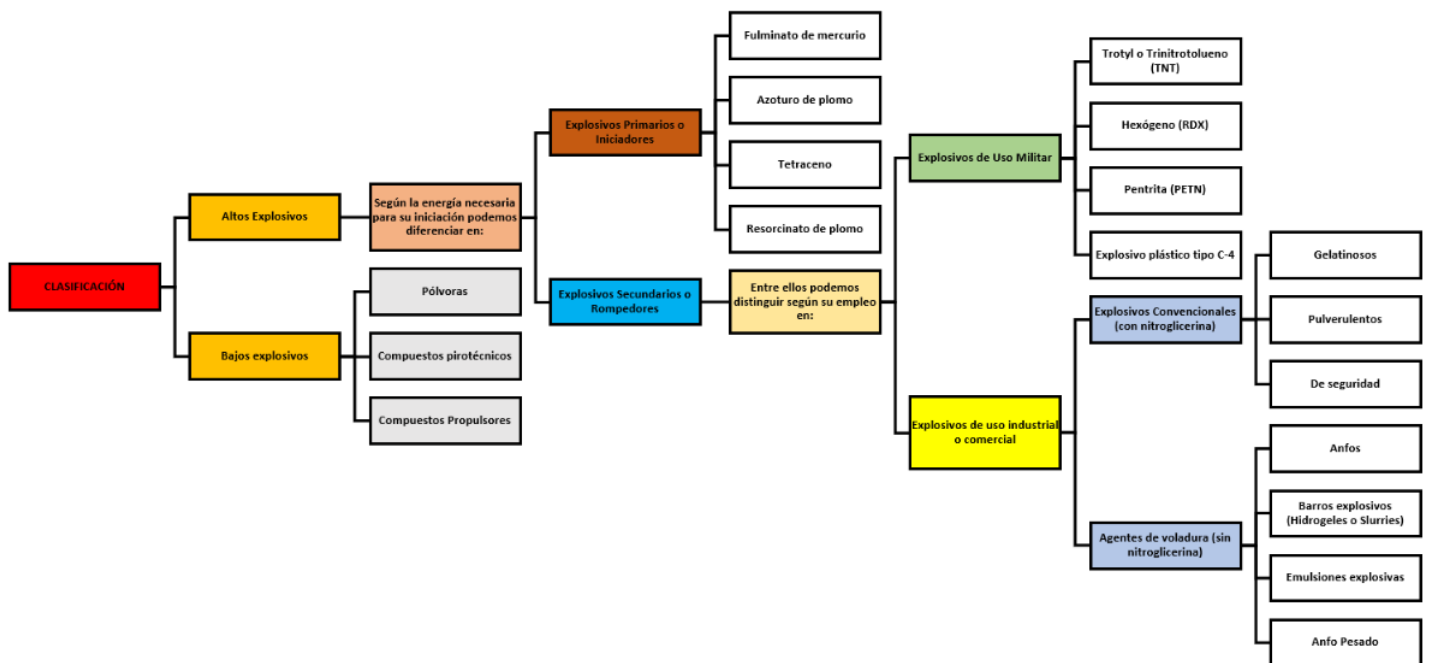


INTRODUCCIÓN

Como vimos, los explosivos pueden clasificarse de muchas maneras —según su velocidad de detonación, resistencia al agua, sensibilidad, naturaleza, uso o marco legislativo—. Estas propiedades son esenciales para decidir qué tipo emplear, cómo almacenarlo y cuál es el método de iniciación más seguro y eficaz. Pese a su peligrosidad, los explosivos siguen siendo hoy la única tecnología capaz de fragmentar rocas de dureza media a alta de forma práctica; por eso, y porque la energía que contienen no entiende de descuidos, debemos manejarlos con rigor, conocimiento y responsabilidad. Un accidente puede ser extraordinariamente raro con las técnicas y controles modernos, pero basta un solo fallo para cobrar vidas. Dominar esta fuerza implica disciplina, procedimientos claros y respeto absoluto por las normas de seguridad.

CLASIFICACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS

Como vimos los explosivos pueden clasificarse atendiendo a diferentes características, en este caso, la clasificación que veremos a continuación tiene en cuenta varios aspectos, tales como lo es su velocidad de detonación, uso y composición o naturaleza.



