





Manual del Artillero

(Real Decreto 130/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos. I.T.C. 8)

Manual realizado por:

Jacinto López Pérez

&



Entidad autorizada por la
Dirección General de Política Energética y Minas,
para impartir cursos de Auxiliar del Artillero.
(Madrid, 18 de Julio de 2.017)

Primera Edición: Septiembre de 2.019

ÍNDICE

CAPÍTULO I: COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE EXPLOSIVOS Y SISTEMAS DE INICIACIÓN	52 páginas
• CAPÍTULO I.1.- CONOCIMIENTOS GENERALES	14 páginas
○ 1.1.- DEFINICIÓN DE LOS TRABAJOS: INTRODUCCIÓN	
○ 1.2.- INTRODUCCIÓN A LOS TRABAJOS DEL ARTILLERO: CARGA DE LOS BARRENOS	
○ 1.3.- INTRODUCCIÓN A LOS TRABAJOS DEL ARTILLERO: VOLADURA	
○ 1.4.- CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA Y ELECTRICIDAD	
○ 1.5.- PRODUCTOS EXPLOSIVOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES	
○ 1.6.- ACCIÓN DEL EXPLOSIVO	
• CAP I.2.- ASPECTOS TEÓRICOS BÁSICOS	38 páginas
○ 2.1.- INTRODUCCIÓN	
○ 2.2.- EXPLOSIVOS INDUSTRIALES	
○ 2.3.- PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA LA ELECCIÓN DEL EXPLOSIVO	
○ 2.4.- SISTEMAS DE INICIACIÓN	
○ 2.5.- CORDÓN DETONANTE	
○ 2.6.- ACCESORIOS DE INICIACIÓN	
○ 2.7.- OTROS ELEMENTOS	
CAPÍTULO II: FORMACIÓN BÁSICA EN TÉCNICAS DE VOLADURAS	54 páginas
• CAPÍTULO II.1.- CONOCIMIENTOS BÁSICOS SOBRE VOLADURAS	24 páginas
○ 1.1.- MACIZO ROCOSO	
○ 1.2.- EL MECANISMO DE ROTURA DE LA ROCA	
○ 1.3.- CONCEPTOS BÁSICOS DE LAS VOLADURAS	
• CAPÍTULO II.2.- PRINCIPIOS BÁSICOS EN EL DISEÑO DE VOLADURAS	14 páginas
○ 2.1.- FACTORES QUE AFECTAN AL DISEÑO DE LAS VOLADURAS	
○ 2.2.- VOLADURAS DE EXTERIOR	
○ 2.3.- VOLADURAS DE INTERIOR	

- **CAPÍTULO II.3.- OPERACIONES BÁSICAS EN LAS VOLADURAS16 páginas**
 - 3.1.- CARGA Y DENSIDAD DE CARGA
 - 3.2.- DIÁMETRO DE PERFORACIÓN
 - 3.3.- IMPORTANCIA DEL RETACADO
 - 3.4.- PREVENCIÓN DE LAS PROYECCIONES

CAPÍTULO III: FORMACIÓN BÁSICA SOBRE SEGURIDAD EN LAS VOLADURAS85 páginas

- **CAPÍTULO III.1.- SEGURIDAD EN EL MANEJO, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE, TRAZABILIDAD Y USO DE EXPLOSIVOS38 páginas**
 - 1.1.- INTRODUCCIÓN
 - 1.2.- REGLAMENTO DE EXPLOSIVOS
 - 1.3.- REGLAMENTO GENERAL DE NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD MINERA. RGNBSM
 - 1.4.- DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD. DIS
 - 1.5.- DECÁLOGO DE SEGURIDAD DEL ARTILLERO
- **CAPÍTULO III.2.- NORMAS PARA EL TRATAMIENTO DE BARRENOS FALLIDOS Y DESTRUCCIÓN DE EXPLOSIVOS15 páginas**
 - 2.1.- BARRENOS FALLIDOS
 - 2.2.- DESTRUCCIÓN DE EXPLOSIVOS
- **CAPÍTULO III.3.- INSTRUCCIONES GENERALES SOBRE SEGURIDAD32 páginas**
 - 3.1.- INTRODUCCIÓN
 - 3.2.- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD COMUNES EN INDUSTRIAS EXTRACTIVAS A CIELO ABIERTO O SUBTERRÁNEAS, ASÍ COMO LAS DEPENDENCIAS DE SUPERFICIE
 - 3.3.- DISPOSICIONES ESPECIALES APLICABLES A LAS INDUSTRIAS EXTRACTIVAS A CIELO ABIERTO
 - 3.4.- DISPOSICIONES ESPECIALES APLICABLES A LAS INDUSTRIAS EXTRACTIVAS SUBTERRÁNEAS

