

VOLADURAS CON EXPLOSIVOS. EQUIPOS ROMPEDORES Y BARRENADORES, LOS EXPLOSIVOS.

Ing. Agustín Alfonso Posada¹

*1. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Autopista Matanzas-Varadero km 31/2, Matanzas,
Cuba.*

RESUMEN.

El artículo Voladuras con Explosivos está formado por varias partes, en esta monografía se tratan las maquinarias que se utilizan para demoler rocas, sea con equipos en pequeñas cantidades o con equipos barrenadores para su voladura con explosivos, además se dan a conocer los principales tipos de explosivos que se utilizan en las voladuras, desde el punto de vista de su empleo, que se dividen en tres grupos fundamentales: Iniciadores o violentos, Rompedores y Deflagrantes o lentos (pólvora). Posteriormente se tratan otros temas como: cargas explosivas, métodos y medios de explosión, voladuras en tierra y rocas y reglas de seguridad que hay que observar en los trabajos de voladuras. De esta forma se integran contenidos referentes a esta materia, que generalmente se encuentran dispersos en distintas fuentes, enriquecidos por la experiencia del autor.

Palabras claves: Voladuras; explosivos; maquinarias.

INTRODUCCIÓN.

Luego de trabajar por más de 36 años la ingeniería civil y tener la oportunidad de hacerlo en obras relevantes, entre las que podemos mencionar la remodelación del Ferrocarril Central La Habana-Santiago de Cuba, en los tramos Matanzas-Limonar y Mocha-Aguacate; la construcción del Aeropuerto Internacional de Point Salines en la Isla de Granada y el Viaducto de la Bahía de Matanzas, donde se realizaron mas de 2 millones de m³ de excavación en roca con explosivos, hemos podido percibir que no contamos con una documentación que recoja todo lo referente a la voladura con explosivos, por lo que reestudiamos la bibliografía existente, que unida a la experiencia adquirida en años de trabajo, permite elaborar varios artículos a razón de lograr un compendio sobre esta temática, recurso tan necesitado por los ingenieros en las obras y los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Matanzas *Camilo Cienfuegos*.

A este respecto es entonces el objetivo de esta monografía “barrenar el cerebro” de los ingenieros y estudiantes de 4to año de Ingeniería Civil, introducir en ellos el “explosivo” de los conocimientos y lograr la “explosión” que les permita aplicar estos conocimientos adquiridos en las obras y contar con una documentación que les permita aclarar sus dudas cuando lo necesiten al afrontar los casos que se les presenten al respecto.

El tema general a tratar es: VOLADURAS CON EXPLOSIVOS. Antes de hablar de las técnicas de voladuras, para su correcta comprensión, debemos estudiar primero los equipos rompedores y barrenadores, (donde se introducen los explosivos), los explosivos, las cargas explosivas y los métodos y medios de explosión.

En este artículo como explicamos en el resumen, trataremos los equipos rompedores y barrenadores, (donde se introducen los explosivos) y los explosivos, posteriormente en otros artículos completaremos toda la materia que abarca la voladura con explosivos.

DESARROLLO.

LOS EQUIPOS ROMPEDORES Y BARRENADORES.

Los terrenos rocosos no pueden extraerse sin disgregación previa. Esta disgregación se obtiene en la actualidad mediante:

- El uso de los martillos rompedores.
 - Por el escarificador automotor o roter.
 - Por el uso de explosivos.
- a) El uso de los martillos rompedores.

Estas maquinas son análogas a los martillos perforadores, de los que hablaremos al referirnos a la perforación que debe realizarse para la utilización de explosivos en poca magnitud.

El útil es por lo general de aire comprimido, (suministrado por un equipo compresor), se introduce en el terreno rocoso y se realiza el arranque utilizando el brazo de palanca ofrecido por la longitud del útil (barrena rompedora).

Este procedimiento solo puede emplearse económicamente en espesores pequeños y para rocas blandas o semiduras. También puede utilizarse para la demolición de pavimentos, estructuras de hormigón, etc.

La norma de producción puede obtenerse en el libro de rendimiento de equipos de la construcción.



FIG. 276. Desagregación con martillo rompedor.

b) Por el escarificador automotor o roter.

Las potencias alcanzadas recientemente por los escarificadores de los bulldozers pueden permitir desagregar directamente ciertas rocas blandas y semiduras. Cuando su empleo es posible, es menos costosa que con el uso de explosivos.

c) Por el uso de explosivos.

