 MALAS PRÁCTICAS EN EL USO DE EXPLOSIVOS EN LA SEGURIDAD INDUSTRIAL**

En adelante consideramos una mala práctica todo procedimiento o acto que no cumpla con lo establecido den las Leyes, Decretos o Normas establecidas para el transporte, embalaje, acopio y manipulación de explosivos. Transporte: Esta etapan comprende desde la carga del explosivo hasta su descarga.

Según el Manual del especialista en Voladura, existe una creencia que en Texas al año 1947 sucedió un desastre al mezclarse Nitrato de Amonio y combustible transportado en barco.

### **Orden en el sitio de trabajo**

Es importante el orden y el aseo en los trabajos que incluyen el manejo de los explosivos, la falta de estos genera pérdida de tiempo, confusiones en las tareas de voladura y hasta infortunados accidentes, en este caso especificamos la importancia del aseo y el orden en la manipulación del explosivo y los accesorios en la zona donde se va a realizar una voladura ya que es gran cantidad de Cordón detonante, conectores, booster, primer, etc.



**Ilustración 30. Desorden con el uso de explosivos. Fuente Propia**

### **Manejo al exceso de material**

Esparcir el ANFO sobrante de una voladura por el tajo es una práctica no aconsejable ya que los detonadores o cordón detonante próximos podrían iniciarlo posibilitándose en dicho caso un indeseado y potencialmente peligroso incremento de onda aérea y/o proyecciones.



**Ilustración 31. Esparcimiento de ANFO. Fuente propia.**

Una mala práctica ocurre al momento de destruir ANFO por disolución en agua en los sitios de trabajo origina contaminación del suelo con el gasoil - debe hacerse en un recipiente donde se separe por flotación y se pueda recoger/reciclar/tratar adecuadamente.

Por falta de conocimiento no se recogen siempre los envases y embalajes de los productos explosivos ni se destruyen adecuadamente, en ellos viene reflejada la trazabilidad de los explosivos consumidos en nuestra voladura y esto puede comprometer legalmente a todos los trabajadores si caen en manos malintencionadas.



**Ilustración 32. Destrucción de ANFO. Fuente propia.**



## Transporte

El inadecuado transporte de los explosivos, refiriéndonos al vehículo ideal para su desplazamiento es de vital importancia. En zonas de minería en pequeña y mediana escala han ocurrido accidentes por la mala práctica de usar equipos de transporte de personal, perforadoras, volquetas, que no cumplen con los requerimientos de seguridad.



**Ilustración 33. Transporte ilegal de explosivos** Fuente: [www.taringa.net](http://www.taringa.net)

En el instante de transportar los explosivos se deben tener algunos puntos en cuenta como el factor de que el conductor y los que lo van acompañar a trasladar el material deben tener amplio conocimiento de los explosivos y con sus respectivos documentos al día, Es obligatorio que el camión tenga en cuenta unas especificaciones, las cuales son realizar chequeos al camión cada vez que se vaya a utilizar para evitar que tenga daños y que no se generen fugas de combustibles, que los vehículos estén acondicionados con pinturas ignífugas, Se debe tener a la mano la autorización de la venta de los explosivos y sus accesorios, el permiso para poder transportar los explosivos, expedido por la autoridad militar respectiva, Debe contener las facturas de pago suministrado por la industria militar “indumil” y solicitud escrita a la autoridad militar de la jurisdicción de la escolta respectiva sin la cual no podrá trasladar el material.

Certificación de la entidad transportadora en la que se responsabilice el transporte y custodia del material, del lugar de origen hasta su destino final.

