

TRAZABILIDAD DE EXPLOSIVOS EN COLOMBIA UN ESTADO DEL ARTE



AUTOR:

EULISES JOSE SILVA SARMIENTO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR:

JAIME ORLANDO LIZARAZO GODOY

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C, 05 DE JUNIO DEL 2020

TRAZABILIDAD DE EXPLOSIVOS EN COLOMBIA UN ESTADO DEL ARTE  
TRACEABILITY OF EXPLOSIVES IN COLOMBIA A STATE OF THE ART



AUTOR:

EULISES JOSE SILVA SARMIENTO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C, 05 DE JUNIO DEL 2020

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

Un trabajo dedicado a todas aquellas  
personas que con su acompañamiento  
lo hicieron posible.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION .....	1
2	DELIMITACION DE LA INVESTIGACION .....	2
2.1	PROBLEMA .....	2
2.2	HIPOTESIS.....	3
3	OBJETIVO GENERAL.....	4
3.1	OBJETIVO ESPECIFICO .....	4
4	METODOLOGIA .....	4
5	ANTECEDENTES .....	5
6	MARCO DE REFERENCIA.....	6
6.1	EXPLOSIVOS Y CARACTERISTICAS .....	6
6.1.1	CLASES DE EXPLOSIVOS .....	8
6.2	TRAZABILIDAD.....	10
6.3	ANALISIS DE NORMAS COLOMBIANAS.....	12
6.3.1	DECRETO 334 DE 2002.....	12
6.3.2	DECRETO 1609 DE 2002.....	13
6.3.3	DECRETO 2222 DE 1993.....	15
6.3.4	NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1692 .....	16
6.3.5	NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3966 .....	17
6.4	COMPRA DE EXPLOSIVOS .....	18
6.5	MANEJO DE EXPLOSIVOS EN OTROS PAISES .....	19
6.6	MECANISMOS PARA LA TRAZABILIDAD DE EXPLOSIVOS.....	21
6.6.1	TTE: TRACK & TRACE OF EXPLOSIVES .....	21
6.6.2	TECNOVOLADURAS.....	22
6.6.3	MOVICATT .....	22
6.6.4	CkBLAST SEGUIMIENTO Y TRAZABILIDAD DE EXPLOSIVOS.....	23
6.6.5	FAMESA EXPLOSIVOS .....	23
7	ANALISIS DE RESULTADOS .....	24
8	RECOMENDACIONES.....	25
9	CONCLUSIONES .....	25
10	BIBLIOGRAFÍA .....	26

## **RESUMEN**

El uso de los explosivos en etapas determinadas de la construcción se ha convertido en un instrumento necesario debido a su efectividad y bajo costo, esto ha llevado a que los responsables del material deban tener un control sobre el mismo. Este trabajo consistió en hacer una revisión sobre las normas colombianas que rigen el manejo de explosivos, identificación de las instituciones que se encargan de controlar y supervisar al responsable del material, así como la identificación de los softwares más importantes en Latinoamérica sobre la trazabilidad de explosivos. Se encontró que las normas colombianas brindan instrucciones de forma comprensible para que las personas naturales o jurídicas realicen de forma correcta el proceso de compra de explosivos, etiquetado, transporte y almacenamiento. Los softwares analizados reportan continuamente los movimientos que se realizan desde el lugar de almacenamiento llamado polvorín, las unidades que se solicitan y su relación con la cantidad necesaria para realizar la actividad, permiten el almacenamiento de la información en la nube lo cual da la posibilidad de tener acceso a la información en cualquier momento del día y gracias a sus mecanismos de marcación garantizan identificación única del explosivo logrando un estricto seguimiento en cada una de las etapas de la cadena de suministro hasta su consumo.

### **Palabras clave**

Explosivo, seguimiento, construcción, trazabilidad, etiquetado.

**ABSTRACT**

The use of explosives in certain stages of the construction process has become a key instrument due to its effectiveness and low cost, this has made that the accountable roles should have a control over this use. This work involves a review of the Colombian standards which regulate explosives handling, and identification of the institutions in charge of controlling and regulate the responsible for the material, as well as a description of the most important softwares for traceability of explosives in Latin America. It was found that the Colombian standards offer clear and comprehensive instructions for natural and legal persons to execute purchase, labeling, transport, and storage of explosives in a proper way. The studied softwares make a continuous report of the material movements made from its warehouse named polvorin, the required quantities and its relation with the amount needed to execute the activity. They also allow cloud storage, which gives the possibility to access to the data at any time and its labeling mechanisms ensure an unique identification of the explosive, reaching a rigorous monitoring of each of the steps from the supply chain to its consumption.

**KEYWORDS:** Explosive, monitoring, construction, traceability, labeling.



## 1 INTRODUCCION

Los explosivos debido a sus componentes generan un riesgo posible de afectación en su entorno por ello Colombia cuenta con entidad encargada de producir, comercializar explosivos, armas, municiones y accesorios de voladura, brindar asesoría y servicios relacionados con la producción a quien solicite llamada Indumil y en conjunto con el Departamento Control Comercio de armas, municiones, explosivos y accesorios el cual se encarga de controlar y autorizar la venta de armas, municiones, explosivos y sustancias químicas, garantizan la vigilancia de los materiales de alta peligrosidad para evitar uso indebido que lleve a accidentes y actividades ilegales.

El manejo que se le debe dar a los explosivos para evitar afectaciones en su entorno circundante hacen que la trazabilidad se convierta en sistema de vital importancia que debe ser estrictamente fiel a lo que la normativa indica, iniciando con en el proceso de identificación de la materia auxiliar y materia prima que compone el explosivo con el fin de localizar los lotes ante cualquier situación y sobre todo disminuir costos operativos y productivos, asegurar que el material es transportado de acuerdo en las condiciones que las normas instruyen, el lugar de almacenamiento cuente con la calidad necesaria para evitar detonaciones no controladas y se lleve un seguimiento a los movimientos que se realizan, todo esto para evitar la pérdida del material y su buen estado hasta el consumo final.

Colombia se distingue por ser uno de los pocos países del mundo que efectúan marcas e inscripciones en los explosivos (accesorios y agentes de voladura) que produce la industria militar. Es de vital importancia el etiquetado como el transporte de los explosivos ya que si el etiquetado es el correcto la identificación y rastreo del explosivo será más sencillo, además las normas colombianas son muy específicas brindando herramientas para el correcto almacenamiento y transporte, siempre vigilando el explosivo durante su vida útil.

Debido a la necesidad que presentan las organizaciones en el proceso de dar cumplimiento al seguimiento continuo del material explosivo que están en sus lotes se presenta este documento con el objetivo de brindar información que aporte y sea de ayuda para garantizar la trazabilidad de explosivos de acuerdo a la ley en conjunto con software informáticos que permitan la inspección del material en cualquier momento de su cadena de suministro y asegurar el debido manejo.

## **2 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION**

La trazabilidad de explosivos es un proceso que debe ir acompañado de herramientas que ayuden a la correcta identificación, transporte, almacenamiento y manejo del material de acuerdo a la norma y los diferentes decretos de la constitución colombiana, de acuerdo a lo anterior se realizará una revisión bibliográfica sobre los explosivos, sus características, clases, manejo de explosivos en otros países, normas colombianas sobre el manejo de los materiales de alta peligrosidad y mecanismos que garanticen el control del material en cualquier etapa de su cadena de suministro hasta llegar a su consumo.

### **2.1 PROBLEMA**

El tratamiento de explosivos exige mucho cuidado por parte del personal encargado, se deben seguir estrictamente los procedimientos establecidos para evitar accidentes debido a su potencia explosiva, esto debe aplicarse en conjunto con la identificación única de los materiales en los registros de compra y distribución esenciales para la protección de la población y rastreo de los explosivos en el caso de pérdida, correcto almacenamiento con las señalizaciones dispuestas en la normativa y seguimiento cuando el explosivo es movido del polvorín para ser llevado a obra lo que se le denomina como transporte interior. La trazabilidad del explosivo en Colombia es cuidada de forma minuciosa hasta que llega al polvorín, cuando este es movido de su lugar de almacenamiento y llevado a obra se puede presentar pérdida del material debido a la falta de control sobre el explosivo, los responsables deben llevar estrictamente bitácoras donde se deje registrada solicitud de material, cantidad aprobada, cantidad extraída del lugar de almacenamiento, para qué actividad en obra fue requerida y realizar actualizaciones constantes en las bases de almacenamiento, en muchos casos las actualizaciones no se realizan de forma constante si no de manera diaria o cada cierto tiempo lo que puede provocar falencias en el control del material y dar la posibilidad de hacer uso del mismo a una actividad para la cual no estaba destinada.