CAPÍTULO IV: FORMACIÓN ESPECÍFICA SOBRE SEGURIDAD EN LOS SIGUIENTES TIPO DE VOLADURAS	12 páginas
• CAPÍTULO IV.- VOLADURAS ESPECIALES	12 páginas
○ 4.1.- INTRODUCCIÓN	
○ 4.2.- GRANDES VOLADURAS	
○ 4.3.- VOLADURAS CON RIESGOS PECULIARES	
○ 4.4.- VOLADURAS PRÓXIMAS A INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
○ 4.5.- VOLADURAS PRÓXIMAS A EMISIÓN DE ONDAS	
○ 4.6.- PRECAUCIONES ADICIONALES	
CAPÍTULO V: EJEMPLOS DE ACCIDENTES ILUSTRATIVOS, ASÍ COMO FALLOS MÁS REPRESENTATIVOS Y MEDIDAS PARA EVITARLOS	12 páginas
• CAPÍTULO V.- ACCIDENTES Y FALLOS	12 páginas
○ 5.1.- INTRODUCCIÓN	
○ 5.2.- RIESGOS PREDOMINANTES	
○ 5.3.- ACCIDENTES Y FALLOS EN TRABAJOS SUBTERRÁNEOS	
○ 5.4.- ACCIDENTES Y FALLOS EN TRABAJOS EXTERIORES	
CAPÍTULO VI: GLOSARIO	10 páginas
• CAPÍTULO VI.- GLOSARIO	10 páginas
CAPÍTULO VII: ANEXOS	26 páginas
• CAPÍTULO VII.- ANEXOS	26 páginas
○ 1.- FICHAS EXPLOSIVOS MAXAM	
○ 2.- FICHAS EXPLOSIVOS ORICA	
CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN	26 páginas
• CAPÍTULO VIII.- EVALUACIÓN	26 páginas



CAPÍTULO I: COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE EXPLOSIVOS Y SISTEMAS DE INICIACIÓN

**CAP I.1.- CONOCIMIENTOS GENERALES SOBRE LA DEFINICIÓN DE LOS
EXPLOSIVOS Y SISTEMAS DE INICIACION E INFORMACIÓN BÁSICA
SOBRE LOS MISMOS**



1.3.- INTRODUCCIÓN A LOS TRABAJOS DEL ARTILLERO: VOLADURA

Una vez finalizada la carga y retacado de todos los barrenos y retirado de la zona de voladuras todos los embalajes sobrantes, pasamos a la siguiente fase que son las operaciones precisas para efectuar la voladura. Si hubiera sobrado explosivo y/o detonadores, se procederá a su destrucción, o devolución al depósito en caso de existir depósitos auxiliares de almacenamiento.

Estas operaciones se inician con el reparto de los detonadores o conectores, en función del esquema de tiro o de iniciación previsto para la voladura.

El reparto de los detonadores o conectores lo realiza el Director Facultativo, o el artillero si así lo decidió la dirección facultativa.

Es una operación muy importante, por lo que deberemos asegurarnos de que la distribución es la correcta, a fin de que la salida prevista de los barrenos sea la adecuada.

En voladuras con detonadores ordinarios y mecha lenta, hay que recordar que la pega no estará formada por más de seis barrenos, y que la salida de estos no se hace por número de detonador, si no por la longitud de la mecha de encendido, que en ningún caso será inferior a 1,5 metros.

Las voladuras con detonadores eléctricos, electrónicos o no eléctricos, el retardo en el inicio de los detonadores viene determinada por el número identificativo de los mismos.

Una vez distribuidos correctamente los detonadores se procederá a la conexión entre ellos, asegurándonos de la continuidad del circuito. Para ello se harán las revisiones y comprobaciones que sean necesarias. Finalizada la conexión, y antes de realizar la comprobación, se procederá a la retirada de todo el personal auxiliar, a los lugares previamente designados como de seguridad.