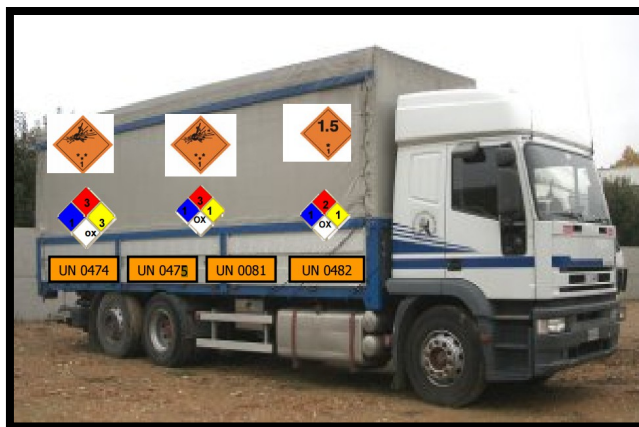


El camión debe estar marcado, con su peso y volúmenes balanceados, adecuadamente equipado y acondicionado, documentado y en excelente estado técnico-mecánico. El conductor debe ser experimentado, capacitado en manejo de fichas técnicas y emergencias, prueba de conducción, prueba de alcoholemia, prueba de drogas, y con un excelente historial.

Los vehículos no deberán llevar fulminantes cuando estén transportando otros explosivos; ni metales, herramientas metálicas, aceite, fósforos, armas de fuego, ácidos, sustancias inflamables, o materiales semejantes.

Los vehículos que transportan explosivos no deben estar sobrecargados y en ningún caso se apilarán las cajas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería. Cualquier vehículo de carrocería abierta deberá llevar una lona para cubrir las cajas o los bultos de los explosivos.

- Vehículo sin piso de madera bien ajustada y con grietas o de algún metal que produce chispa, (partes laterales y techo), de un material metálico o de un metal ferroso.
- Vehículo que funcione con gas natural comprimido.
- Vehículo no identificado por los cuatro costados ya que no tiene en cuenta el código NFPA 704, el número UN y la categoría de peligro de cada explosivo.



**Ilustración 34 Vehículo que cumple con la normatividad fuente**

<http://www.marbriella.it/comitato/indexp.html>

- Vehículo que no cuente con dispositivo sonoro o pito que se active en el momento en el cual el vehículo se encuentre en movimiento de reversa.
- Vehículo sin excelentes condiciones mecánicas y de estructura física al que no se le realizan de forma periódica su revisión y mantenimiento.
- Fumar en el vehículo o cerca de él.
- Explosivos transportados junto con los dispositivos de detonación, iniciación o multiplicación o cualquier otro material inflamable o de fácil combustión.
- Transportar pasajeros y otro tipo de cargas en vehículos cargados de explosivos.
- Vehículo operado a una velocidad superior a 45 kilómetros por hora.
- No llevar una puesta a tierra para eliminar los riesgos de electricidad estática.
- Cuando la cantidad de explosivos excede el 80% de capacidad total de carga del vehículo.
- En caso de necesidad de recarga de combustible durante el recorrido, no conectar el vehículo a tierra y despejar la zona en un radio de 10 metros
- Realizar el recorrido por vías con volumen de tránsito vehicular, en zonas residenciales y de comercio en horarios de mayor intensidad de tráfico.
- Cuando entre la carga quedan espacios libres no se evita que se produzcan movimientos bruscos. Detenerse en bombas de gasolina, talleres o áreas densamente pobladas.
- No cumplir con las disposiciones establecidas en el Decreto 1609 del 2002 que reglamenta el Manejo y Transporte Terrestre Automotor de Mercancías Peligrosas por Carretera y no cumplir con las obligaciones del transportista establecidas en el artículo 16

del Decreto 4741 del 2005, que reglamenta parcialmente la Prevención y el Manejo de los Residuos o Desechos Peligrosos generados en el Marco de la Gestión Integral.

- Descarga de los explosivos del vehículo en Canecas metálicas
- Vehículo sin freno de mano, cuñado y con el motor encendido.
- Realizar el desplazamiento de la caneca sin girarla y de forma horizontal y Bruscamente sin evitar golpes, roces o chispas.
- No colocar un tablón ubicado entre la carrocería del vehículo y el piso, para que sirva de soporte para bajar el explosivo del vehículo.

### **Almacenamiento polvorín.**

Pasando a otro ámbito como lo es el almacenamiento tenemos que tener presente siempre que todos los explosivos y los detonantes deben ser depositados separados unos de los otros en almacenes independientes, secos, ventilados, a prueba de balas y resistentes al fuego, alejados de otros edificios, vías de ferrocarril, y carreteras.