El empleo de explosivos se emplea fundamentalmente para excavar rocas duras y blandas, aunque también se puede utilizar para excavar tierra, exige generalmente de una perforación previa, por lo que debemos analizar aquí la perforación para el uso de explosivos.

En la perforación para el uso de explosivos, antiguamente se utilizaban maquinas de percusión o rotativas, llegándose a utilizar también perforadoras térmicas En la perforación para el uso de explosivos en nuestros días se utilizan por lo general los equipos rotativos, que se dividen en dos tipos de equipos:

- El martillo barrenador.
- La carretilla barrenadora.

El martillo barrenador.

Son movidos por aire comprimidos que suministra un equipo compresor de aire, son de similares características que los martillos rompedores, lo que su útil o barrena, en vez de percutir, rota, comiendo la roca, produciendo el barreno al votar hacia el exterior el material que perfora.

Pueden perforarse barrenos desde un pie (0.33 m), hasta 7 u 8 pies (2.30 m) y su diámetro por lo general es de 3 a 4 cm., para permitir que se introduzca en el mismo un cartucho normal de explosivo (TNT, dinamita, etc.).

Tiene la facilidad que se puede dar al barreno la inclinación que sea capaz de permitir la experiencia del martillero y los aditamentos que puedan utilizarse.

La norma de producción puede obtenerse en el libro de rendimiento de equipos de la construcción.

La carretilla barrenadora o Wagon-drill.

Son los equipos mas utilizados en la actualidad para la perforación de barrenos para las voladuras con explosivos. Pueden ser autopropulsados o empujados por sus operadores (mas comunes). Necesita de dos a tres trabajadores para su uso, o sea un operador y uno o dos ayudantes para moverla.

Consta de dos neumáticos para su desplazamiento y una torre, donde se desliza verticalmente el equipo giratorio, que mueve las barrenas. Posee una barrena primaria, llamada también martillo, que es la que lleva las brocas que comen la roca al girar, y a esta barrena principal se le van adicionando tantas barrenas como sea necesario de acuerdo a la profundidad a perforar. Las barrenas son de hasta 12 cm de diámetro y de 1.5 a 2.0 m de longitud

El equipo produce la rotación por medio de aire comprimido, que suministra un equipo compresor.

Cuando se mueve por terreno irregular, se utilizan tablones para desplazar los neumáticos.

Los compresores utilizados para suministrar aire a estos equipos, al igual que a los martillos rompedores y barrenadores, utilizan el aire comprimido a una presión de 7 kg/cm² y son accionados por un motor diesel o eléctrico de ser posible. Pueden ser fijos o móviles (de arrastre remolcados por otros equipos).

En las obras de construcción se utilizan los compresores móviles.

EXPLOSIVOS.

Se llaman explosivos a las combinaciones o mezclas químicas, que bajo la acción de determinados factores externos, son capaces de transmitir rápidamente la transformación química, formando gases recalentados y a considerable presión que al dilatarse produce un trabajo mecánico. A esta transformación química del explosivo se le denomina descomposición explosiva.

Los explosivos se clasifican, desde el punto de vista de su empleo, en tres grupos fundamentales:

1. Explosivos iniciadores o violentos.
2. Explosivos rompedores.
3. Explosivos deflagrantes o lentos (pólvora).

La Iniciación

La excitación del proceso de descomposición explosiva se denomina iniciación.

Para excitar la descomposición explosiva es necesario transmitir al explosivo, con determinada intensidad, una cantidad de energía. Esta energía puede ser:

- ❖ Mecánica (golpe, percusión o fricción).
- ❖ Calórica (chispa, llama o calentamiento).
- ❖ Eléctrica (descarga eléctrica).
- ❖ Química (reacción, con gran desprendimiento de calor)
- ❖ La energía producida por otro explosivo (la explosión de una capsula detonante o de una carga explosiva contigua).

El proceso de descomposición explosiva puede transcurrir (en dependencia de la naturaleza del explosivo, del medio iniciador y de otras condiciones) en forma de detonación o en forma de combustión.

Se llama detonación (completa), al proceso de transmisión de la transformación explosiva, condicionada por el peso de la onda explosiva a través del explosivo y que transcurre para cada explosivo y en determinadas condiciones, a una velocidad constante, que se mide en miles de metros por segundo.

En el caso de que el explosivo sea de baja calidad (por estar humedecido, aglomerado, etc., por que el impulso inicial sea insuficiente o por otras causas), el proceso de detonación puede transcurrir a una velocidad menor y sin instantaneidad (detonación incompleta) y, en fin de cuentas, puede transformarse en combustión o apagarse.