También se procederá al control de posibles accesos al lugar de voladuras. Las comprobaciones del circuito eléctrico se realizarán tomando las medidas de seguridad previstas y previas al inicio de la pega.

En los detonadores eléctricos y electrónicos la comprobación del circuito se puede realizar con equipos técnicos auxiliares: comprobadores, lo cual no ocurre con los detonadores no eléctricos, que la única comprobación posible es la visual, lo que requiere una mayor concentración y reiteración en la operación. Una vez comprobado adecuadamente el circuito, se procederá al inicio de la voladura, previa activación de las señales visuales y/o acústicas previstas en el protocolo de la voladura.



En las voladuras con mecha lenta, se debe disponer de un trozo de mecha testigo, de la mitad de longitud de la mecha más corta utilizada en los barrenos. Esta longitud debe ser suficiente para garantizar la retirada del artillero al lugar seguro, antes del inicio de la pega. La mecha testigo será la primera en encenderse, siguiendo posteriormente el orden de menor longitud a mayor longitud. Iniciada la detonación, se contará el número de estas, asegurándonos que coinciden con el número de barrenos iniciados, no volviendo al frente de voladuras hasta media hora después de la última detonación, en caso de que haya habido dudas sobre el número de barrenos explosionados.



Transcurrido un tiempo prudencial desde el disparo, según el tipo y lugar de voladura, el artillero se personará en el frente volado, comprobando la efectividad de esta y que no han quedado barrenos sin explotar, o cualquier otro incidente destacable. Tras dicha comprobación, de estar todo correcto, permitirá el acceso a los equipos de carga y transporte. De no ser conforme la inspección, lo comunicará al Director Facultativo y este tomará las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Todos los materiales sobrantes de la voladura no explosivos se tratarán de acuerdo con la legislación vigente en materias de residuos industriales.



1.4.- CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA Y ELECTRICIDAD

Antes de entrar a hablar de los explosivos, repasaremos unos conocimientos elementales.

Trabajo T: La palabra **trabajo** tiene un significado en física muy diferente al que se utiliza en la vida ordinaria. En la vida ordinaria, **trabajo** es equivalente a "esfuerzo"; en física, para que haya trabajo, es preciso que una fuerza aplicada, **F**, sobre un objeto produzca un desplazamiento, **L**, de éste.

El explosivo realiza un trabajo al fisurar, desplazar, proyectar y esponjar las rocas.

$$T = F \times L$$

Potencia P: Es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Como es evidente en el dibujo anterior, la potencia es diferente si para desplazar el objeto se tarda 10 o 100 segundos. El trabajo es el mismo, pero la Potencia sería 10 veces superior en el primer caso.

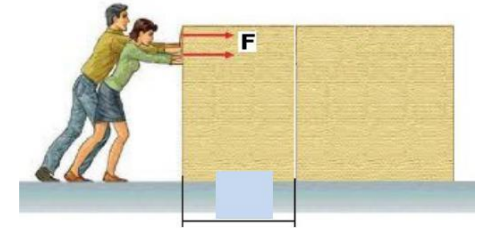
El explosivo realiza el trabajo en milésimas de segundo, así su potencia es muy alta.

$$P = T / t$$

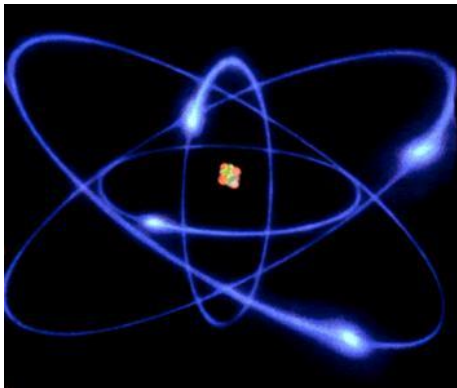
Energía E: La energía es la capacidad de producir un trabajo. Hay distintos tipos de energía: eléctrica, nuclear, térmica, incluso muscular, etc...La del explosivo es del tipo calorífico y no es muy elevada, lo que se compensa con creces con la velocidad con la que se desprende.