## 2.2 HIPOTESIS

Actualmente Colombia cuenta con normas que brindan herramientas tanto a fabricantes, compradores y manipuladores de explosivos para la unificación de procesos, logrando así efectividad en la trazabilidad del material de acuerdo a sus componentes y función, de forma específica el estado colombiano adjudica la responsabilidad a las autoridades para otorgar los permisos para la tenencia del material, proceso de solicitud, etiqueta del material con información importante en la identificación del mismo sobre el riesgo que puede presentar, fabricante, tipo de material, grupo de compatibilidad y número de serie, también establecen instrucciones sobre el transporte y su almacenamiento. La falencia se encuentra en el cumplimiento de la norma por parte de los involucrados en cada una de las etapas de la cadena de suministro del explosivo ya que aún se presentan accidentes por adquisición ilegal y falencias en su manejo, adicional en el monitoreo del material en cada una de sus etapas especialmente cuando es extraído del lugar de almacenamiento y llevado a obra, sin embargo se debe tener en cuenta que la pérdida de material se da en cualquier etapa de la cadena de suministro del explosivo por ello es importante que las empresas tengan disponibilidad de los movimientos e información importante del lote de material que tiene disponible y del que tuvo en algún momento disponible las 24 horas del día con el objetivo de garantizar el seguimiento constantemente.

### **3 OBJETIVO GENERAL**

Identificar un mecanismo que ayude a la trazabilidad de explosivos minimizando la pérdida de material en obra y manipulación inadecuada.

#### **3.1 OBJETIVO ESPECIFICO**

- Analizar normas colombianas que rigen el tratamiento, transporte, almacenamiento, etiquetado de los explosivos, clasificación, divisiones de riesgo, obligaciones y responsabilidades de las empresas del sector de los explosivos.
- Reconocer los mecanismos, softwares y demás que ayudan a dar cumplimiento de manera efectiva a la trazabilidad de los explosivos, minimizando la pérdida de material en obra, accidentes en el transporte y almacenamiento.
- Examinar los requisitos necesarios para la adquisición, tenencia y uso de explosivos impartidos por la el Departamento Control Comercio de Armas así mismo capacitaciones necesarias para su manejo.

### **4 METODOLOGIA**

El presente trabajo se realizó mediante la revisión bibliográfica sobre los explosivos usados en obras de ingeniería civil, sus características y clases con el fin de establecer bases sobre el manejo adecuado, componentes y usos. Posteriormente se realizó análisis de las normas que rigen el manejo de explosivos en países como Colombia, España y Perú, estos países fueron seleccionados por ser considerados líderes en la fabricación y control de explosivos en Hispanoamérica. Se inició con el reconocimiento de proceso de compra, etiquetado, transporte y almacenamiento hasta llegar al uso del material en obra. A continuación, se hizo revisión de los mecanismos tecnológicos empleados en el control de explosivos en obras civiles, tales como TTE, TECNOVOLADURAS, MOVICAT, CkBLAST Y FAMESA, en esta selección se tuvo en cuenta el reconocimiento en Hispanoamérica por lograr garantizar el control e identificación del explosivo en cualquier punto de la cadena de uso mediante sistemas informáticos de fácil instalación, uso y almacenamiento de información en la nube.

## 5 ANTECEDENTES

La trazabilidad es la totalidad de métodos que dan la posibilidad de acceder al origen, colocación y la dirección de un material en cualquier punto de la serie de suministro, esta estructura puede ser aplicada en cualquier área, en el caso de los explosivos ayudara a que se pueda obtener información intrínseca, datos de usuario final, así ejercer un control y evitar accidentes o uso indebido. Esta necesidad ha provocado que diferentes compañías desarrollen mecanismos que den efectividad en el proceso de trazabilidad y cumplimiento a la normativa sobre el transporte, almacenamiento, uso y responsabilidad por parte del tenedor del material.

Hoy en día la seguridad se ha convertido en un desafío universal y esto debido a los incidentes donde el explosivo es el causante de muertes y accidentes. Con el objetivo de proteger a la sociedad de este tipo de amenazas los diferentes países tienen decretos y normas que rigen y dan instrucciones sobre el uso de los explosivos, que condiciones debe cumplir el solicitante, como debe ser el tratamiento en el manejo posterior a la compra del material y que a través de las instituciones encargadas se garantiza el uso de materiales peligrosos de forma controlada y en actividades legales, por ello empresas que manejan explosivos para sus actividades han creado mecanismos para controlar el uso del material explosivo y evitar pérdidas, accidentes y actividades terroristas.

FAMESA EXPLOSIVOS empresa líder en explotación minera en centro américa con el objetivo de reducir los costos de voladura y ampliar la efectividad en el proceso de uso del explosivo y darle una optimización al recurso desarrolló mecanismos que ayudan a identificar de forma inmediata el trayecto del material en la cadena de uso y así tener más control del registro histórico sobre las ventas y dar respuestas a consultas externas por parte de las autoridades.

Este sistema utilizado por Famesa es llamado WISETRACK, dispone de numerosos controles en la ruta del material en tiempo real mediante su señal GPS y teniendo registro de cada una de las unidades hace una vigilancia en sus despachos, ruta y entrega, adicional brinda información sobre excesos de velocidad por parte del transportador, ruta escogida, retrasos presentados, paradas no autorizadas, efectividad de los despachos y demás, garantizando así validez en el estado del material.

Debido a la necesidad de tener información de cada uno de las placas de unidades registradas, los mecanismos que garantizan la trazabilidad han implementado en sus servicios la nube un método de almacenamiento online de información que puede ser consultada inmediatamente, debido a esto se creó en España un sistema que estará en los servidores que estén destinados a almacenar información por la administración que es la nube y a los que los softwares de trazabilidad serán capaces de depositar

información que las autoridades soliciten, Para ello se diseñó XCUDO que funciona como nube almacenadora de información.

Sin restarle la importancia de contar con la nube en los sistemas de trazabilidad es necesario que los procesos de gestión de material explosivo no sean antepuestos ante ella los cuales deben garantizar autonomía en su funcionamiento sin conectividad, sincronización con la nube en momento conectividad inestable realizando copias de seguridad y consultas.

## **6 MARCO DE REFERENCIA**

### **6.1 EXPLOSIVOS Y CARACTERISTICAS**

Los explosivos son el resultado de la mezcla o la composición de sustancias en los diferentes estados de la materia los cuales se transforman en productos gaseosos y condensados con inestabilidad en sus enlaces que hacen que reaccionen ante situaciones específicas como la exposición a altas temperaturas y presiones. (Blanco, 1986)

El explosivo está compuesto por energía química que luego se transforma en energía mecánica si se ve expuesto a las situaciones anteriormente mencionadas un claro ejemplo es cuando un explosivo contiene una parte de su energía en una determinada cantidad de gasolina, donde la limitación del tiempo le brinda mayor onda de expansión. (Blanco, 1986)

La potencia de un explosivo es la capacidad del explosivo para fragmentar y desplazar material, esto se refiere al contenido energético del explosivo. Esta energía total, expresada en MJ/kg, se divide en dos tipos: una energía de choque que fractura fuertemente la roca y una energía de gases que fragmenta más el material y lo proyecta. (Blanco, 1986)

De acuerdo a la necesidad existen diferentes tipos de explosivos uno de ellos son los explosivos civiles para voladura son mezclas íntimas de ciertas sustancias, explosivas o no. Unas son combustibles (fuel, aceite o ceras), otras son oxidantes (nitrato amónico) y otras actúan como sensibilizantes (NG, burbujas de nitrógeno), rebajando la energía de activación de la reacción y aportando puntos calientes que permiten su progresión a lo largo de la columna de explosivo. La reacción de detonación se produce normalmente a regímenes de 4000 m/s – 6000 m/s en los diámetros de perforación más habituales en cantera. Liberan su energía en un tiempo ínfimo por lo que proporcionan una gran potencia de trabajo. (Ministerio de industria, energía y turismo, 2009)

La energía de un explosivo se muestra como porcentaje de un explosivo patrón, se emplea regularmente el ANFO. Así se obtiene la energía relativa al ANFO tanto en peso (RWS) como en volumen (RBS), esta última la más importante a la hora de realizar cálculos y comparaciones de energía en una voladura. Debido

a que el valor de RBS depende de la densidad, este valor puede variar a lo largo de la longitud de un barreno en banco, siendo mayor en el fondo. Este efecto, que se debe a la presión hidrostática de la columna de explosivo y al agua que pueda existir en el barreno, es pronunciado cuando se emplean explosivos sensibilizados con gas. (Ministerio de industria, energía y turismo, 2009)

La densidad de un explosivo afecta al valor de la energía relativa en volumen RBS y es de importancia en otra serie de cuestiones como la capacidad de cargar barrenos con agua, la sensibilidad del explosivo o la velocidad de detonación. (Blanco, 1986)