En esta unidad concentraremos nuestro estudio en los explosivos primarios o iniciadores y en los accesorios de voladura, dado que ambos están pensados para producir la iniciación de los explosivos secundarios o rompedores.

¿Cuál es la diferencia entre explosivos primarios y accesorios de voladura?

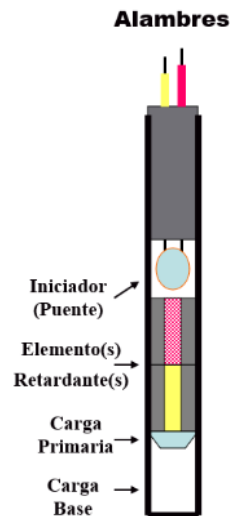
En general los explosivos primarios son SUSTANCIAS, mientras que los accesorios son DISPOSITIVOS para transmitir, amplificar o controlar la iniciación de una carga explosiva.

Explosivos primarios: Son sustancias extremadamente sensibles al calor, fricción, impacto o chispa y se emplean en cantidades muy pequeñas, casi siempre dentro de un accesorio de voladura para iniciar la detonación.

Accesorios de voladura: Son dispositivos o elementos comerciales diseñados para transmitir, amplificar o controlar la iniciación de una carga explosiva. Algunos contienen explosivos primarios (ej.: detonadores). Otros no contienen primarios, sino explosivos secundarios o simplemente sistemas de conexión/retardo.

EJEMPLOS DE ACCESORIOS DE VOLADURA:

- Detonadores → Contienen primarios (su función es justamente iniciar). Como ejemplo podemos ver este detonador eléctrico, la carga primaria está compuesta por explosivos primarios como (Azida de plomo, Fulminato de mercurio)



- Boosters/cartuchos cebadores → contienen explosivos secundarios de alta potencia (no primarios). Contienen explosivos de mayor energía que el primario pero menos sensibles (habitualmente secundarios potentes como pentolita, PETN, TNT, etc.). Su función es amplificar la energía del primario y detonar la carga principal.



- Cordón detonante → contiene en su núcleo un explosivo de gran velocidad (normalmente PETN u otro compuesto de alta velocidad). Ese núcleo es un explosivo de alta potencia, pero no suele clasificarse como “primario” en la misma forma que el fulminato o la azida: actúa como medio transmisor de detonación (y puede iniciar cargas sensibles o activar boosters).



- Retardos, conectores, cajas de conexión → no contienen primarios; solo regulan tiempo y seguridad.



CLASIFICACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS SEGÚN LA LEY 20.429 (LEY DE ARMAS Y EXPLOSIVOS)

Otra clasificación que resulta importante reconocer es la clasificación que tiene en cuenta el marco legislativo de nuestro país que clasifica a los explosivos de en tres grupos bien diferenciados:

- Grupo A: Accesorios de voladura: Están destinados a iniciar altos explosivos. Se dividen en 14 tipos (detonadores, cordón detonante, mecha, etc.)
- Grupo B: Bajos explosivos: Destinados a provocar efectos balísticos de propulsión mediante su deflagración. Se dividen en 6 tipos - (pólvoras, compuestos pirotécnicos, compuestos propulsores, etc.)
- Grupo C: Altos explosivos: Destinados a producir efectos rompedores se caracterizan porque detonan cuando son iniciados convenientemente.



Vemos que los accesorios que estamos estudiando en esta unidad se encuentran todos en el Grupo A de esta clasificación.

FUNCIÓN DE LOS ACCESORIOS DE VOLADURA

Dentro de las funciones que cumplen los accesorios de voladuras la más significativa y delicada, por sus implicaciones en el resultado final, es la iniciación o encendido del explosivo secundario.