Presión P: Es la fuerza, **F**, ejercida en una unidad de superficie, **S**. El explosivo al detonar desprende gases a alta presión y temperatura, empujando la roca.

$$P = F / S$$



UNIDADES	
Masa	Kilogramo: Kg.
Fuerza	Newton: N = Kg x m / sg. Kilogramo fuerza: Kgf = 9,81 N
Trabajo	Julio: J = N x m Kilográmetro: Kgm = 9,81 J.
Potencia	Vatio: W = J / sg. Caballo de Vapor: CV = 735 W.
Energía	Julio: J Kilovatiohora: KW/h = 3.600.000 J Caloría: Cal = 4,18 J
Presión	Pascal: Pa = N / m ² Atmósfera: Atm = 101.325 Pa. Bares: bar = 1,013 Atm.



Corriente eléctrica: La materia está formada por átomos, y estos a su vez de protones (núcleo) y electrones. La corriente eléctrica es el flujo de electrones que circula a través de un conductor.

Conductor: Material que permite el flujo de electrones, o lo que es lo mismo, permite el paso de la corriente eléctrica. Los metales son los materiales que actúan como mejores conductores. Los hilos eléctricos de las líneas de tiro y detonadores suelen ser de cobre o aluminio (peor conductor).

Circuito eléctrico: Para que la corriente eléctrica pueda circular a través del conductor, debe formar un circuito eléctrico cerrado. El fallo de la voladura se produce por una mala conexión.

Voltaje: El flujo de electrones se produce debido a una fuerza electromotriz que se denomina Voltaje. En nuestro caso es el explosor quien nos suministra el Voltaje. También se denomina Tensión o diferencia de potencial.

Intensidad: Sería el flujo de electrones que pasa por unidad de tiempo.

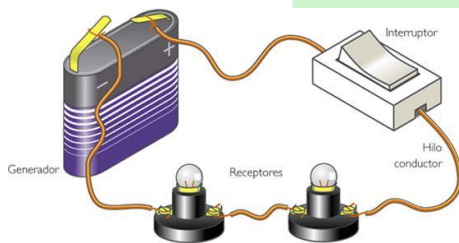
Potencia Eléctrica: Es el producto del Voltaje y la Intensidad. $P = V \times I$.

Resistencia: Es lo que se opone al movimiento de los electrones en el flujo o corriente eléctrica. Cada material tiene mayor o menor resistencia, y por lo tanto es peor o mejor conductor.

Calor producido por la corriente eléctrica: La oposición al paso del flujo de electrones por la resistencia, hace que se produzca calor, a mayor resistencia mayor calor se desprende. Esta característica es la que se utiliza para que los detonadores eléctricos inicien la explosión.

Ley de Ohm: Relaciona la Tensión, **V**, la Intensidad, **I**, y la Resistencia, **R**.

$$V = I \times R$$



UNIDADES	
Tensión	Voltios: V
Intensidad	Amperio: A
Resistencia:	Ohmio: Ω
Potencia	Vatio: W



1.5.- PRODUCTOS EXPLOSIVOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Antes de entrar a hablar de los explosivos, daremos unas pequeñas nociones de química.

En nuestro mundo podemos encontrar mas de tres millones de sustancias diferentes, pero todas ellas son combinaciones de uno o más de los 105 elementos químicos que conforman la tabla periódica.

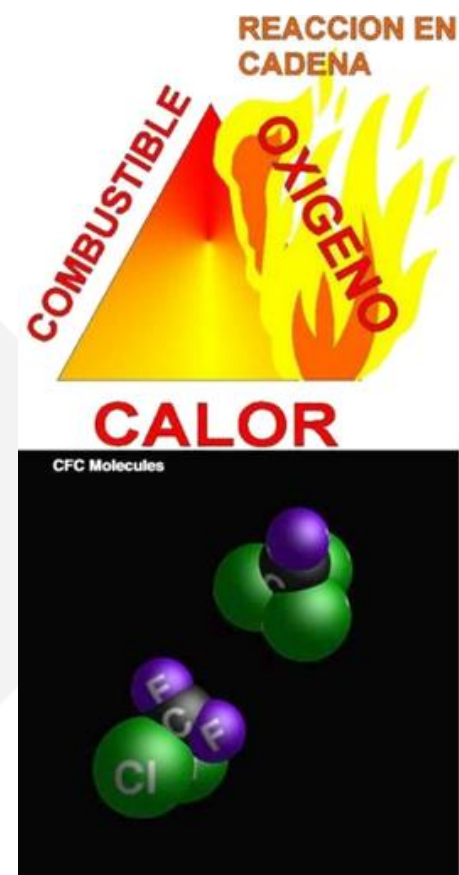
Los elementos se representan por uno o dos letras, la primera de las cuales es mayúscula y la segunda minúscula, así tenemos, por ejemplo, el oxígeno que se representa con O, y el mercurio que se representa con Hg.