La velocidad de detonación es la capacidad rompedora del explosivo donde a mayor velocidad de detonación, mayor poder rompedor y mayor capacidad de fragmentación, esto depende esencialmente de la formulación del explosivo, el grado de confinamiento, el diámetro de carga y el tipo de iniciación. La presión de detonación se puede calcular a partir de su poder expansivo y su peso específico, siendo una característica importante a la hora de elegir un tipo de iniciador u otro. (Blanco, 1986)

Es esencial que las características del explosivo sean compatibles con las condiciones en las que se va a llevar a cabo la voladura y es por esta razón que los fabricantes cuentan con una amplia variedad de productos que cubre cualquier necesidad. Cada tipo de explosivo tiene su lista de características que lo hacen más o menos adecuado en cada operación. Si se requiere que un explosivo brinde su máxima energía y no produzca gases nocivos es importante que contenga el suficiente oxígeno para oxidar y así lograr que su balance de oxígeno sea cero. (Blanco, 1986)

Normalmente en la práctica se producen tipos de gases que en algunos casos resultan tóxicos, sin embargo, en la mayoría de los trabajos de ingeniería civil el uso de los explosivos es a cielo abierto y en el caso de trabajos en túneles los gases son desechados mediante la ventilación mediante una tubería de alta presión provocando su salida. (Blanco, 1986)

La resistencia al agua en un explosivo le ayuda a mantenerse inalterable a lo largo de la exposición a este compuesto, por ellos la capacidad de los altos explosivos se ve aprovechada cuando son expuestos al agua, diferente a los explosivos secundarios que su resistencia al agua se ve afectada por la presencia de nitrato amónico en su composición. (Blanco, 1986)

La resistencia al agua está ligada a los cambios de temperatura y presión a los que se ven expuestos los explosivos sin dejar atrás su composición química, se evidencia que en algunos explosivos la presencia de químicos solubles en agua resta su capacidad de detonación. Si el explosivo debe trabajarse en voladuras bajo agua, es importante tener en cuenta sus componentes químicos y capacidad de detonación bajo el agua con el objetivo de mantener su poder y alcance. (Blanco, 1986)

La capacidad de conservar intacto al explosivo se logra con condiciones de almacenamiento dirigidas a cada tipo de explosivo de acuerdo a su composición y sensibilidad de iniciación, de esta manera se garantizará un producto seguro y fiable. Los extensos almacenamientos condiciones inadecuadas, con niveles de humedad, temperatura y ventilación diferentes a los necesarios generan inestabilidad en la composición del material y aceleración en su descomposición, cuando esto suceda es necesario tener las precauciones del caso al momento de manipularlo y destruirlo inmediatamente. (Blanco, 1986)

La composición química del explosivo y como reaccione frente a los cambios bruscos de temperatura brindan noción para su correcto almacenamiento y que tanto tiempo pueden permanecer almacenados, en la variedad de explosivos se encuentran unos que su capacidad de absorber y acumular humedad es mínima y al verse enfrentados a estos cambios su inestabilidad química se ve afectada, acortando su vida útil y produciendo detonaciones involuntarias. (Blanco, 1986)

### **6.1.1 CLASES DE EXPLOSIVOS**

De acuerdo a la capacidad de detonación inicial un explosivo puede ser primario, secundario o no capaz de detonar. Los explosivos primarios se caracterizan por tener enlaces débiles, sensibles e inestables, los secundarios al igual que los primarios suelen ser sensibles al contacto debido a la debilidad en algunos enlaces que lo componen, estos son utilizados como carga base. Los explosivos no capaces de detonar en condiciones estables pueden activarse cuando se ven expuestos a impulsos altamente energéticos y son usados normalmente como fertilizantes. (Blanco, 1986)

Una sustancia no explosiva puede modificarse químicamente al corregir el balance de oxígeno que lo compone aumentando su capacidad de detonación, convirtiéndose en un explosivo comercial, seguro, sensible y económico. La sal formada del junte de nitrato y amonio da como resultado nitrato amónico el cual es empleado usualmente como fertilizante y en menor medida como materia prima para la fabricación de explosivo, la forma para identificar su uso se ve reflejada en la absorción y la granulometría que pueda presentar, siendo el utilizado como fertilizante el que presente mayor absorción y el que sus gránulos sean menos redondeados y regulares. (Blanco, 1986)

#### **6.1.1.1 DINAMITA**

Es un explosivo que se caracteriza por su baja solidez al ser muy gelatinoso, aunque también pueden ser polvorientas, esto al tener en sus componentes nitroglicerina y nitrocelulosa, nitrato amónico, combustibles y otros aditivos en cantidades mínimas. (CHAVARIN, 1990)



#### **6.1.1.1.1 DINAMITA GELATINOSA**

Son un iniciador muy potente para explosivos tipo ANFO y emulsiones, son muy usadas como carga de fondo de barreno, donde trabajan de manera muy eficiente en todo tipo de rocas, especialmente en rocas masivas de gran dureza.(Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2017)

Suelen una de las maneras en las que se puede modificar resistencia al agua y potencia de las dinamitas pulverulentas incrementando su contenido de nitroglicerina y nitrocelulosa, las cuales actúan como gelificante. (CHAVARIN, 1990)

#### **6.1.1.1.2 DINAMITA PULVERULENTA**

Este tipo de dinamita es esencialmente nitrato amónico el cual ayuda a eliminar el oxígeno en exceso y brindar sensibilidad. Es usada comúnmente en la detonación de rocas de mediana dureza y donde no esté presente el agua. (CHAVARIN, 1990)

#### **6.1.1.2 ANFO**

Es una sustancia que incrementa la seguridad en otros explosivos con la adición de nitroglicerina, están compuestos mayoritariamente por nitrato amónico que se desarrolla como oxidante y como combustible. Se caracteriza por tener una densidad, resistencia al agua, velocidad de detonación en niveles bajos, haciéndolo insensibles al detonador y necesario el uso de otros explosivos para lograr detonación. (CHAVARIN, 1990)

Se pueden encontrar en el mercado en cordones detonantes, cebos de dinamita gelatinosa, cartuchos de hidrogel, no se aconseja que se usen en barrenos que contengan agua, pero si en carga mecanizada debido al tamaño de sus gránulos. (CHAVARIN, 1990)

#### **6.1.1.3 GELES**

Son una suspensión saturada de nitrato amónico y otras sales, mezcladas con combustibles y agentes espesantes como la goma guar. Es resistente al agua sólo cuando está debidamente reticulada, no contienen sustancias explosivas en su formulación. Se comercializan encartuchados y se encuentran disponibles en diferentes grados de energías. Se usan como cebo para ANFO, carga de fondo en barrenos de rocas de dureza media - baja y carga de columna de barrenos con agua. (CHAVARIN, 1990)

Las papillas son sustancias explosivas que contienen una cantidad mínima de agua, oxidantes, un metal, una sal orgánica y adicional espesantes, gelificantes y estabilizantes, las cuales aumentan la resistencia al agua de los explosivos que están compuestos a base nitrato amónico. Los geles reaccionan explosivamente en el momento que se inician con el multiplicador, se caracterizan por su elevada potencia, resistencia al agua, seguridad y transporte. (CHAVARIN, 1990)

#### **6.1.1.4 EMULSIONES**

Una emulsión tipo agua en aceite es una emulsión encartuchada, donde la fase dispersa es una solución acuosa de nitrato amónico y la fase continua es una mezcla oleosa de aceites y ceras (una proporción elevada de éstas confieren una reología más dura y consistente). Ambas fases se encuentran estabilizadas por un agente emulsionante. La mezcla es resistente al agua de por sí, al igual que los hidrogeles no contienen sustancias explosivas en su formulación. (COLORADO, 2016)

La mayoría de emulsiones y geles encartuchados son sensibles a los detonadores. Sin embargo, se recomienda iniciarlos con un cebo de mayor potencia como puede ser por ejemplo un cartucho de dinamita o un multiplicador de TNT. Esto es de especial relevancia en barrenos que pasan de una cierta profundidad (15 metros). (COLORADO, 2016)

Suelen estar sensibilizadas con burbujas de gas por lo que son propensas a sufrir problemas de muerte por presión bajo ciertas condiciones. Aunque existen formulaciones sensibilizadas con microesferas de vidrio que permiten su carga en barrenos de gran longitud. (COLORADO, 2016)

#### **6.1.1.5 POLVORA NEGRA**

Es una pólvora que se caracteriza por generar rotura en la roca por empuje de sus gases, su alta temperatura de combustión, velocidad de reacción, buena iniciación, se combina con el cordón detonante, para aumentar su reacción inicial. (COLORADO, 2016)

Es sensible al contacto y a las altas temperaturas, por ello es necesario garantizar el manejo y almacenamiento necesario. Al detonar produce humos tóxicos y es de vital importancia garantizar la ventilación al momento de usarse y más cuando son trabajos subterráneos. (COLORADO, 2016)