El proceso de detonación completa o incompleta, del explosivo se denomina de ordinario en la practica, explosión. El mayor efecto destructivo tiene lugar solo en el caso de que la explosión se realice en forma de detonación completa.

La combustión es un proceso de transmisión de la descomposición explosiva, que se caracteriza por la transmisión de energía de una capa a otra capa del explosivo mediante la conductibilidad e irradiación calorífica de los productos gaseosos.

Explosivos Iniciadores o violentos.

Los explosivos iniciadores o violentos son extraordinariamente sensibles a las acciones exteriores (a los golpes, a la fricción y al fuego). La explosión de una pequeña cantidad de explosivo violento que se halle en contacto con explosivo rompedor provoca la detonación de este último.

Debido a estas cualidades, los explosivos violentos se emplean exclusivamente en la fabricación de capsulas detonantes, cebos eléctricos y de otros medios que sirven para iniciar la explosión.

Entre ellos tenemos:

- El fulminato de mercurio.

Se presenta en forma de cristales menudos, granulados, de color blanco o gris. Es venenoso y se disuelve con dificultad en agua fría o caliente. Al hervirlo en el agua se descompone. Es más sensible al choque, la fricción y el calor que otros explosivos violentos empleados en la práctica; detona a la temperatura de 160-165 grados centígrados. Cuando el fulminato de mercurio se humedece, disminuye sus cualidades explosivas y su sensibilidad al impulso inicial.

Para obtener el fulminato de mercurio se hace reaccionar adecuadamente el alcohol etílico, con el acido nítrico y el mercurio. Se emplea para cargar capsulas detonantes y fulminantes.

- La azida de plomo.

Se obtiene en forma de un polvo cristalino, de color blanco, cuando se emplea para cargar capsulas detonantes se granula. En el agua se disuelve con dificultad. Es menos sensible al choque, la fricción y el calor que el fulminato de mercurio, se inflama a la temperatura que se

aproxima a 310 °. La azida de plomo se recubre de una capa de teneres para garantizar su excitación a la detonación bajo la acción del fuego. No pierde sus cualidades detonantes ni con la humedad ni con las bajas temperaturas; su capacidad iniciadora es considerablemente superior a la del fulminato de mercurio.

La azida de plomo se obtiene mediante una doble descomposición entre el nitruro de sodio y el nitrito plúmbico; se emplea para cargar capsulas detonantes. No ataca al aluminio, pero si al cobre y sus aleaciones, por eso las capsulas detonantes conteniendo estas sustancias son de aluminio.

- El teneres.

Es un cuerpo solido que se presenta en cristales menudos de color amarillo oscuro. Para su empleo en la fabricación de capsulas detonantes, se le somete a una preparación química y se granula. El teneres apenas se disuelve en agua.

Su sensibilidad al choque es 6 veces menor aproximadamente que la del fulminato de mercurio y 2 veces menor que la de la azida de plomo. El teneres es bastante sensible al calor y se inflama a la temperatura de 270°. Bajo la influencia de la luz solar oscurece y se descompone. Es inerte al contacto con los metales. Se obtiene por la interacción del nitrato de plomo y el estifnato de magnesia. Su poder iniciador es pequeño, en cambio tiene la propiedad de encenderse fácilmente por la acción de una llama o chispa eléctrica, por lo que debido a esta circunstancia, se emplea mezclado con la azida de plomo en la fabricación de capsulas detonantes a fin de aumentar la sensibilidad de la azida al calor.

- La mezcla inflamable (pasta de percusión).

Se emplea para cargar fulminantes y se compone de varias sustancias mezcladas, que no actúan químicamente entre si.

Las sustancias mas corrientes que se utilizan en la preparación de estas mezclas son el fulminato de mercurio (explosivo iniciador, que proporciona la llama inicial) y el clorato de potasio, como agente oxidante aportador del oxigeno necesario para la combustión.

El golpe de la aguja percutora en el fulminante (pistón) provoca la ignición de la mezcla inflamable dando lugar a una llamarada que provoca a su vez la ignición de la pólvora negra o hace detonar el explosivo iniciador.

Explosivos rompedores.

Los explosivos rompedores son más potentes y considerablemente menos sensibles a las acciones exteriores que los explosivos iniciadores o violentos. La detonación de los explosivos rompedores se provoca como regla por medio de la explosión de uno u otro explosivo iniciador contenido en las capsulas detonantes.

