

UNIDAD 3: CARGA DE EXPLOSIVOS

1. Introducción

La creciente efectividad y rendimiento de las voladuras de producción ha hecho aumentar la importancia de los métodos para introducir el explosivo en los barrenos de un modo más rápido y eficiente. Los avances en la tecnología de las perforadoras han hecho posible reducir los tiempos de perforación, lo que ha dado aún más importancia a la consecución de unas operaciones de carga con mayor eficacia, de modo que pueden utilizarse con mayor amplitud costosos equipos mecánicos. La demanda de unos métodos de carga más eficientes ha influido sin duda en los éxitos registrados por diversos explosivos, aun cuando tales logros no hayan sido imputados directamente a las posibilidades de cargar los explosivos en cuestión.

Hoy, los fabricantes de explosivos comercializan no solo productos, sino también servicios integrales de voladura. Si bien en proyectos de pequeña escala o con recursos restringidos se capacita al personal operativo de la propia faena para ejecutar las cargas, en explotaciones medianas y grandes la ejecución de las voladuras se externaliza habitualmente: las empresas suministradoras de explosivos asumen la provisión, la planificación y la ejecución de las cargas. Aunque esta modalidad puede incrementar el costo directo para el titular de la concesión, ofrece ventajas técnicas y contractuales relevantes: el proveedor especializado se responsabiliza por el desempeño de la voladura — incluyendo fragmentación, control de vibraciones, prevención de proyectiles (flyrock) y otros efectos adversos—, lo que convierte la gestión en una obligación contractual del ejecutor y permite optimizar resultados mediante equipos, técnicas y protocolos específicos de ingeniería de voladuras.

2. Formato comercial de los explosivos:

En la práctica moderna de voladuras los explosivos se comercializan y aplican básicamente en dos formatos dominantes: encartuchados (cartuchos) y a granel (bulk / pumpable o granular en sacos). Esta dualidad responde a diferencias físicas, operativas y logísticas que condicionan la selección del insumo y la técnica de carga en función de la geología, la escala de la operación y las exigencias de seguridad y rendimiento. Comprender las propiedades técnicas de cada formato y sus implicancias en el diseño de la voladura es clave para optimizar fragmentación, minimizar efectos adversos y garantizar trazabilidad y cumplimiento normativo.

Encartuchados: Los explosivos encartuchados son productos dosificados y embalados en recipientes (papel, plástico o funda termo-sellada) que permiten una manipulación manual y una colocación individualizada en el barreno. Su principal ventaja es la facilidad de dosificación y control: permiten ajustar cargas por barreno con precisión, facilitar la iniciación por detonador y reducir la necesidad de equipamiento auxiliar. Son especialmente útiles en voladuras de pequeña y mediana escala, en trabajos de precisión (cortes, tronaduras controladas) y en contextos donde la logística impone limitaciones en el uso de equipos de carga mecánica. Desde el punto de vista de seguridad, los cartuchos ofrecen protección física al explosivo, pero requieren procedimientos estrictos de manipulación, almacenamiento y transporte para evitar degradación o daños en las fundas.



Figura 1: carga con cartuchos

A granel: Los explosivos a granel comprenden dos grandes subgrupos: los granulares (por ejemplo, ANFO comercializado en sacos o prills descargables por tolva) y los bombeables o bulk (emulsiones, water-gels o papillas) que se transportan y bombean mediante equipos hasta el fondo del barreno. Su fortaleza es la productividad: permiten cargas continuas, alto aprovechamiento del barreno, la minimización de juntas entre cartuchos y gran adaptabilidad a barrenos húmedos o rotos. Las emulsiones y water-gels modernos ofrecen además mejor tolerancia al agua y mayor densidad energética en comparación con los granulados. Sin embargo, el formato a granel exige equipamiento específico (bombas, mangueras, tolvas), mayor control logístico y protocolos de seguridad y calidad (sensibilización, manejo de tambores/silos, control de viscosidad).



Figura 2: carga a granel

Cartuchos explosivos



✓ Ventajas

- Permiten ajustar la carga por barreno con exactitud
- No requiere de equipos especializados
- Iniciación directa con detonador
- Menor inversión y menor complejidad técnica.

✗ Desventajas

- Productividad limitada
- Mala adaptación a barrenos húmedos
- Manipulación intensiva
- Menor economía en grandes faenas
- Mayor desperdicio (cajas, plástico, etc)
- Transporte y almacenamiento voluminoso.