Cuando se va a realizar la construcción de los polvorines algunas personas no tienen en cuenta factores como la temperatura que necesita para poder conservar los explosivos. Ya que debe estar construido de tal manera que se evite el congelamiento del explosivo durante largos periodos de tiempo en climas fríos. Ya que, si se encuentran los explosivos congelados, deberán comunicarse al supervisor para destruirlo inmediatamente, ya que hay un peligro que explote prematuramente cuando está en estas condiciones.

Se debe cumplir con un seguimiento de normas de seguridad, con elementos de protección personal “EPP”.

Otro error recurrente es que las personas al entrar a los polvorines no se descargan la corriente estática que tienen en su cuerpo y ocasionan que su energía se transmita a los detonadores ocasionados su iniciación esto se debe mitigar descargándose con un polo a tierra.

También se debe ventilar el ambiente del polvorín, mínimo dos minutos antes de ingresar y respetar el número máximo de personas que ingresen a este lugar. Logrando estos factores mitigaremos un poco el peligro que conlleve la manipulación de los explosivos.

Para los explosivos se deben tener unos parámetros en su almacenaje como el de respetar la capacidad máxima y el de tener una altura de apilamiento de los productos que no sobrepasar los dos metros de altura y a un metro con respecto a la pared.

Al momento que estén en una inspección o que se vayan a utilizar los explosivos por ningún motivo se debe abrir las cajas dentro del polvorín. Se deben realizar chequeos de la condición de los explosivos y del polvorín periódicamente por personas debidamente capacitadas. Cuando se van a reparar el polvorín se debe retirar todo el material almacenado y si en cualquier momento se presenta una emergencia, se debe realizar la evacuación siguiendo los procedimientos.

Para la manipulación de los explosivos, como los detonadores y demás accesorios, por su propia naturaleza y función, están sujetos a detonación sorpresiva por agentes ajenos o circunstanciales, como el impacto y el fuego.

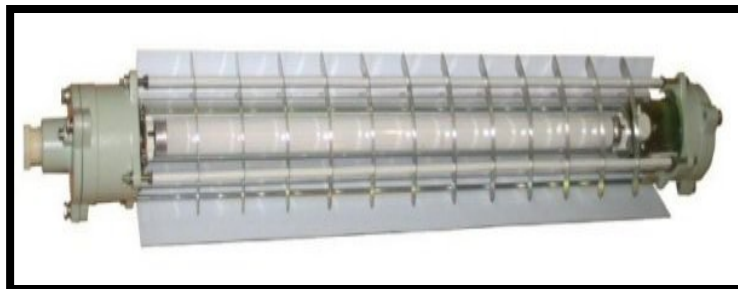
- Situado a menos de 100 metros de edificaciones y carreteras.
- No contemplar factores meteorológicos como temperatura, la humedad, la precipitación y la dirección del viento.
- Suelo inestable, es decir, que dentro de la zona se presenten fracturas, deslizamientos o inundaciones.
- Saturado de pastos y matorrales en un radio mayor a 25 metros.
- Pisos con drenajes y tuberías dentro de las cuales se puedan depositar materiales que queden confinados.
- Los pisos y paredes construidos de tablón de madera menor a 2 pulgadas de espesor, sin reforzamiento en las esquinas y sin una cubierta total de placa metálica.
- Techo y cielo rasos en un techo prefabricado de un material diferente al metal, sin una plancha de acero.
- Apilamiento de los explosivos hasta el techo o con una distancia menor a 0.7m.
- Puertas construidas en madera y no metálicas de menos de 2 pulgadas.
- Las bisagras y cerraduras colocadas en las puertas sin soldaduras o remaches.
- No contar con ventanillas o ductos de ventilación ubicados en paredes opuestas y a distintos niveles.
- La boca de las ventanillas sin proteger con una rejilla o plancha metálica perforada.



**Ilustración 35 Rejilla de ventilación circular de panal de abejas CEM fuente**

<http://www.directindustry.es/prod/alco-technologies/rejilla-de-ventilacion-circular-depanal->

- Iluminación del área de alrededor y dentro de la zona de almacenamiento por medio natural o de proyectores a distancia o con linternas o equipo de alumbrado eléctrico de tipo normal y no antideflagrante.