Por su relativamente pequeña sensibilidad al choque, la fricción y el calor son muy adecuados para su empleo práctico. Se usan tanto solos, como fundidos o mezclados unos con otros.

Los explosivos rompedores se dividen en:

1. Explosivos de gran potencia (altos explosivos).

2. Explosivos de potencia normal.
3. Explosivos de baja potencia (bajos explosivos).

Explosivos de gran potencia (altos explosivos).

❖ El PNTN.

Es un cuerpo solido cristalizado, de color blanco. No es higroscópico ni se disuelve en agua, se prensa fácilmente y figura entre los mas sensibles al choque de todos los explosivos rompedores que se emplean en la practica. Explota al impacto de una bala de fusil.

El PETN se funde descomponiéndose a la temperatura de 140-142⁰; detona a la temperatura de 215⁰. Arde con violencia y produce una llama blanca sin humo. Si se quema en cantidades mayores a un kilogramo puede producirse la detonación.

Si no es completamente puro, es poco estable. Si se almacena impuro, puede inflamarse y detonar. Es inerte al contacto con los metales.

El PETN se obtiene por la interacción de la pentaeritrita con los ácidos nítrico y sulfúrico.se emplea para fabricar cordón detonante y cargar capsulas detonantes.

❖ El hexógeno.

Es un cuerpo solido que se presenta en cristales menudos, de color blanco, no tiene olor ni sabor, no es higroscópico y no se disuelve en agua. Puro se prensa mal, razón por lo cual, se le agrega una pequeña cantidad de mezcla de parafina y cerasina que mejora sus cualidades de prensado y disminuye su sensibilidad al choque. Tratado de esta manera, se tiñe de color anaranjado y se prensa,

Aunque es menos sensible al choque que el PETN, también explota al impacto de una bala de fusil. Se funde a la temperatura entre 201 y 203⁰ y detona cerca de los 230⁰.

Cuando arde en cantidades superiores a 1 kg, puede producir la detonación. Es inerte al contacto con los metales.

En estado puro, se emplea para cargar capsulas detonantes y para preparar explosivos plásticos, además, para cargar algunos proyectiles especiales y minas. Para preparar bloques de demolición se rebaja su sensibilidad, también se emplea para fundirlo con el TNT y preparar cargas acumulativas.

❖ El tetril.

Es una sustancia cristalizada, de color amarillo brillante, sin olor y con sabor salado. El tetril no es higroscópico, ni se puede disolver en agua. Se prensa fácilmente.

Aunque es menos sensible que los dos anteriores, también explota al impacto de una bala de fusil. Se funde a la temperatura de 131.5⁰ y se inflama a una temperatura cercana a los 190⁰. Arde violentamente con una llama azulada sin humo; en cantidades superiores a un kg puede detonar.

Se emplea para preparar reforzadores en distintos proyectiles y minas y para cargar algunos tipos de capsulas detonantes.

_Explosivos de potencia normal.

➤ El TNT (trinitrotoluol).

Es un explosivo fundamental de potencia normal. Se emplea para trabajos de destrucción y para la carga de proyectiles y bombas; es una sustancia cristalizada, de un color que varia entre amarillo claro y el marrón claro, de sabor amargo. El TNT no es higroscópico y prácticamente no se disuelve en agua. Se obtiene en polvo o en forma de pequeñas escamas. Se prensa fácilmente.

El TNT se funde sin descomponerse a cerca de 81°, detona a una temperatura de cerca de 310°; al aire libre arde sin explotar y produce un humo denso de color amarillo. Si arde en un local cerrado puede producirse una explosión.

El TNT es poco sensible al choque, a la fricción o a los cambios de temperatura, cualidades que lo hacen muy estimables. Prensado o fundido no arde ni explota al sufrir el impacto de una bala corriente de fusil; es inerte al contacto con los metales.

El grado de sensibilidad del TNT a la detonación depende de su estado. Prensado o en polvo explota invariablemente con una capsula detonante No 8; fundido o en forma de pequeñas escamas explota con una carga reforzadora de TNT prensado o de otra materia explosiva rompedora de potencia normal o alta.

La estabilidad química del TNT es bastante elevada; sus cualidades explosivas se alteran muy poco si se calienta durante un plazo largo a una temperatura de hasta 130° y tampoco pierde estas cualidades después de estar sumergido en el agua durante un largo periodo de tiempo. Bajo la influencia de la luz solar, sufre transformaciones físico-químicas que se manifiestan en el cambio de color y en una mayor sensibilidad a las acciones exteriores.