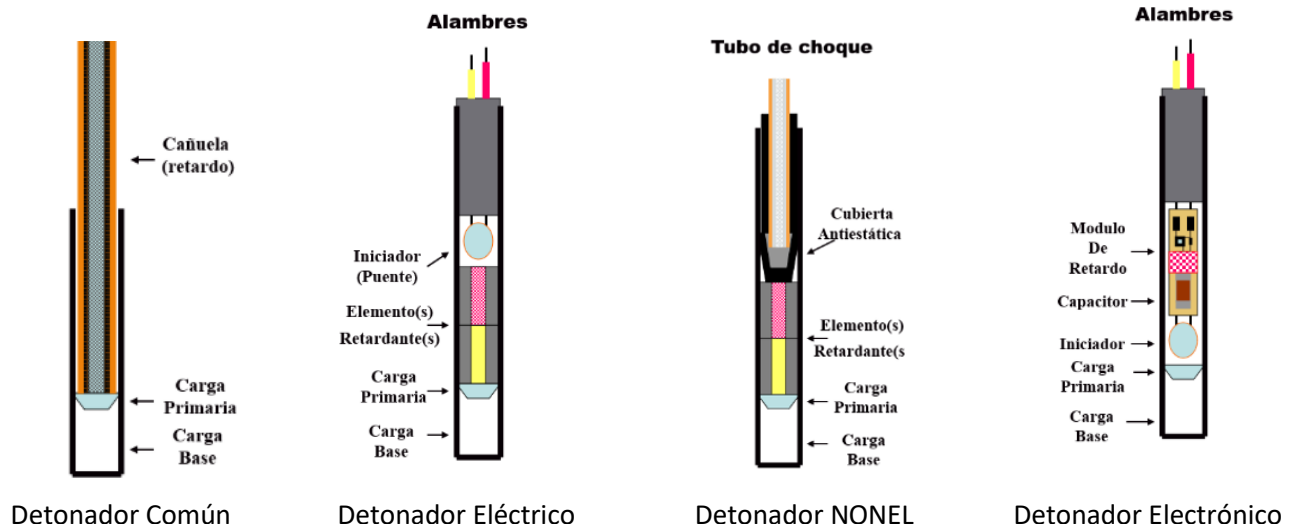
Básicamente dos son los procedimientos que pueden emplearse en la iniciación de las cargas explosivas:

- Los detonadores: Puede realizarse introduciendo un detonador en un cartucho de explosivo, el cual irá en contacto con el resto de la carga, se dice entonces que hemos preparado un cartucho cebo. En casos donde el detonador no aporta la suficiente energía se utilizan multiplicadores o booster que actúa como intermediario de transferencia de energía: iniciador → booster → carga principal.
- Los cordones detonantes: Alojando a todo el conjunto de la carga explosiva un cordón detonante, el cual a medida que va detonando, va transmitiendo esta detonación a la carga explosiva.

En general la iniciación del explosivo secundario o rompedor puede realizarse de diferentes formas, todo dependerá de la sensibilidad y la secuencia que busquemos que tenga la voladura.

DETONADORES: Un detonador es un dispositivo iniciador que se usa para activar cargas explosivas más grandes y otros materiales explosivos. Son esenciales para provocar una explosión de forma controlada y segura. Los tipos de detonadores que encontraremos son:

- Comunes u Ordinarios
- Electricos
- No Electricos (NONEL)
- Electrónicos



Detonador común

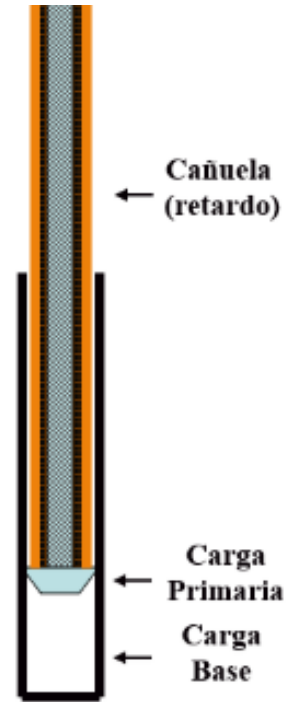
Los detonadores ordinarios están formados por un casquillo de aluminio que contiene dos cargas: una carga base de un explosivo de alta velocidad de detonación en el fondo del tubo y una carga primaria de un explosivo más sensible.

Se inician por medio de un ramal de mecha lenta que se enlaza al detonador con una tenacilla o mordaza especial. Esta mecha lenta está fabricada por un núcleo de pólvora rodeada de varias capas de hilados y materiales impermeabilizantes, resistentes a la abrasión, a la humedad, y a los esfuerzos mecánicos.