**Ilustración 36 Sistema de iluminación correcto fuente**

<http://www.urbi.com.es/64548/64948.html>

- No pintar su exterior con un color reflejante, en este caso aluminio, ya que esto ayuda a reducir el efecto producido por las variaciones atmosféricas de la temperatura.
- Almacenar en un mismo polvorín, explosivos de grupos diferentes.

**Prácticas**

- No descargar la corriente estática que pueda haberse almacenado en el cuerpo, antes de manipular detonadores, tocando una barra de cobre con línea a tierra.



**Ilustración 37. Correcto almacenamiento y descarga de estática fuente**

[\(archivohistoricominero.org/, 2016\)](http://archivohistoricominero.org/)

- No embarcar, despachar o utilizar los productos que sean de mayor antigüedad.

- Almacenar cajas de dinamita o emulsiones sensibles encartuchadas junto a productos de otro tipo y clase.
- Guardar herramientas y objetos de metal que pueden producir chispas en un polvorín.



**Ilustración 38 Acopio inadecuado de materiales, sustancias y artefactos fuente**

[ CITATION abc16 \l 3082 ]

- No tener especial cuidado con cajas rotas, defectuosas o que estén escurriendo, acomodadas dentro del polvorín y sin mandar un reporte detallado al fabricante.
- No tener la puerta del polvorín cerrada con llave.
- No respetar las disposiciones legales vigentes para el almacenamiento de explosivos.
- No consultar al fabricante cuando alguna sustancia líquida de explosivos deteriorados se haya escurrido al piso del polvorín.
- Si el piso se debe ser barrer con aserrín y eventualmente debe ser limpiado con solventes o soluciones apropiadas y los materiales residuales de limpieza (aserrín trapos. etc.) no son incinerados adecuadamente.
- No reparar de inmediato si aparecen goteras en el techo o paredes del polvorín.
- Ensamblar mecha con fulminantes/conectores dentro del polvorín.
- Abrir, empacar o envasar cajas de explosivo dentro del polvorín o a una distancia menor a 50 metros del mismo.
- Dejar explosivo suelto o cajas de explosivos abiertas dentro del polvorín.



**Ilustración 39** forma inadecuada de almacenar explosivos fuente [CITATION htt16 \]

**3082 ]**

- Fumar o llevar fósforos, llama abierta u otra forma de fuego dentro o cerca de un polvorín.
- Disparar armas de fuego hacia los explosivos o cerca de un polvorín.
- Hacer pruebas con explosivos ni con accesorios de voladura dentro de un polvorín o sala de encapsulado para constatar su estado de conservación.
- Permitir fumar, portar fósforos, luces descubiertas, u otra forma de fuego cerca de los lugares en que se están manipulando y usando explosivos.
- Utilizar herramientas eléctricas que puedan producir chispas o corto circuito cerca de explosivos.
- Llevar explosivos en los bolsillos de la ropa o en otra parte del cuerpo.
- Llevar explosivos y accesorios juntos.





**Ilustración 40 forma incorrecta de llevar explosivos y accesorios de voladura, fuente propia**

- Manipular, usar explosivos, permanecer cerca de ellos, cuando se aproxima o durante una tormenta eléctrica, cuando llueve.
- Usar explosivos o equipo para voladura que muestran señales claras de deterioro o daño.
- Aprovechar o utilizar mecha, fulminantes comunes que se haya mojado, aún después de secarse.
- No tratar a los fulminantes, detonadores o retardos con el debido cuidado, ya que estos por su constitución son muy sensibles.