Ese mercurio, por ejemplo, si tenemos una gota, podemos ir lo dividiendo y dividiendo hasta llegar a una partícula que no podríamos dividir, que sería un átomo, y que conservaría las mismas propiedades del mercurio. Los átomos de un mismo elemento tienen a agruparse, para formar sustancias elementales o simples.

Estas agrupaciones tienen a ser una relación numérica fija y sencilla, formando moléculas, por ejemplo, el Hidrógenos, se suene representar con la fórmula H_2 , que indica que es una molécula con dos átomos de H.

Los átomos de elementos distintos también tienen tendencia a juntarse, y entonces forman elementos compuestos, hasta llegar a los más de tres millones que hemos comentado antes, un buen ejemplo sería el agua H_2O , formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno.

Los compuestos químicos son sustancias puras formadas por moléculas de átomos diferentes.





Como hemos comentado anteriormente, la energía que almacenan los explosivos, sustancia química, es calorífica y para que esta pueda desprenderse debe haber un proceso de combustión. Una combustión precisa de tres elementos:

Combustible + Comburente + Energía de Activación.

Los explosivos son mezclas de productos químicos que disponen de dos de estos tres elementos: el Combustible y el Comburente. La energía de activación es la que se proporciona a través de los detonadores, cordón detonante, etc... Las principales características, como ya hemos comentado anteriormente, es que una vez activados, la reacción de combustión es muy rápida, supersónica, liberando la energía en milésimas de segundo.

Las características de un explosivo que nos permite seleccionarlo para cada uso son:

Estabilidad química: Es su capacidad para no alterar su composición química en el tiempo, en condiciones de almacenamiento normales. Importante conocerla en caso de que debamos mantener almacenamientos prolongados. También deberemos conocer las condiciones recomendadas por el fabricante en el almacenamiento, en especial si hay productos de diferentes características.

Sensibilidad: Es el grado de energía que se le debe comunicar para iniciar la detonación. Hay varias:

- Al detonador: Nos definirá si se puede iniciar con un detonador o con otro explosivo. La mayoría de los explosivos industriales son sensibles al detonador, algunos no y en ese caso, necesitaría de un multiplicador.
- A la onda explosiva: Distancia mínima a la que debe estar un cartucho de otro, para que se mantenga la detonación. Todo y que la distancia que se obtiene en los ensayos al aire libre es menor a la que se obtendría en un barreno, en el caso de separación de cargas, será necesario el uso de cordón detonante u otro sistema, que asegure la continuidad de la detonación.





- Al choque: Impacto mínimo que iniciara la detonación desde una cierta altura. Importante en la carga de barrenos profundos.
- Al roce: Capacidad de iniciarse por rozamiento. Importante en la carga de barrenos.

Velocidad de detonación: Es la velocidad a la que se transmite la onda explosiva. A mayor velocidad de detonación, más rápidamente libera la energía y mayor potencia alcanza. Nos siempre los explosivos de mayor potencia son los más indicados según el trabajo a realizar.

Suele estar entre los 2.000 y 7.500 m/sg. (rápidos y detonantes), o < 2.000 m/sg (lentos y deflagrantes)

Una alta velocidad de detonación nos indicará que el explosivo es ideal cuando queremos obtener buenas fragmentaciones; en cambio una lenta velocidad de detonación nos será útil para obtener grandes bloques.

Potencia explosiva: Es la capacidad del explosivo de producir la rotura de la roca y su proyección.

Depende principalmente de la composición del explosivo, y con una buena técnica de voladura puede mejorarse ligeramente.

Se suele dar en valor de % con respecto a la goma pura, que se le da el valor de 100%.