Es un explosivo fluido que al detonarse produce mínimas cargas electroestáticas gracias a la presencia de grafito en su contenido y que es usado hoy en día en el arranque, corte y separación de rocas ornamentales sin producir daño colateral. (COLORADO, 2016)

### **6.2 TRAZABILIDAD**

Es la suma de procesos que permiten identificar el histórico, ubicación y trayectoria de una sustancia en su vida útil, logrando localizarlo en cualquier punto de su cadena, obtener información de su origen, uso, procesos en los que ha sido y puede ser usado, condiciones de almacenamiento, transporte, distribución e información esencial para su posterior fin. (Arias, 2015)

la trazabilidad del explosivo inicia desde que realiza la inscripción ante la seccional de control comercio de armas, municiones, explosivos de la jurisdicción donde se pretenda hacer uso del material, dicha inscripción

debe hacerse mediante el sistema de información de armas y explosivos, cualquier cambio de la información del solicitante debe ser modificada allí. (Arias, 2015)

luego de estar inscritos ante el DCCA, el interesado debe solicitar un cupo mediante el mismo sistema donde realizó la inscripción especificando cantidad de material que necesita, clase, actividad a la que destinará el material, plan de compra de material, periodicidad, si es distribuidor plan de ventas anuales e información sobre registro ICA. El registro ICA es la autorización de ejercer actividad sobre un insumo en específico. (Arias, 2015)

Una vez registrados en el sistema, el solicitante debe hacer una solicitud ante la DCCA, en la seccional donde se justifique la información ingresada en la solicitud del cupo, manejo que se le dará al material en cuanto a almacenamiento, lugar, ubicación, plano del polvorín, tener certificado de cámara y comercio de no menos de 30 días y demás documentos como fotocopia de cedula, certificado de antecedentes, carta de autorización para hacer consulta de antecedentes, fotografías de instalaciones de la empresa y libro de control donde se debe registrar todos los movimientos de los materiales. (Arias, 2015)

Teniendo visto bueno por parte de la DCCA el usuario debe iniciar proceso ante la industria militar para la importación de material solicitado, mensualmente el usuario debe ingresar al sistema de información de armas el movimiento de consumo y ventas realizadas. (Arias, 2015)

Luego de tener en su poder el material el siguiente paso es realizar el etiquetado el cual hace referencia a material impreso o grafico que está presente en la etiqueta brindando información importante del producto, este debe ser legible al ojo humano, debe llevar: nombre del fabricante, código de barras o matricial relacionado con dicho código. Es necesario que se garantice el correcto almacenamiento y transporte del material de acuerdo a sus componentes químicos para que no se vea afectada su eficacia. (Arias, 2015)

Luego del etiquetado continua el transporte del explosivo, cualquier vehículo que este transportando sustancias explosivas no podrá transitar por las vías públicas con carga que sobresalga, deberán sujetar el material transportado con el objetivo de garantizar la seguridad y estabilidad de la carga durante su transporte. (Arias, 2015)

Se debe asegurar el contenedor al vehículo en las esquinas del contenedor, si se está transportando mercancías no peligrosas y mercancías peligrosas en el mismo cargamento, deben estar estibadas separadamente, si se está transportando sustancias explosivas la carga deberá estar debidamente acomodada, estibada, apilada, sujeta y cubierta garantizando la seguridad hasta que se llegue al lugar de almacenamiento. (Arias, 2015)

Los explosivos deben ser almacenados en lugares despoblados que no estén expuestos a deslizamientos de tierra, de fácil acceso y donde no se exponga al medio ambiente debido a la probabilidad de detonación que existe. (Arias, 2015)

El lugar de almacenamiento debe tener un circuito de alarma con el objetivo de alertar de las situaciones de peligro que puedan presentarse debido al material que está almacenado, también instrumentos que ayuden a mitigar el inicio de incendio. El lugar debe ser una construcción sólida, techos de poco peso que sean impermeables, aíslen la fuerza que pueda producir la detonación y brinden resistencia si se llega presentar alguna explosión. (Arias, 2015)

La construcción donde se almacene explosivos debe contar con pisos lisos, limpios y secos para minimizar la acumulación de residuos ya sean de tierra o de explosivos, el centro de almacenamiento debe tener la adecuada ventilación protegida con una rejilla, alumbrado en el exterior del almacén logrando proyección de la luz desde afuera hacia adentro, ubicar los interruptores fuera del almacén y mantenerse con acceso limitado a personal idóneo. (Arias, 2015)

Las tronaduras, disparos o carguío del disparo no deben ser almacenados junto con explosivos, estos deberán almacenarse individualmente sin juntarse con materiales con composición química diferente y así se puedan mantener en condiciones adecuadas. (Arias, 2015)

Para las sustancias explosivas que contengan nitratos se pueden seguir las precauciones de seguridad que se aplican para los explosivos de alta peligrosidad, para abrir las cajas de los explosivos deberán usarse las herramientas idóneas y así no provocar accidentes. (Arias, 2015)

Luego que el material se encuentra en el polvorín y teniendo una codificación única se podrá hacer la solicitud para hacer uso en obra, indicando para que actividad, cuanto material necesita, el sistema deberá realizar una comparación de cuanto material es necesario para la actividad que lo solicito y si la cantidad solicitada es la indicada para evitar perdida de material en obra, luego de tener esta información el encargado del polvorín podrá realizar el movimiento en el software, ingresando esta información y así identificar ubicación, responsable, actividad en la que se usó y material usado. (Arias, 2015)

### **6.3 ANALISIS DE NORMAS COLOMBIANAS**

#### **6.3.1 DECRETO 334 DE 2002**

Aplica para los productores, comercializadores, distribuidores, almacenadores, transportadores, usuarios y vendedores de sustancias o materias primas con las que se fabrican los explosivos. El gobierno mediante la Industria Militar tiene la capacidad de distribuir y dar autorización para la distribución de las sustancias

explosivas y materias que se necesiten para su fabricación. En el momento que se da autorización el autorizado debe garantizar su correcta utilización de acuerdo a los expuestos a la hora de su compra. (Decreto 334, 2002)

Clasifica los usuarios de acuerdo a la actividad en: importador, fabricante, distribuidor, subdistribuidor, transportador, consumo final y los hace responsables sobre la mala utilización de los explosivos, los cuales deben inscribirse ante el DCCA y anexar los documentos requeridos, adicional debe ser reportado cualquier hurto o pérdida del material explosivo o cualquier materia prima necesaria para su fabricación. (Decreto 334, 2002)

Las sustancias explosivas y materias primas deberán ser transportadas de manera terrestre, fluvial o aérea cumpliendo con documentos requeridos para garantizar el cumplimiento estricto del proceso. (Decreto 334, 2002)

El DCCA se encargará de vender las sustancias explosivas y materias primas directamente al usuario final y se encargará de retirar inmediatamente a quienes hagan uso inadecuado o almacenen en sus depósitos material adicional al requerido en su actividad. (Decreto 334, 2002)

### **6.3.2 DECRETO 1609 DE 2002**

Mediante este se decreta el uso y transporte terrestre de sustancias de alta peligrosidad, inicia definiendo alcance del transporte de sustancias explosivas garantizando la calidad del producto, su seguridad, la del transportador, del medio ambiente y de las personas que estén cerca al vehículo. (Decreto 1609 , 2002)

El transportador de sustancias explosivas debe evitar rutas en vías no principales y evitar que la mercancía transportada sobresalga del contenedor, asegurarse de fijar el material transportado brindándole estabilidad y seguridad hasta llegar al destino final. (Decreto 1609 , 2002)

Al vehículo que transporte material explosivo y sus materias primas deberá asegurarse el contenedor de estos materiales haciendo uso de los dispositivos necesarios que garantizan la seguridad del material transportado, adicional restringe el transporte mercancías no compatibles y estibadas de forma separada. (Decreto 1609 , 2002)

El almacenamiento de las sustancias explosivas en el contenedor y en el centro de almacenamiento debe estar correctamente estibadas de acuerdo a las necesidades de cada material y así garantizar la seguridad del material, las personas cercanas y el medio que lo rodea. (Decreto 1609 , 2002)

El responsable del uso debido de material peligroso debe contar en el lugar de almacenamiento y transporte como mínimo con dos extintores de acuerdo a la cantidad de material almacenado y su composición química que sean de fácil acceso en caso de accidentes, contar con alarmas que se activen cuando ocurra detonación. (Decreto 1609 , 2002)

En el transporte de sustancias explosivas y sus materias primas se destinan vehículos especializados para dicha labor que garanticen la seguridad del mismo, contar con certificado de responsabilidad de la tenencia de estos materiales y garanticen su calidad. (Decreto 1609 , 2002)

Si el remitente tiene en su propiedad el vehículo que transporta los materiales explosivos se debe entregar ruta, horarios, información importante si llegase a ocurrir algún accidente y así tener control del recorrido y ubicación del material. (Decreto 1609 , 2002)

Se debe garantizar la seguridad de los transportadores y personal que tuvo contacto con el material cuando este es radioactivo, adicional garantizar que el vehículo sea destinado para el transporte de este material en específico y que se cuentan con las medidas necesarias. (Decreto 1609 , 2002)

Es de vital importancia estar en continuo contacto con los responsables del material explosivo, departamentos de auxilio en el momento que sucedan situaciones que atenten con la vida útil del material y por consecuencia de las personas que se encuentran a su alrededor, además contar con los documentos solicitados para ser identificados de la manera correcta. (Decreto 1609 , 2002)

Afianzar un sistema que garantice el cumplimiento de los procesos requeridos al tratarse de material de alta peligrosidad es esencial este debe lograr identificar la información del vehículo que transporte el material, que cantidad se está transportando, quien lo transporta, quien lo recibirá, quien lo almacenará y cuál será su uso, así se tendrá un control y cumplimiento de la normativa.