El TNT prensado o moldeado sirve para preparar diversas cargas explosivas y bloques.

Para realizar voladuras se emplea el TNT, como regla, en forma de bloques prensados de las siguientes dimensiones y peso:

- ✚ Grandes de 50*50*100 mm y un peso de 400 gr.
- ✚ Pequeños de 25*50*100 mm y un peso de 200 gr.
- ✚ Cilindros de 70 mm de altura y 30 mm de diámetro y un peso de 75 gr.

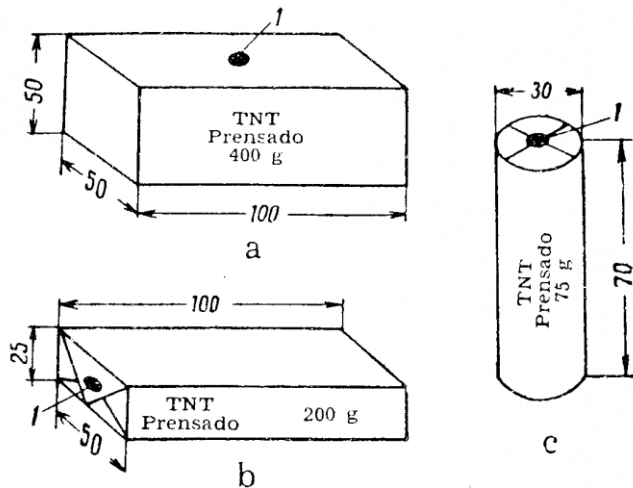


Fig. 1. Bloques de TNT.

a) — Grande. b) — Pequeño. c) — Cilíndrico. 1) — Orificios para las cápsulas detonantes.

Figura 2

Todos los bloques tienen orificios para la capsula detonante No 8. Los orificios de algunos bloques están roscados para lograr una mejor unión con los medios de explosión. Para proteger los bloques de la acción de los agentes exteriores, se cubren con una capa de parafina y se envuelven con un papel, al que también se le aplica otra capa de parafina. Para facilitar el almacenaje y transporte de los bloques, se embalan estos en cajas de madera.

➤ El ácido pícrico (trinitrofenol o melinita).

Es un cuerpo sólido que se presenta en forma de cristales, inodoro y de sabor muy amargo, tiene color amarillo, su polvo excita fuertemente las vías respiratorias.

Forma sales llamadas picricatos, que son explosivos más sensibles, en la mayoría de los casos a las acciones exteriores que el propio ácido pícrico.

El ácido pícrico se emplea tanto puro como en aleación con dinitronaftaleno para cargar algunos proyectiles.

➤ El explosivo plástico. (plástico-4).

Es una especie de pasta dúctil y homogénea de color crema claro, se prepara con hexógeno en polvo y una sustancia plástica, mezclando ambos cuidadosamente.

El plástico-4 no es higroscópico ni se disuelve en el agua; se moldea fácilmente con la mano, lo que permite emplear el plástico para la preparación de cargas explosivas de la forma que se desee en el lugar donde se realizan los trabajos de destrucción. No tienen propiedades adherentes, por lo que es necesario preparar los medios que se necesiten para fijar las cargas explosivas a los objetivos a destruir.

➤ La dinamita.

Es un explosivo rompedor de potencia normal que se obtiene mezclando la nitroglicerina con un absorbente activo tal como serrín, azufre, nitrato de sodio, calcio, carbonato de magnesio, etc.

Tiene una potencia aproximadamente igual al TNT, en igualdad de peso. Puede emplearse debajo del agua siempre que se exploten las cargas antes de pasadas 24 horas.

La explosión de la dinamita se produce por medio de capsulas detonantes del No 8. También puede explotar por medio de la llama, chispa, fricción o por choque violento, incluso el producido por el impacto de una bala o metralla. Además el calor aumenta la sensibilidad de la dinamita. Por todas estas razones la dinamita a diferencia del TNT, es muy peligrosa, en general y debe manipularse con mucho cuidado.

En pequeñas cantidades arde al aire libre, pero puede producir la detonación. Se fabrica en cartuchos de papel parafinado de diferentes tamaños y dimensiones, pero el más utilizado es el cartucho de 3.2 cm de diámetro y 20.3 cm de largo. Se transportan en cajas que contienen de 140 a 150 cartuchos de este tipo.

Es el más utilizado en obras de movimiento de tierra.