Otro sistema de dar la potencia es mediante la Energía Relativa, que puede ser por peso o por unidad de volumen, Se suele dar para explosivos insensibles al detonador. Se da en % respecto al ANFO.

Poder rompedor: Nos indicaría la capacidad de quebrantar la roca u hormigón del explosivo, por su onda de detonación, sin tener en cuenta los gases, como si ocurre en la potencia explosiva.



Enaex		HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA EL TRANSPORTE		Código BSM:	BTMDET423
				Revisión N°:	10
		ANFO ALUMINIZADO		Fecha de Emisión:	Enero 2008
				Página 1 de 2	
Sección 1: Expedidor		Sección 2: Datos relativos al riesgo			
Nombre o razón social (Proveedor)	Norma IMJ	551	Marea en alfombra		
ENAE S.A PLANTA MEJILLONES	Clase o División	1.4D			
Emergencia Proveedor	Urgencia ambiental/operativa	No tiene			
2 - 216 6700; 05 - 7628 0600 CITUC: 2 - 247 5000	Tiempo asistencial	No tiene			
	Número CAS	No tiene			
Sección 3: Nombre de la sustancia química					
Nombre según Norma Chilena (CINCO CX 2004)		Nombre Comercial			
Explosivos para Voladuras, Tipo B		ANFO AL-2; AL-4; AL-6; AL-8; AL-10; AL-15			
Sección 4: Descripción general					
Estado físico		Sólido			
Apariencia / color		Materia granulada de color gris			
Densidad		g/l	g/cm ³	Compartimento	Punto de inflamación
0,78 - 0,83 g/cm ³		No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Sección 5: Naturaleza del riesgo					
Riesgos más importantes de la sustancia y sus efectos					
La ingestión de producto puede causar caries, náusea, vómito, diarrea, sequedad, como consecuencia y hasta puede ocurrir la muerte. Notar al médico sobre las características de producto.					
Estabilidad y reactividad					
Estable almacenado en lugares frescos. Evitar altas temperaturas, confinamiento, mala ventilación y gases. Evitar toda contaminación con aceites, y corrosivos, también ácidos y bases fuertes. Puede liberar humos de amoníaco.					
Información toxicológica					
No es considerada una sustancia química tóxica aguda ni tóxica crónica. Ninguno de sus componentes se encuentra listado en el GHS (cl. artículo B3 y B8).					
Sección 6: Elementos de protección					
Profesión responsable		No recurrida con EMTA	Profesión de las zonas		Cuertes de río o de arroyo.
Profesión de las OHS		Letras de seguridad con protección lateral.	Profesión de la piel y del escape		Buzo de algodón
Sección 7: Medidas de primeros auxilios					
Inhalación					
Retirar de la exposición.					
Contacto piel					
Lavar con agua.					
Contacto ojos					
Lavar con agua por lo menos 15 minutos.					
Ingestión					
Enjuagar con abundante agua fresca, obtener ayuda médica.					



Es muy útil saberla para las cargas no confinadas, como son las cargas huecas o de taqueo.

Densidad de encartuchado: Depende en gran parte de la granulometría de los componentes empleados en la fabricación. Los explosivos plásticos (gomas, hidrogeles, ...) suelen tener alta densidad, al contrario que los pulverulentos (anfos y pólvoras). Importante en barrenos con agua.

Si la densidad es inferior a $1,1 \text{ gr/cm}^3$, en barrenos con agua será difícil su carga.

Resistencia al agua: Es la característica del explosivo mediante la cual, sin necesidad de una envoltura especial, el explosivo mantiene sus propiedades durante un periodo de tiempo de contacto con el agua.

Hay que separar tres conceptos:

- Al contacto con el agua: es la que le permite, sin necesidad de envolturas especiales, su uso en barrenos con agua. (gomas, hidrogeles, emulsiones).
- A la humedad: permiten su uso en barrenos húmedos (polverulentos embolsados).
- A la presión de agua: para trabajos bajo columna de agua (subacuáticos).

Resistencia a las bajas temperaturas: Los que contienen nitroglicerina pueden congelarse en temperaturas por debajo de los 8°C , si no llevan aditivos adecuados. La congelación cambia sus características, separando la nitroglicerina, que es altamente inestable cuando está sola.