Cuando el vehículo sufre daños que impiden la entrega del material a su destinatario en el tiempo establecido, este debe alertar para que sea sustituido por otro vehículo que al igual a la inicial cumpla con los requisitos establecidos, asegurar el correcto almacenamiento y manipulación. (Decreto 1609 , 2002)

Es esencial que el conductor de material peligroso cuente con capacitaciones necesarias que lo hagan apto para identificar cuando el proceso de almacenamiento y transporte no se está llevando de la forma correcta, saber que debe revisar el vehículo antes de estibar el material y verificar que se encuentre limpio y condiciones aptas para ingresar el producto a transportar, que el producto este correctamente etiquetado para así no realizar almacenamiento de sustancias no compatibles. (Decreto 1609 , 2002)

No está permitido transportar cargamento diferente al material explosivo junto al material o luego de haber descargado el material esto con el fin de evitar la contaminación del vehículo y del material diferente al que

se estipula esta designado el vehículo. El transportador debe cumplir con normas mínimas mientras se encuentre en operación las cuales son informadas en el proceso de capacitación como lo puede ser el fumar en la cabina, hacer paradas no planilladas durante el transporte o en su defecto cambios de ruta sin previa autorización. (Decreto 1609 , 2002)

El propietario deberá garantizar que el vehículo que transporte sustancias peligrosas cuente con las condiciones mínimas para el proceso, capacitar continuamente al conductor para que este tenga la información clara con respecto a la labor a realizar, que el vehículo se encuentre debidamente dotado para atender cualquier emergencia que se produzca y así la mercancía se conserve adecuadamente y pueda llegar a su destinatario. (Decreto 1609 , 2002)

### **6.3.3 DECRETO 2222 DE 1993**

El presente establece reglas con respecto a la higiene, seguridad laboral que debe mantenerse en las minas, otorga responsabilidad a la cabeza de la explotación sobre la idoneidad del personal, el transportador de explosivos debe asegurar que el material explosivo llegue a su destinatario en buen estado y para ello debe transportarlo en vehículos con una mecánica y estructura excelente, almacenar los explosivos de acuerdo a la normativa que regula cantidades y forma de ubicarlas. (DECRETO 2222, 1993)

Reglamenta a los transportadores sobre las condiciones que debe tener en cuenta cuando este transportando material de alta peligrosidad, regulando la forma de estacionarse, donde hacerlo, donde cargar gasolina, implementos que debe tener el vehículo para mitigar los accidentes que provocan la electricidad estática, incendios. Además, brinda ayuda al conductor de qué hacer cuando ocurra algún accidente y que velocidad y peso debe mantener en el recorrido sin exceder capacidad del automotor. (DECRETO 2222, 1993)

Reglamenta condiciones mecánicas del vehículo que transporta material explosivo que minimizan los deslizamientos inesperados, forma y personal que debe descargar cuando se llega al destino final dando así cumplimiento a la normativa establecida para garantizar la seguridad y calidad del material. El conductor de material explosivo cuando se encuentre en plena realización de su labor tendrá prohibido utilizar cualquier material que acelere la detonación del material y así provocar accidentes innecesarios y con daños irreparables. (DECRETO 2222, 1993)

El responsable de almacenar los explosivos debe hacerlo de forma independiente de acuerdo al material, uso final y composición química, el lugar donde estén almacenado estos materiales debe contar con las

condiciones aptas que garanticen la calidad del material, su vida útil y evitar que ocurran accidentes que atenten con la vida de las personas que se encuentren a su alrededor. (DECRETO 2222, 1993)

Prohíbe que los explosivos de diferente composición química y uso final a estar a 10 metros de radio de cada uno, 160 centímetros de altura desde el piso y así brindar condiciones que darán solidez, manejo adecuado y seguimiento de la normativa nacional. (DECRETO 2222, 1993)

Para la utilización del explosivo en tierra deberá tenerse en cuenta, primeramente, la traza de perforación la cual ayudará a definir ubicación y número de barrenos, cantidad, tamaño y manejo del material explosivo. El personal que este encargado de realizar esta actividad deberá estar capacitado con la normativa actual y tenga fresca la información para que el proceso se lleve de la forma adecuada. (DECRETO 2222, 1993)

Reglamenta los lugares donde se puede hacer uso de explosivos con el objetivo de minimizar accidentes evitables, autorización necesaria para llevar a cabo este tipo de trabajos, el manejo que le dará, seguridad en el epicentro a la hora de realizar actividades de detonación de explosivos, garantizando el bien común de los trabajadores y personas aledañas. (DECRETO 2222, 1993)

Para el uso de explosivos bajo el agua deberá tenerse en cuenta la profundidad, esta debe ser menor de 750 centímetros, el material debe estar por debajo tierra a una distancia de 300 centímetros todo esto si la autoridad indica que hacerlo a cielo abierto afecta el ambiente a su alrededor. (DECRETO 2222, 1993)

Establece medidas a la hora de transportar explosivos como lo son las bandas transportadoras las cuales deberán estar provistas en el momento indicado y protegidas de exceso de material, estos materiales deben estar cubiertos con el objetivo de esparcir material al paso. Cuando se realice el descargue hay que garantizar que no queden excesos de este en el vehículo mediante el uso de raspadores. (DECRETO 2222, 1993)

#### **6.3.4 NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1692**

La presente norma da instrucciones acerca del transporte, etiquetado y distribución de materiales explosivos y de alta peligrosidad, siendo de vital importancia para todos los implicados en la cadena de trazabilidad de este tipo de sustancias. (ICONTEC, 2005)

Clasifica a los explosivos en divisiones de acuerdo al riesgo que puedan presentar según su sensibilidad, riesgo de explosión, incendios y las que no presentan riesgo importante, para el personal que hace el manejo, transporte, almacenamiento y cercana al centro de acopio.

El rotulado y etiquetado de las sustancias peligrosas dispone que los empaques deben tener etiquetas legibles, de larga duración, fácil identificación de información importante como de quien la expide, quien la recibe y condiciones especiales del empaque. (ICONTEC, 2005)



Los empaques deben llevar información acerca de su capacidad de resistir al agua, fuego, condiciones de transporte, uso y contenido de radiación en la composición con el objetivo de darle el tratamiento necesario que garanticen su calidad, mitigación de accidentes y disminución de su vida útil. (ICONTEC, 2005)

La forma de la etiqueta debe ser cuadrada, con dimensiones de 10 por 10 centímetros, ubicarla en vértice superior, delineada con una línea a 0,5 centímetros del borde, de igual color al símbolo y si el empaque es en forma de bulto la etiqueta debe ser de menor dimensión. (ICONTEC, 2005)

La etiqueta debe llevar la simbología, numeración y texto en color negro o blanco de acuerdo al tipo de empaque o material, adicional el fabricante debe garantizar que las etiquetas puedan estar expuestas a las condiciones externas sin sufrir daños en la misma o reducciones visibles. (ICONTEC, 2005)

La rotulación y marcado de los vehículos que transportan material explosivo deben estar ubicados en la parte externa que alerten de la peligrosidad del cargamento, riesgos que puedan presentarse si realizan acciones que aumenten la sensibilidad a la detonación de los explosivos e información de que material esta contenido. (ICONTEC, 2005)

Los vehículos cisternas deben estar libres de exceso de material diferente al que se está transportando y llevar rotulación con información comprensible a los lados del vehículo con el objetivo de identificar riesgos prominentes, cuidados y posibles consecuencias si no se cumple con lo mencionado. (ICONTEC, 2005)

Para los vehículos con caras laterales desprovistas es importante que la rotulación este ubicada en sus caras laterales, sean de fácil visibilidad y si no se tiene superficie necesaria para el etiquetado se debe reducir las dimensiones iniciales a 10 centímetros. (ICONTEC, 2005)