Explosivos de baja potencia (bajos explosivos).

De los explosivos de baja potencia los más empleados son los nitroamoniacales, constituidos por mezclas a base de nitrato de amonio, adicionado de sustancias combustibles explosivas o no explosivas. Cuando se trabaja en terrenos secos puede verterse directamente el explosivo en las perforaciones.

- El nitrato amónico.

Es una sal cristalizante de color blanco o blanco amarillento, se presenta en diversas formas cristalinas, estables solamente en determinados límites de temperatura (-16° y $+32^{\circ}$), el paso de una forma cristalina a otra, sucede solo después de haber actuado dichas temperaturas durante un plazo largo de tiempo, provocando un cambio de volumen que deforma los productos prensados que contienen nitrato amónico. Para evitar este cambio de volumen, se emplea el nitrato amónico estabilizado con cloruro de sodio.

Es muy higroscopo y se disuelve muy bien en el agua, se funde disociándose en parte a la temperatura de 169.6° .

Ataca a los óxidos metálicos, formando amoniaco y agua, este amoniaco contribuye al proceso de corrosión de los objetos metálicos.

- Los explosivos nitroamoniacales.

Tienen como base el nitrato de amonio, y la adición de otras mezclas y explosivos. Entre estos explosivos se encuentran los llamados: amonetes, dinamones, amonales, etc. Hay que decir que por lo general estos productos pierden en gran medida la capacidad de detonabilidad en condiciones húmedas, por lo que no son recomendables para su empleo en voladuras bajo el agua; otra característica favorable de estos productos es que prácticamente no ofrecen peligro en su manipulación, por lo que no se requieren tratamientos especiales, además, aun estando bien secos, arden con dificultad.

Las amonitas pueden estar de 2 a 3 horas sumergidas en el agua, manteniendo sus cualidades explosivas, pero se recomienda de ser posible no utilizar este explosivo en voladuras bajo el agua.

En el mercado estos explosivos por lo general se presentan en forma de bloques prensados o cilindros, los cuales van cubiertos con una envoltura que los preserva de la humedad.

Se emplean fundamentalmente en las voladuras de tierra y rocas y para cargar minas antitanques.

- La nitromiel.

Es un producto netamente cubano, elaborado con materias primas nacionales, constituido por nitrato de amonio y miel residual de caña, (también puede utilizarse miel de remolacha) por lo que esta comprendido en el grupo de los amoniacaes, por lo que es un explosivo de baja potencia.

Los resultados obtenidos, son positivos y el que les narra, los utilizo en gran escala y con resultados muy buenos en mas de 2 millones de m³ de excavación en roca en el aeropuerto de Point Salines en la Isla de Granada y en la obtención de rocas para el pedraplen de la bahía de matanzas..

La nitromiel como ya expresamos, esta compuesta por nitrato de amonio (abono común y corriente que se utiliza en la fertilización de los suelos) y miel residual de caña de azúcar (que se utiliza en forrajes para la alimentación del ganado).

La proporción aproximada de estos productos en la elaboración del explosivo es la siguiente:

1. Nitrato de amonio.-- 400 kg (8 sacos de 50 kg).
2. Miel residual. ----- 32 kg (tanques de diferentes capacidades).

Elaboración de la nitromiel. Es muy sencilla, pues el proceso consiste en mezclar el nitrato de amonio con la miel en una concretera o trompo, con un tiempo de mezclado que varia de 10 a 15 minutos, según la velocidad de rotación del equipo; en esto lo fundamental es lograr una mezcla uniforme de los materiales componentes.

En producto obtenido (nitromiel), constituye un granulado de color pardo amarillento, el cual se envasa en los propios sacos del nitrato de amonio; pues es imprescindible garantizar que el envase sea impermeable, con el fin de asegurar el aislamiento del producto a la humedad y al aire del medio, ya que el contacto con el aire y el agua, provocan la descomposición del nitrato y por ende de la nitromiel.

Todo explosivo tiene un diámetro crítico, esto significa el menor diámetro del barreno donde un explosivo dado detona completamente, desarrollando una energía y velocidad de detonación adecuada. En el caso de la nitromiel su diámetro crítico es de 37 mm pero necesita una temperatura ambiente de 35° para que su detonación sea optima, si la temperatura ambiente es inferior debe utilizarse entonces cordón detonante a todo lo largo del barreno, aunque en este caso sin necesidad de utilizar carga multiplicadora alguna.

En la medida en que el diámetro del barreno aumente, la temperatura ambiente necesaria para la detonación, disminuye.