Humos: Son los productos de la combustión y contienen gases, polvo y vapor de agua. Suelen ser nocivos por su contenido en monóxido de carbono (CO), anhídrido carbónico (CO₂) y vapores nitrosos (NO_x), especialmente en trabajos subterráneos.

Características Técnicas

Densidad (g/cm ³)	1,25
Velocidad de Detonación* (m/s)	2800 - 6800
Energía Relativa Efectiva¹ (%)	
Energía relativa en peso	108
Energía relativa en volumen	169
Volumen de gases (litros)	933

Technical Characteristics

Density Range (g/cm ³)	1,50
Velocity of Detonation* (m/s)	2300 - 7600
Relative Effective Energy¹ (%)	
Relative Weight Strength	126
Relative Bulk Strength	237
Gas Volume (L)	831



1.6.- ACCIÓN DEL EXPLOSIVO

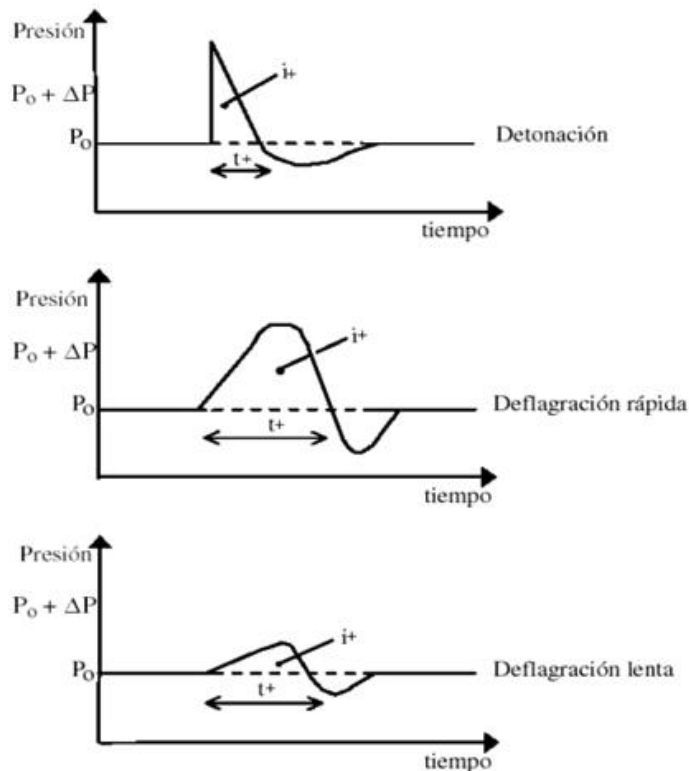
Los explosivos químicos según sus características y condiciones a que están sometidos pueden ofrecer un comportamiento distinto. Los procesos de combustión de una sustancia explosiva son: la combustión, la deflagración y la detonación.

En todos los casos se produce un aumento de la presión, que dura más o menos tiempo.

COMBUSTIÓN: Ya la hemos definido anteriormente.

DEFLAGRACIÓN: Cuando son sustancias explosivas, es una “deflagración rápida”, por encima de la velocidad del sonido. La reacción de descomposición se basa en una conducción térmica. La velocidad de propagación suele ser mucho más baja que el resto de los explosivos, a veces incluso por debajo de 1.000 m/sg. Es un proceso típico de los explosivos tipo “pólvoras”. Se caracteriza por una alta formación de gases que “empujan” los materiales. La iniciación puede ser con llama.

DETONACIÓN: La principal característica del proceso fisicoquímico que define la explosión es la alta velocidad a la que se produce, llegando hasta los 7.000 m/sg. Esta alta velocidad hace que la transmisión no sea por conducción térmica, si no por choque, con lo que se conoce como onda de choque. La iniciación precisa de una energía que produzca onda de choque, como son los detonadores.



Han intervenido en la confección de este manual:

Jacinto López Pérez
Ingeniero de Minas
Máster en Prevención de Riesgos Laborales
Ingeniero Técnico de Minas

&



www.tecmina.net



 **tecmina**
ENGINEERING & CONSULTING
AMBIENTAL - CIVIL - ENERGETICA - GEOLOGICA - INDUSTRIAL - MINERA - TOPOGRAFICA

www.tecmina.net