### **6.3.5 NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3966**

La presenta norma establece instrucciones sobre el traslado de sustancias de alta peligrosidad en especial los explosivos cuando se realiza por medio terrestre para que el transportador garantice que no ocurrirán accidentes durante el transporte, carga, descargue, almacenamiento. (ICONTEC, 1996)

Los explosivos pueden ser estibados y transportados juntas cuando son compatibles y así garantizar ambiente de seguridad que evitan accidentes, aspectos a tener en cuenta cuando el explosivo tiene una sensibilidad elevada o algunos materiales que cuenten con propiedades diferentes a los explosivos. (ICONTEC, 1996)

El productor del material explosivo brindará informe acerca del producto, ensayos, características, propiedades, elementos usados en su fabricación, en una ficha donde sea de fácil identificación para el

transportador, personal encargado y usuario final, garantizando así el correcto manejo del material de alta peligrosidad. (ICONTEC, 1996)

Para el transporte de los explosivos se debe tener en cuenta que antes de cargarlos en el vehículo que lo transportará se debe hacer revisión del interior del mismo con el objetivo de verificar que no existan residuos, se encuentre totalmente limpio y en condiciones aptas para realizar el cargue. El vehículo debe estar en condiciones estructurales y mecánicas aptas que no presente oxidación, arañazos, abolladuras y en su carrocería que garanticen el buen estado del material. (ICONTEC, 1996)

Se necesita que el expedidor a la hora de realizar transporte de sustancias explosivas coordine con el transportador para que el material sea transportado en las condiciones necesarias, cumpla con las normas necesarias de distribución, vida útil del material y dirección e información de contacto clara sobre el destino final del material. (ICONTEC, 1996)

El transportador debe realizar una ruta directa o lo más directa posible sin transbordos, paradas no programadas, tener a la mano documentos de autorización, licencia para manejar materiales explosivos, garantizar que el vehículo haya sido revisado antes de realizar el cargue y evitar la contaminación, mientras que el destinatario debe contar con el permiso para realizar la distribución exigido por las entidades competentes. (ICONTEC, 1996)

El transportador encargado de trasladar los explosivos y toda la materia de alta peligrosidad, debe ser idóneo para manipular este tipo de materiales si llegase a ser necesario, limitar la revisión de los empaques y alertar cuando se evidencie cualquier inicio de contaminación o iniciación. (ICONTEC, 1996)

#### **6.4 COMPRA DE EXPLOSIVOS**

En Colombia toda persona natural y jurídica deberá contar con autorización para la posesión, distribución, almacenamiento y transporte de explosivos otorgada por la DCCA, en este documento debe estar especificado la actividad para la que se requiere, de qué manera se llevará a cabo, condiciones de almacenamiento y transporte, adicional previa autorización para realizar consulta de sus antecedentes esta no debe superar los 30 días. (Ministerio De La Proteccion Social, 2016)

Cuando ya se está registrado, el usuario tendrá que solicitar ante la unidad militar de su jurisdicción con información acerca de cantidad, manejo, accesorios, actividad final, lugar de almacenamiento, transporte y el certificado brindado por la cámara de comercio. (Ministerio De La Proteccion Social, 2016)

Adicional a los documentos anteriormente mencionados se debe añadir copia de la identificación, antecedentes judiciales del usuario y de su representante adjunto autorización para la revisión de su información legal y así tener un perfil del solicitante. Es importante que la actividad para lo que se requieren

a los explosivos sea legal para sea fácil demostrarlo y el proceso no sea extenso a esto debe ir adjuntada información necesaria para conocer lugar de actividad, permanencia del explosivo, registros correspondientes y certificados de capacidad para realizar la actividad que registra (Ministerio De La Proteccion Social, 2016)

Con respecto al uso que se le dará al material solicitado de debe presentar cronograma de actividades donde se evidencie cantidades necesarias de acuerdo a la actividad, su trazabilidad en la labor que se llevará a cabo y condiciones a las que será expuesto el explosivo, las cuales deben ser las mínimas para garantizar el resultado esperado, es importante que se tenga en los documentos material audio visual del proceso en el que se empleó el explosivo. (Ministerio De La Proteccion Social, 2016)

Luego de haber realizado la inscripción en el DCCA, el usuario tendrá que reportar a la brigada que lo autorizo para el tratamiento y uso de material explosivo todos los cinco de cada mes información acerca del manejo que se le ha dado al explosivo solicitado, cantidad y resultados, si no está disponible la persona encargada de realizar el proceso que es el representante ante las entidades se deberá autorizar mediante una carta dirigida al departamento a la persona idónea para que lleve a cabo este proceso sin llegar al incumplimiento. (Ministerio De La Proteccion Social, 2016)

Una vez se tenga el cupo se debe solicitar autorización para la realización de la compra y para esto se debe realizar una carta de solicitud según sea el caso al DCCA o JEM donde se detalle qué tipo de explosivo o material requiere, cantidad y accesorios necesarios. Si el solicitante está interesado en importar los materiales deberá realizar solicitud para ser importador y consumidor ante el DCCA, adjuntar documentos necesarios como lo son el formulario de inscripción, concepto otorgado por la oficina de la jurisdicción donde lleva el proceso, carta con firma del representante garantizando que la persona que hará uso del material solicitado es capacitado e idóneo y las actividades para las que se requieren son legales. (Ministerio De La Proteccion Social, 2016)

## **6.5 MANEJO DE EXPLOSIVOS EN OTROS PAISES**

El Perú regula mediante sus normas a los explosivos dando instrucciones sobre su almacenamiento, transporte y manejo, para el almacenamiento rige que su único lugar de almacenamiento debe ser en depósitos autorizados, señalizados, contar con un responsable de distribución, solo se hará entrega a personal autorizado previamente. Para el control sobre el material se tendrá un registro de los movimientos de entrada y salida del polvorín.

En el lugar de almacenamiento no se podrá fumar, darle manejo violento a las cajas que contienen el material explosivo, garantizar que el consumo del material sea de acuerdo a la llegada al polvorín dando así una preferencia a los que lleven más tiempo almacenado. Se debe asegurar que en el momento de transportar los explosivos y accesorios de iniciación no sean de la misma categoría, es obligatorio que la entrada y salida coincidan con los relevos para evitar aglomeraciones en las vías de acceso, solo se realizara en embalajes autorizados, en vehículos que funcionen con radiofrecuencias. Cuando el explosivo se encuentre en la zona de voladura está prohibida dar acceso a cualquier tipo de maquina externa y tener separados a los detonadores de los explosivos.

En España los explosivos están regulados por el Decreto 130/2017 donde se reglamenta la comercialización, fabricación, adquisición, importación, exportación, tenencia, transporte y uso de explosivos dando cumplimiento a las medidas de seguridad que deben seguirse para evitar riesgos laborales, provocados por almacenamiento indebido o equivocación en el etiquetado. Tanto fabricantes, como importadores y distribuidores, deben garantizar que los explosivos que han fabricado son de acuerdo a las normas de seguridad, dar cumplimiento a la normativa técnica establecida en los diferentes decretos, correcta marcación de los explosivos para ser identificados debidamente.

El importador debe asegurar que en el momento de introducir los explosivos al mercado ha dado cumplimiento al proceso de documentación técnica y marcación, indicar en el explosivo su nombre, nombre comercial o marca registrada y su dirección de contacto, ir acompañado de indicaciones e información sobre su uso, ´garantizar que el material se encuentre en las condiciones de almacenamiento y transporte de acuerdo a la normativa.

La para que se pueda hacer uso de explosivos se debe contar con una autorización concedida por la Dirección General de la Guardia Civil, con una validez de cinco años. Los consumidores deben estar inscritos en el Registro Integrado Industrial, teniendo disponibilidad de la maquinaria y equipos para realizar la actividad, estar al día con los impuestos respecto a actividades económicas, contar con un seguro que respalde cualquier situación que pueda afectar a la comunidad o medio ambiente, garantizar que el personal que manejara los explosivos está capacitado para dicha actividad.

Con respecto a la documentación el solicitante debe adjuntar copia de la escritura de la empresa, copia de registro industrial y justificación, si la empresa realiza actividades de uso de explosivo se deberá añadir detalles sobre la maquinaria, recurso humano, procedimientos operativos, medidas de seguridad internas, g donde se justificará la capacidad de realizar ese tipo de actividades, si los explosivos se utilizaran en voladuras se debe especificar para que tipo de voladura y por ultimo añadir los antecedentes penales.