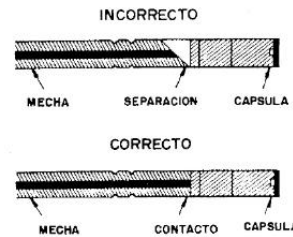
La potencia de los detonadores viene dada por la cantidad de explosivo primario o iniciador que contenga, normalmente de 1 a 2 gramos, que corresponden a los números de potencia 6 y 8 respectivamente. El de más uso es el de potencia número 8.



Mecha lenta o de seguridad



Unión entre detonador común y mecha lenta



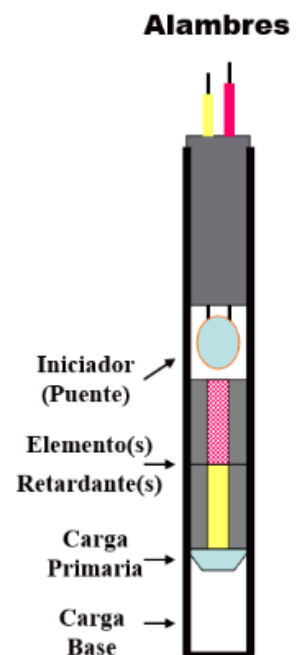
Detonador Eléctrico

Los detonadores eléctricos, como su nombre indica, se inician por medio de corriente eléctrica. El detonador eléctrico se compone de tres partes, que van colocadas dentro de un casquillo metálico de aluminio o cobre:

- La parte eléctrica.
- La parte retardadora.
- La parte explosiva.

Mecanismo de encendido:

Cuando una corriente eléctrica pasa por los hilos de conexión, atravesando la pequeña resistencia de la cerilla, si la intensidad de corriente es lo suficientemente grande, hace que se caliente la resistencia hasta alcanzar la temperatura de inflamación de la pasta explosiva que rodea a la cerilla. La inflamación de la cerilla provoca la inflamación del elemento retardador, caso de que el detonador sea de tiempo, cuando el elemento retardador termina de arder, la combustión llega a la carga primaria que explota y hace explotar a su vez a la carga base o secundaria.

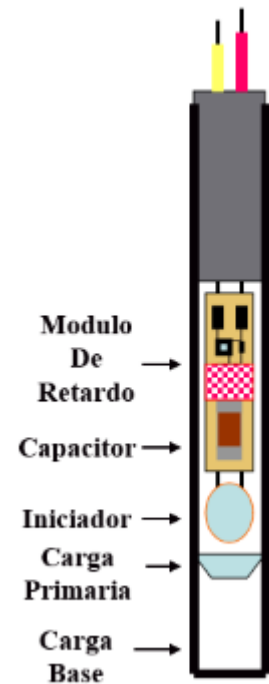


Detonador Electrónico:

Los detonadores electrónicos están compuestos por dos partes principales:

1. Cableado / conector: Se usa para programar los tiempos desde una unidad externa (programador o sistema de voladura). También transporta la energía que carga el condensador en cada detonador.
2. Microcontrolador: A diferencia de los eléctricos, contiene un microchip o microcontrolador que recibe señales digitales de programación. puede incluir memoria interna para almacenar el retardo (en milisegundos o incluso microsegundos). Suele contar con medidas de seguridad para evitar disparos no deseados.
3. Condensador de energía: Se carga con electricidad proveniente de la línea de voladura. Al descargarse de forma controlada, proporciona la energía suficiente para accionar el elemento iniciador.
4. Elemento iniciador eléctrico (resistor o puente explosivo semiconductor): Convierte la descarga del condensador en calor o chispa muy localizada. Esta chispa enciende la carga primaria.