Los barrenos superiores a 50 mm por cualquier sistema de encendido conocido utilizando siempre un 5% de carga multiplicadora si esta confeccionado con miel de caña y el 10% si es con miel de remolacha.

En barrenos de más de 8 ml de longitud se recomienda utilizar más de una carga multiplicadora a fin de garantizar la detonación completa de la columna de explosivo.

Este sistema de carga de iniciación lo recomendamos para diámetros de barrenos de 70 mm en adelante, utilizando detonadores eléctricos.

Siempre que sea posible se recomienda colocar un detonador en cada carga multiplicadora, aunque también puede ser colocado un solo detonador en la carga mas cercana a la boca del barreno y las restantes serian iniciados por la propia onda de detonación del explosivo.

Se aclara que en los barrenos que por su longitud se recomienda colocar mas de una carga iniciadora, no significa que cada carga deberá tener un peso equivalente al 5% del peso total de nitromiel contenido en el barreno, sino que la carga mas cercana a la boca del barreno contendrá el 5% y los restantes el 50% del peso de esta.

- Es importante que en el caso de los barrenos entre 8 y 15 ml de longitud la primera carga se coloca en el punto medio de la columna de nitromiel contenido en el mismo y la segunda entre 50 cm y un metro del final de la misma, En los barrenos entre 15 y 30 ml de longitud, la columna se dividirá en tres acciones imaginarias colocándose las dos primeras cargas iniciadoras en el punto medio de la misma y al final y la tercera carga a 50 cm o un metro de la boca del barreno tal como se observa en la figura. (Perez H.; La voladura en la Construcción y el Uso de la Nitromiel)

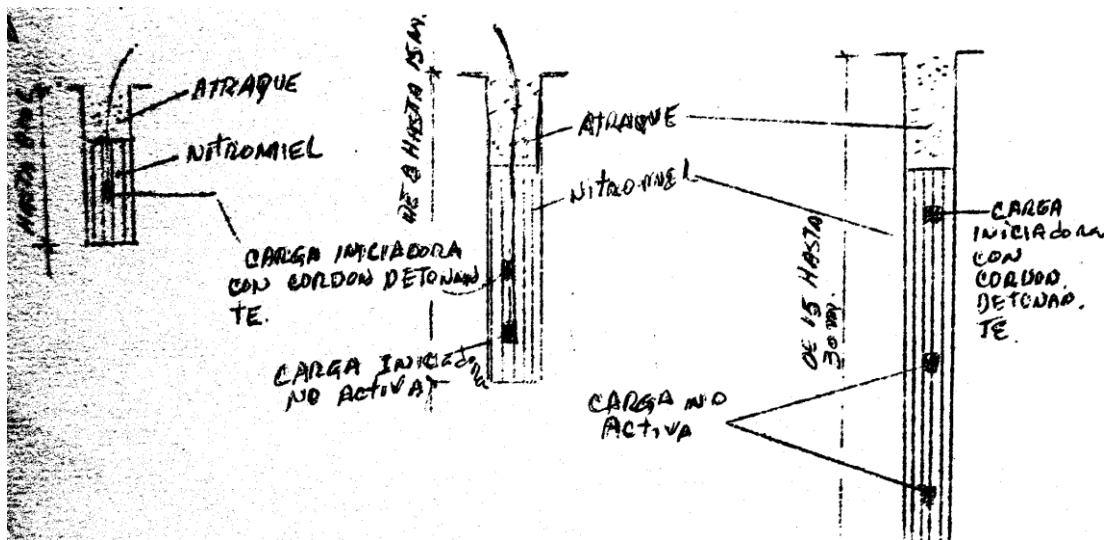


TABLA No. 2

CANT. DE NITROMIEL
POR BARRENO EN KG.

CANT. DE CARGA MULTIPLICADORA
EN GRAMOS (5 %)

| | |
|------|-----|
| 4.5 | 225 |
| 5.0 | 250 |
| 5.5 | 275 |
| 6.0 | 300 |
| 6.5 | 325 |
| 7.0 | 350 |
| 7.5 | 375 |
| 8.0 | 400 |
| 8.5 | 425 |
| 9.0 | 450 |
| 9.5 | 475 |
| 10.0 | 500 |
| 10.5 | 525 |
| 1.0 | 50 |
| 1.5 | 75 |
| 2.0 | 100 |
| 2.5 | 125 |
| 3.0 | 150 |
| 3.5 | 175 |
| 4.0 | 200 |
| 4.5 | 225 |
| 5.0 | 250 |
| 5.5 | 275 |
| 6.0 | 300 |
| 6.5 | 325 |
| 7.0 | 350 |
| 7.5 | 375 |
| 8.0 | 400 |
| 8.5 | 425 |
| 9.0 | 450 |
| 9.5 | 475 |
| 10.0 | 500 |
| 10.5 | 525 |
| 11.0 | 550 |
| 11.5 | 575 |

TABLE No. 2

CANT. de HIERRO en
TON. BARRENO EN KG.