## **6.6 MECANISMOS PARA LA TRAZABILIDAD DE EXPLOSIVOS**

### **6.6.1 TTE: TRACK & TRACE OF EXPLOSIVES**

TTE es un mecanismo que realiza el rastreo de explosivos mediante la modulación de la información logrando perfeccionar y facilitar la trazabilidad del material explosivo en las empresas, mediante estructuras y mecanismos que garantizan control sobre cada uno de los procesos. (Track & Trace Of Explosives , 2008)

TTE ofrece la respuesta adecuada a los diferentes desafíos de la trazabilidad de explosivos mediante la creación de códigos de identificación única para cada uno de los explosivos y unidades de embalaje, impresión de etiquetas para cantidades pequeñas relacionadas con pedidos, minimización los tiempos de registro requeridos como los son las reservas efectivas de entrada y salida mediante procesos de escaneo de etiqueta, disponibilidad de información garantizada a las autoridades competentes de acuerdo a las diferentes solicitudes, disponibilidad de backup en los sistemas locales y suministros mediante el sistema TTE-Trustcenter. (Track & Trace Of Explosives , 2008)

Ayudará a la compañía en la mejora mediante funciones adicionales más allá de la realización de los requisitos legales, TTE ofrece adicionalmente más posibilidades para simplificar los procesos diarios como reemplazar el libro de acciones escrito manualmente en un registro electrónico, seguridad de los datos mediante cifrado permanente, uso de interfaces para la integración a software existente, realización de muestreo aleatorio, retractaciones, entregas de devolución, preparación de pedidos o soporte de inventario, grabar y evaluar comentarios de cualquier movimiento y proporcionar todos los datos de los explosivos para uso interno. (Track & Trace Of Explosives , 2008)

El usuario final podrá efectuar el registro de todos los movimientos entre la entrada de mercancías, el uso y la emisión de mercancías mediante unos pocos procesos de escaneo, reducir el esfuerzo manual mediante el mantenimiento de un registro electrónico de acuerdo con la legislación nacional, realizar muestreo aleatorio en la entrada de mercancías en un rango arbitrario, reasignar no problemática de bienes al proveedor, respaldada por la creación de cumplimiento, autorizar flexiblemente en concepto para empleados propios, la divulgación a las autoridades sin disponibilidad de personal permanente, llevar control de fecha de caducidad y la entrada de comentarios en el libro de inventario electrónico, suministrar inmediatamente de los datos de entrega para el cliente, así como la transferencia de datos segura y rápida mediante TTE-Trustcenter, suministro de datos para uso interno, una posibilidad para el intercambio de datos en sistemas diferentes de TTE. (Track & Trace Of Explosives , 2008)

### **6.6.2 TECNOVOLADURAS**

Es una compañía que ofrece a sus clientes mediante un sistema informático organizado la identificación y la rastreabilidad de una unidad de explosivo o accesorio, así como el último adquiriente legal y su uso, con vistas a prevenir el uso indebido o el robo y apoyar a las autoridades, en el rastreo del origen de los explosivos, mediante un moderno sistema con altos estándares de tecnología de trazabilidad, registrando con exactitud cada etapa del proceso de producción de su amplia gama de productos monitoreando cada unidad producida.

Esta tecnología logra determinar inmediatamente la ruta exacta de despacho de un lote de producto, identificar vendedor, monitoreo del registro histórico pormenorizado de cada producto, mediante la etiqueta del material identificando país, fabricante, código de producto, serial, dígito verificador, fecha de producción y cantidad por caja.

Para lograr el etiquetado requerido se apoyan en computadoras industriales que ayudan a controlar y codificar los productos, impresoras de tinta para imprimir sobre cualquier superficie, impresoras de código de barras para imprimir los códigos de barras que se adhieren a las cajas y/o productos, lectores de código de barras que ayudan a la lectura del código de barras controlando así la ubicación de los productos.

La arquitectura tecnología de este sistema se basa en un swicht que, con la ayuda de dos servidores, tres usuarios remotos, logística web y administración humana llevan el control de cada una de las líneas de producción y el cumplimiento del objetivo principal.

### **6.6.3 MOVICATT**

MovicaTT es un sistema de fácil uso y operación, requiere un hardware local y un tiempo de trabajo mínimo para monitorizar el flujo entrante y saliente de explosivos en su área de responsabilidad, para esto solo se necesita un scanner móvil in situ, una suscripción a MovicaTT y un pc de oficina de acceso a internet y así efectuar cómodos análisis de datos, presentaciones de informes e impresiones.

MovicaTT cuenta con un interfaz de fácil uso que brinda practicidad al usuario que brinda información instantánea sobre existencias y movimientos en el inventario sin necesidad de revisar el almacenamiento. Conserva la información en su backup durante diez años y está disponible en cualquier momento del día lo que ayuda a controlar la trazabilidad del material.

Este sistema logra manejar grandes cantidades de información ayudando al proceso de almacenamiento, su ubicación en la cadena de trazabilidad, brinda transigencia credibilidad en los datos, adicional la información almacenada se protege ante posibles modificaciones.

El proceso de grabación de la información en la nube inicia con la recepción de la mercancía luego se almacena, se cuentan las existencias, se controlan y registran movimientos, el sistema cuenta con opciones de recuento, auditoria de unidades y por último se realiza seguimiento a cada unidad.

El usuario de este mecanismo cuenta con la posibilidad de disfrutar de escáneres que le ayuden en sus labores diarias, soporte de calidad si llegase a presentar inconvenientes con registro e información grabada en el sistema y hacer seguimiento online de las unidades registradas.

#### **6.6.4 CkBLAST SEGUIMIENTO Y TRAZABILIDAD DE EXPLOSIVOS.**

Este software tiene como finalidad garantizar el seguimiento, trazabilidad de materiales explosivos que son destinados para el uso civil, suministrando soporte técnico al usuario si se llega a presentar cualquier novedad que impida el pleno desarrollo de las labores. (CkBlast, 2015)

CkBlast logra una identificación segura, registro de movimientos en el inventario, ayuda en el proceso de almacenamiento, la trazabilidad del material controlando devoluciones y desechos, actualizando las existencias continuamente, ayudando en pequeñas explotaciones y problemas especiales que el usuario presenta. (CkBlast, 2015)

Este sistema se instala de forma sencilla en el computador e inmediatamente da la posibilidad de registrar información en el espacio online que brinda el software y podrá ser consultada en cualquier momento desde que se tenga internet. (CkBlast, 2015)

#### **6.6.5 FAMESA EXPLOSIVOS**

Empresa peruana con experiencia en la comercialización y fabricación de sistemas de iniciación y explosivos seguros, innovadores y confiables con la finalidad de satisfacer las necesidades del cliente. Esta compañía adicional a la fabricación de materiales de alta peligrosidad ofrece al mercado un sistema de trazabilidad acorde a las condiciones actual, gestionando, identificando, documentando y registrando cada etapa del proceso de producción y despacho del explosivo, cuenta con la opción de implementarse para el manejo de almacenes e identificación de pérdida de material.

Mediante un sistema de codificación asignado a cada producto el cliente podrá identificar las características del material, quien lo fabricó, quien hizo la compra, transporte y almacenamiento antes de llegar al polvorín, dando así la capacidad al usuario de identificar la procedencia del material y minimizar la compra de material incautado.

El sistema de trazabilidad brinda seguridad y control de forma óptima la adquisición y traslado del material mejorando eficientemente la estructura que conforma la cadena de consumo de explosivos. El sistema

permite individualizar a las personas que puedan estar desviando material y así tomar las medidas legales pertinentes.

## **7 ANALISIS DE RESULTADOS**

De acuerdo a la investigación bibliográfica realizada se evidenció que Colombia es un país que tiene estrictamente reglamentada cada una de las etapas que conforman la trazabilidad de explosivos, desde la solicitud de compra la cual debe hacerse ante el Departamento Control Comercio de Armas hasta la ubicación del polvorín su estructura de instalación eléctrica y condiciones de almacenamiento, cada etapa reglamentada ayudara a los encargados de cada proceso a conservar el buen estado del material explosivo hasta el momento en que sea utilizado y se logre el resultado que se espera.

Cada uno de los decretos y guías de Indumil son importantes para la correcta trazabilidad los diferentes explosivos como los polvorientos, hidrogeles, ANFOS, emulsiones, pólvora de mina, y demás teniendo en cuenta que no pueden ser transportados en la misma carrocería y deben ser almacenados con precaución en el polvorín, estos explosivos se utilizan constantemente en obra para las demoliciones, excavaciones y voladuras, para rocas de diferentes durezas, voladuras de pre corte, recorte, contorno y carga de barrenos.

Los últimos accidentes que han sido producidos por explosivos se deben al incumplimiento de las normas de seguridad impartidas por las instituciones y decretos gubernamentales, dejando a personas sin capacitación responsables de materiales de alta peligrosidad sin supervisión alguna, falta de planificación en la trazabilidad del material lo cual se ve reflejado cuando el material explosivo se inicia en la carrocería que lo transporta o en el polvorín donde se encuentra almacenado, por ultimo esta la compra ilegal de explosivos que provoca transporte, almacenamiento y uso inadecuado del material explosivo.