Alambres



Mecanismo de encendido:

Funciona de la siguiente manera: la señal y la energía provienen de la unidad externa de programación a través del cableado o conector, que permite también programar los tiempos de retardo y cargar el condensador de energía; esta señal es recibida por el microcontrolador, un chip que almacena la programación del retardo y cuenta con medidas de seguridad para prevenir disparos accidentales, decidiendo el momento exacto de liberación de energía hacia el iniciador; el condensador, que actúa como almacén temporal de energía, se descarga de forma controlada para entregar un pulso eléctrico suficiente al elemento iniciador eléctrico, ya sea un resistor o un puente explosivo semiconductor, el cual convierte esa descarga en calor o chispa muy localizada que enciende la carga primaria del detonador, iniciando así la secuencia de detonación.

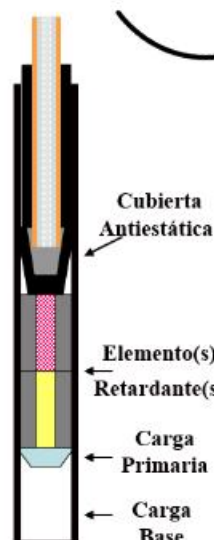
Detonador NONEL

En los detonadores NONEL, la señal se da por el tubo de choque que es un conducto flexible con núcleo pirotécnico sensible a presión que permite transmitir la señal de iniciación de manera segura y controlada desde la fuente de disparo hasta el detonador, sin riesgo de detonación por golpes, fricción o electricidad estática; su cubierta antiestática protege el núcleo y facilita el manejo en condiciones adversas. Se pueden clasificar en base a los tiempos de retardo en milisegundos en serie MS y LP.

El mecanismo de encendido del detonador funciona así: la onda de presión generada por la fuente de iniciación viaja a lo largo del tubo de choque hasta llegar al detonador, donde atraviesa el o los elementos retardantes que regulan el tiempo de retraso; a continuación, activa la carga primaria, que detona la carga base o carga principal, iniciando la secuencia de detonación de manera segura, confiable y sincronizada.



Tubo de choque



SERIE MS		SERIE LP	
1	25	1	200
2	50	2	400
3	75	3	600
4	100	4	1000
5	125	5	1400
6	150	6	1800
7	175	7	2400
8	200	8	3000
9	250	9	3800
10	300	10	4600
11	350	11	5500
12	400	12	6400
13	450	13	7400
14	500	14	8500
15	600	15	9600
16	700		
17	800		
18	900		
19	1000		

Cordón Detonante

Un cordón detonante es una cuerda flexible e impermeable que contiene en su interior un explosivo. Este explosivo es pentrita, cuya velocidad de detonación es de 7.000 metros por segundo; el cordón detonante se emplea fundamentalmente para transmitir a los explosivos la detonación iniciada por un detonador. Algunos tipos de cordón detonante pueden utilizarse para realizar voladuras.

El núcleo de pentrita, en cantidad variable según el tipo de cordón, va rodeado de varias envueltas de hilados y fibras textiles, y de un recubrimiento exterior de cloruro de polivinilo, que le proporciona las debidas propiedades, tales como elevadas resistencias a la tracción, abrasión y humedad.

El cordón detonante se caracteriza por su potencia, la cual está en razón directa del contenido de pentrita por metro lineal de cordón. La potencia del cordón determina su aplicación. Actualmente se fabrican cordones detonantes con contenidos de explosivo por metro desde 3 gramos a 100 gramos, siendo los de más frecuente utilización los de 12 y 20 gramos por metro lineal.



Ejemplos de Cebos o Primas

A continuación, tenemos diferentes métodos de cebado de los explosivos:



1. En el primer caso tenemos la dinamita con un fulminante (detonador), la dinamita es sensible al detonador, por lo tanto, para cebarla solamente es necesario colocar el detonador directamente en el cartucho explosivo.
2. En el segundo caso tenemos un cartucho de emulsión que también es sensible al detonador, por lo tanto, se puede colocar el detonador directamente en el cartucho explosivo haciéndole una incisión e introduciéndole el detonador.
3. En el tercer caso se nos muestra un cordón y un cartucho de dinamita que es otra técnica de cebado que también se puede utilizar cuando queremos colocar varios cartuchos en serie, esto permite que una única señal de iniciación (desde un detonador) active todas las cargas de forma simultánea.
4. En el cuarto caso tenemos el detonador más booster, esto se aplica en explosivos como ANFO en donde el detonador por sí solo no logra suministrar la suficiente energía para iniciar la carga.