**Ilustración 41 Mala práctica con el manejo de iniciadores fuente[ CITATION exs16 \l**

**3082 |**

- No preparar los cebos de acuerdo con los procedimientos aprobados y recomendados por el fabricante y que el fulminante no esté completamente enterrado en el cartucho.
- Que durante el carguío exista tensión en el punto de unión de la capsula y los diferentes conductores, alambres, tubo de choque, cables o mecha.
- Forzar cualquier tipo fulminante o detonador para introducirlo dentro de un cartucho y utilizar material que produzca chispas.
- Preparar una cantidad mayor de cebos de la que se va a utilizar de inmediato.
- Desatender cada barreno antes de cargarlo y desconocer su condición, usar para ello un atacador que produce chispa.
- No descargar la electricidad estática al utilizar los detonadores eléctricos, no eléctricos o electrónicos en las labores.
- Dejar la línea de cordón detonante una vez que penetra en el barreno.
- Perforar cerca de otro taladro cargado con explosivos.
- Empujar con excesiva fuerza los cartuchos u otros explosivos para introducirlos en el barreno o para pasarlos por una obstrucción en el mismo.
- Deformar o maltratar el cebo, dejarlo caer o dejar caer sobre él cargas pesadas.
- Cargar ningún taladro con fulminantes eléctricos o electrónicos cerca de líneas de fuerza eléctrica.

- Usar cordón detonante o mecha para amarrar paquetes, piezas de las máquinas, mangueras, y menos cajas de explosivos.
- Utilizar cordón detonante o mecha en la vestimenta, como correa, pasadores etc.
- Confinar los explosivos en el barreno empleando material combustible.
- Disparar sin una señal de autorización de la persona encargada o sin que se haya dado aviso adecuado.
- Regresar al área de la voladura en forma inmediata al disparo, sino esperar hasta que se hayan disipado los humos y los gases.
- Intentar investigar una eventual falla demasiado pronto.
- 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.
- Utilizar un cartucho de menor potencia que el usado en el cebo original

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

abc.es. (20 de 07 de 2016). <http://www.abc.es/>. Obtenido de <http://www.abc.es>

aimecuador. (24 de 05 de 2016). [www.aimecuador.org](http://www.aimecuador.org). Obtenido de <http://www.aimecuador.org>

- archivohistoricominero.org/. (20 de 07 de 2016). <http://www.archivohistoricominero.org/>. Obtenido de <http://www.archivohistoricominero.org/>
- banrepcultural.org. (13 de 05 de 2016). [banrepcultural.org](http://www.banrepcultural.org). Obtenido de <http://www.banrepcultural.org>
- codelcoeduca. (24 de 05 de 2016). [www.codelcoeduca.cl](https://www.codelcoeduca.cl). Obtenido de <https://www.codelcoeduca.cl>
- Colombia, G. d. (1991). *Constitución política*. Bogotá: Gobierno de la reublica.
- diaridetarragona.com. (20 de 05 de 2016). <http://www.diaridetarragona.com>. Obtenido de <http://www.diaridetarragona.com/>
- explosivos, S. i., & Ingeniería de explosivos, S. I. (2008). *Manual del especialista en voladura*. New York: Internatonal society of explosives Engieneers.
- explosivos.wikidot. (25 de 05 de 2016). [explosivos.wikidot.com](http://explosivos.wikidot.com). Obtenido de <http://explosivos.wikidot.com>
- explosivosdinamex. (18 de 05 de 2016). [explosivosdinamex.com](http://www.explosivosdinamex.com). Obtenido de <http://www.explosivosdinamex.com>
- exsa. (20 de 05 de 2016). [exsa.net](http://exsa.net). Obtenido de <http://exsa.net/>
- intrawww. (23 de 05 de 2016). [intrawww.ing.puc.cl/](http://intrawww.ing.puc.cl/). Obtenido de <http://intrawww.ing.puc.cl/>
- Mora Chamorro, H. (2008). *Manual del vigilante de explosivos*. San Vicente (Alicante): Club Universitario.
- murciasalud. (20 de 05 de 2016). [murciasalud.es](http://www.murciasalud.es). Obtenido de <http://www.murciasalud.es>
- oa.upm. (20 de 05 de 2016). [oa.upm.es](http://oa.upm.es). Obtenido de <http://oa.upm.es>
- osso. (17 de 05 de 2016). [osso.org.co](http://osso.org.co). Obtenido de <http://osso.org.co>
- social, M. d. (2014). *Guia Procedimiento para la Adquisición de explosivos y Accesorios de Voladura*. Bogotá: Camara asomineros.
- Víctor Yepes Piqueras. (29 de 12 de 2013). [victoryepes.blogs.upv.es](http://victoryepes.blogs.upv.es). Obtenido de <http://victoryepes.blogs.upv.es/>