CANT. DE CARGA MULTIPLO.
EN GRAMOS (5%).

| | |
|------|------|
| 12.0 | 600 |
| 12.5 | 625 |
| 13.0 | 650 |
| 13.5 | 675 |
| 14.0 | 700 |
| 14.5 | 725 |
| 15.0 | 750 |
| 15.5 | 800 |
| 16.0 | 850 |
| 17.0 | 900 |
| 18.0 | 950 |
| 20.0 | 1000 |
| 21.0 | 1050 |
| 22.0 | 1100 |
| 23.0 | 1150 |
| 24.0 | 1200 |
| 25.0 | 1250 |
| 26.0 | 1300 |
| 27.0 | 1350 |
| 28.0 | 1400 |
| 29.0 | 1450 |
| 30.0 | 1500 |
| 31.0 | 1550 |
| 32.0 | 1600 |
| 33.0 | 1650 |
| 34.0 | 1700 |
| 35.0 | 1750 |
| 36.0 | 1800 |
| 37.0 | 1850 |
| 38.0 | 1900 |
| 39.0 | 1950 |
| 40.0 | 2000 |
| 42.0 | 2100 |
| 44.0 | 2200 |

TABLA N^o. 2

| | |
|------|------|
| 46.0 | 2300 |
| 48.0 | 2400 |
| 50 | 2500 |
| 52 | 2600 |
| 54 | 2700 |
| 56 | 2800 |
| 58 | 2900 |
| 60 | 3000 |
| 62 | 3100 |
| 64 | 3200 |
| 66 | 3300 |
| 68 | 3400 |
| 70 | 3500 |
| 72 | 3600 |
| 74 | 3700 |
| 76 | 3800 |
| 78 | 3900 |
| 80 | 4000 |

Tabla 1

- Los datos de las tablas fueron obtenidos de; (Perez H.; La voladura en la Construcción y el Uso de la Nitromiel)

Características técnicas de la nitromiel.

- ❖ La nitromiel es un explosivo similar en su capacidad (potencia) a los amoniacales.
- ❖ Presenta la desventaja de aumentar su capacidad explosiva (potencia) en la medida que aumenta el tiempo de elaboración. (De acuerdo a ensayos realizados).
- ❖ Suele compactarse en su envase, lo que representa una desventaja, a pesar de que puede ser desmoronado sin grandes esfuerzos, por lo que su almacenamiento no debe realizarse en tongadas de mas de 5 sacos Es muy resistente al calor, pues soporta temperaturas de hasta 400^o sin arder.

- ❖ Para iniciar la explosión requiere de un reforzador de un 5% aproximadamente con relación a la carga total.
- ❖ Este explosivo no se utiliza en voladuras bajo el agua,
- ❖ Los componentes para la elaboración de este explosivo son de producción nacional y de un bajo costo.
- ❖ El costo de producción de este explosivo es de 3 a 4 veces menor que el de los explosivos comerciales actuales.

Conclusiones.

Esta monografía nos permite conocer lo necesario sobre la utilización de los equipos rompedores y barrenadores que se utilizan para demoler o volar con explosivos los materiales a utilizar en obras, así como los explosivos más utilizados, sus principales características, propiedades y usos.

Estos conocimientos son los básicos para adentrarnos en el mundo de la referida materia, que serán objeto de otros artículos a fin de ser empleados en las obras y en el estudio del tema por los estudiantes de 4to año de Ingeniería Civil de la UMCC.

Bibliografía.

Estado Mayor de las Fuerzas Armadas Revolucionarias; Voladuras. Instrucción para las tropas de ingenieros; Segunda edición, corregida y aumentada; Cuba

Galabru P.; Maquinaria General de Obras y Movimiento de Tierra; Edición Revolucionaria. Instituto del Libro; Cuba

Perez H.; La voladura en la Construcción y el Uso de la Nitromiel; ECOI # 8 MICONS; Matanzas; Cuba