Las obras civiles con el objetivo de evitar accidentes cuidan cada una de las etapas de la trazabilidad del material explosivo, pero se quedan cortos en el momento en que el material es retirado del polvorín y llega a obra ya que se evidencia que no se lleva un control del material que se necesita para cada una de las actividades provocando que se retire del polvorín una cantidad mayor a la necesaria, se provoque el hurto del material, este sea vendido ilegalmente y usado de forma diferente a la que inicialmente se especificó en su compra.

Con la finalidad de garantizar la trazabilidad del material de alta peligrosidad hoy en día existen mecanismos que brindan a la empresa interesada un control y supervisión del material que garantizan las 24 horas del día la disponibilidad de la información que se ingresa en el sistema, supervisión del material desde



el momento en que viene en la carrocería hasta que se retira del polvorín, para que actividad es solicitado y cantidad, mitigando la pérdida de material en obra.

## **8 RECOMENDACIONES**

- Estructurar tecnológicamente el embarque y almacenamiento del material explosivo para que la unidad de transporte genere alertas si se tiene residuos de un material diferente al que se va almacenar o a embarcar y que solo se permita si los materiales son compatibles.
- Incluir en las normas y decretos instrucciones sobre el uso del explosivo en obra garantizando el empleo del 100% del material, evitando déficit en unidades y uso indebido.
- Implementar un sistema de trazabilidad que inicie en la cadena de suministro teniendo una visión de 360 grados de todas las partes involucradas en el flujo de los materiales y productos, terminando en el destinatario final y garantizando el reconocimiento del material en cualquier punto de la cadena.
- El sistema de trazabilidad debe enfocarse en la identificación única del material trazable, nombre del fabricante, transportador, almacenador, destinatario y usuario final, fecha de fabricación, lugar de fabricación y justificación de uso, todo esto con la finalidad de tener el control sobre el material.
- Debido a la peligrosidad de los materiales es importante cuidar su marcación e etiquetado, se sugiere que sea sistematizado para que de acuerdo al material el software genere la etiqueta correspondiente y minimizar errores que pueden afectar las etapas siguientes a esta.

## **9 CONCLUSIONES**

- El sistema de trazabilidad que brinda seguridad y control en la cadena de suministro y consumo, individualizando el proceso de comercialización y producción es FAMESA, por ello se recomienda como mecanismo óptimo para garantizar supervisión continua y constante del material en cada una de las etapas que este experimenta, desde la compra hasta los diferentes movimientos que se realicen, logrando minimizar la pérdida de material y la identificación de los responsables.
- En Colombia se reglamenta el transporte, fabricación, embarque, acopio y utilización de material peligroso incluidos los explosivos, con el fin de cuidar estrictamente la trazabilidad del mismo y lograr inmediata ubicación de este material, siendo de vital importancia para regular el manejo de

explosivos de forma irresponsable y arbitraria poniendo en peligro la vida de las personas que se encuentre alrededor del material.

- Los explosivos y sus accesorios deberán almacenarse en polvorines, bajo rigurosas normas de seguridad y autorizados por la autoridad competente. El polvorín debe ser controlado periódicamente y si encuentra alguna irregularidad se deberá impartir las respectivas instrucciones, por ello se recomienda que los polvorines estén situados a no menos de cien metros de las edificaciones y vías, el terreno donde se encuentre sea estable, el material explosivo tenga una diferencia del techo de 0,7 metros, las puertas del polvorín sean de madera de menos de dos pulgadas, el polvorín no tenga ventanas o sistemas de ventilación ubicados en diferentes niveles y la iluminación sea con linternas no antideflagrante.
- Es esencial implementar herramientas tecnológicas en la trazabilidad de los explosivos que ayuden a la simplificación del reporte de información, optimización de recursos, aumento de productividad y efectividad en el proceso, con la finalidad de individualizar las responsabilidades en cada etapa y ejercer mayor control sobre el material y su debido manejo.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

Arias, J. (17 de 04 de 2015). Manejo de explosivos. Bogota D.C: FAIRMINED. Obtenido de Responsablemines.org.

Blanco, J. A. (21 de 12 de 1986). Desarrollo de un metodo para el calculo de las características teoricas de los explosivos. Madrid, España: Universidad politecnica de madrid. Obtenido de UPM.

CHAVARIN, F. L. (12 de 10 de 1990). Utilizacion de explosivos . Mexico: INTERARQ. Obtenido de Repositorio Digital.

CkBlast. (2015). Seguimiento y trazabilidad de explosivos . España: CkBlast S.L.

Colombo, A. C. (07 de 09 de 2017). La importancia del sistema de drenaje en el consolidamiento y estabilizacion de taludes . Revista Obras Urbanas Numero 63, 28-32. Obtenido de OBRASURBANAS.

COLORADO, C. A. (12 de 08 de 2016). Clasificacion y características de los explosivos . Bogota D.C: Escuela de ingenieros militares . Obtenido de ACADEMIA.

Consultoria en gestion de riesgos . (2010). Normas Basicas para el Manejo seguro de Explosivos . ARP SURA.

Contreras, J. L. (2013). Manual de perforacion y voladura de rocas. Venezuela : Universidad Central de Venezuela .

Decreto 1609 , N° 310702 (31 de 07 de 2002).

DECRETO 2222 (N° 41104 05 de 11 de 1993).

Decreto 334, N° 44726 (Diario Oficial 03 de 01 de 2002). Obtenido de ARMADA.MIL.

EXSA. (2010). Manual practico de voladura . Bogota D.C: Exsa.

Garifas Gama Pablo, L. R. (12 de 03 de 2006). Uso de explosivo en las construcciones . Puebla , Mexico: Universidad autonoma de puebla . Obtenido de SlideShare.

Gobierno de chile . (05 de 03 de 2016). Manejo de explosivos . Santiago de chile : ENAMI. Obtenido de Sonami.

Gobierno de chile . (21 de 10 de 2018). Manejo de explosivos. Santiago de Chile: Servicio nacional de geologia y minería. Obtenido de Sernageomin.

Gobierno de España. (19 de 10 de 2009). Identificacion y trazabilidad de explosivos con fines civiles. Castilla: Fundacion Santa Barbara . Obtenido de Fsbarbara.

Grupo Interinstitucional De Analisis Antiterrorista. (03 de 10 de 2010). Manual De Identificacion y Trazabilidad De Material De Guerra . Bogota D.C: GIAT. Obtenido de SCRIBD.

ICONTEC. (15 de 12 de 1996). NTC 3966. Bogota D.C: Ministerio de transporte. Obtenido de MINI TRANSPORTE.

ICONTEC. (13 de 12 de 2005). NTC 1692 . Bogota D.C: Ministerio de transporte. Obtenido de MINI TRANSPORTE.

INCONTEC. (1999). NTC 4702-2. Bogota D.C: Ministerio de transporte .

INDUMIL. (05 de 10 de 2015). Informe de gestión, transformación y sostenibilidad. Bogota: Indumil Colombia. Obtenido de INDUMIL.GOV.

INDUMIL. (02 de 02 de 2016). Industria militar , fabrica de explosivos antonio ricaurte . Bogota D.C: Indumil. Obtenido de INDUMIL.GOV.

Indutriales, Orica Explosivos. (29 de 09 de 2014). Sistema inteligente para hacer la trazabilidad de los explosivos. España : Orica. Obtenido de Orica.

- Jimeno, L. (1994). Manual de perforacion y voladura de rocas. Madrid: Insituto Tecnologico Genominero de España.
- JOSE BERNAOLA ALONSO, J. C. (07 de 10 de 2013). Perforacion y voladura de rocas en mineria . Madrid, España: Departamento de explotacion de recursos minerales y obras subterranas . Obtenido de UPM.
- Lozano, F. A. (15 de 10 de 2009). USO DE EXPLOSIVOS EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL. Ciudad de mexico: Universidad autonoma de mexico. Obtenido de USO DE EXPLOSIVOS EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL.
- Ministerio de industria, energia y turismo. (21 de 05 de 2009). Guia de instrucciones sobre la normativa de trazabilidad. España: Ministerio del interior . Obtenido de Minaslinares.com.
- Ministerio De La Proteccion Social. (2016). Guia Adquisicion de explosivos y accesorios de voladura. Bogota D.C: Indumil.
- Track & Trace Of Explosives . (10 de 10 de 2008). Solucion para identificar explosivos . Argentina: TTE. Obtenido de Tenenga.
- Zetes. (11 de 10 de 2010). Tres soluciones de zetes garantizan la trazabilidad unitaria de los explosivos . España: Zetes. Obtenido de Zetes.