A granel o bulk



✓ Ventajas

- Carga continua más rápida
- Mejor uso del espacio del barreno
- Contacto directo con la roca
- Mayores concentraciones
- Económico a gran escala
- Mayor seguridad con buena gestión (no hay manipulación manual)

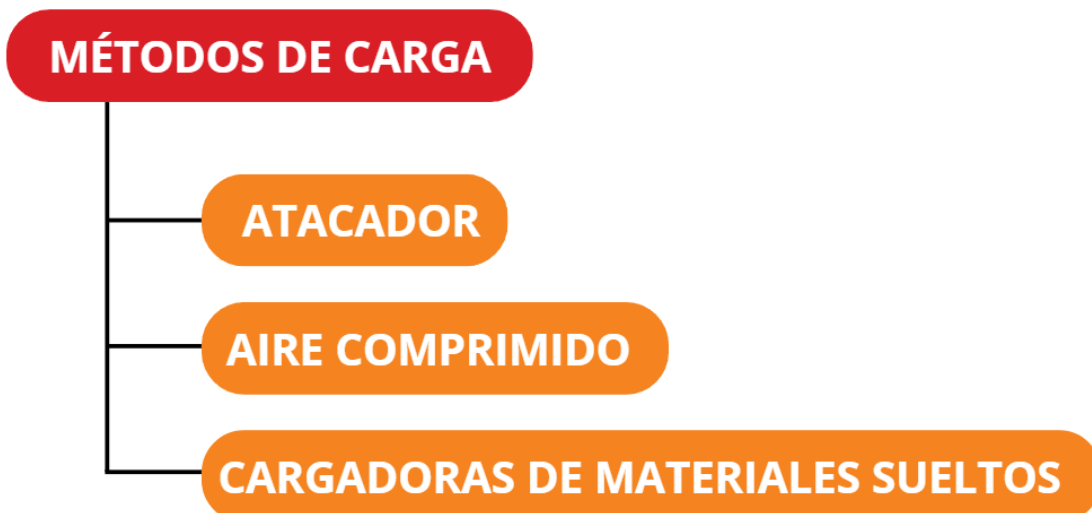
✗ Desventajas

- Se necesita equipamiento especializado
- Se necesita de infraestructura previa
- Mayor control de calidad para evitar la variabilidad entre barrenos (dosificación, densidad, sensibilidad)

3. Métodos de carga:

Una vez realizadas las perforaciones de los barrenos la siguiente etapa consiste en la carga de explosivos, para ello existen diversas herramientas y equipos que nos permitirán poder cargar los pozos con estas sustancias. En general el método, herramienta o equipo que utilizemos dependerá del formato comercial del explosivo (es decir, si viene encartuchado o a granel), del tipo de labor específica a realizar o de la productividad diaria de la mina.

Los métodos de carga que veremos en esta unidad son los siguientes:



3.1 Carga con Atacador

Un atacador es una herramienta esencial en la voladura, utilizada para compactar el material explosivo y/o introducir los cartuchos hasta el fondo del barreno. Consiste en una barra, generalmente fabricada en madera o plástico con un diámetro ligeramente inferior al del barreno. Su diseño y materiales son cruciales, ya que evitan la generación de chispas o fricción excesiva que podría inducir una detonación prematura o no deseada. Algunas de las principales funciones que tiene el atacador son:

- Eliminar bolsas de aire en torno al explosivo (mejor transmisión de la onda de choque).
- Asegurar que el cartucho o la masa de explosivo quede bien asentada en el fondo del barreno (evitar movimientos, vacíos o separación).
- Facilitar un correcto retacado (compactado) cuando se introducen cartuchos en serie.
- Ayuda a no dañar el detonador al colocar o empujar el cartucho.



Figura 3: uso de atacador en minería subterránea.

3.2 Cargadora con aire comprimido

Para aumentar la densidad de concentración de explosivo por metro lineal dentro del barreno, se emplea la cargadora neumática (o cargadora de cartuchos de aire comprimido). Este equipo utiliza aire comprimido (a presiones de hasta 3 kg/cm²) para inyectar y compactar los cartuchos explosivos. La presión de aire ejercida permite un mayor grado de compactación de la carga que la alcanzada con un atacador manual, lo cual se traduce en una mayor eficiencia de la voladura. Sin embargo, estos equipos suelen estar limitados a trabajar con cartuchos de diámetros reducidos (típicamente hasta 25 mm), lo que restringe su aplicación a ciertas labores de voladura especializadas o de pequeño diámetro.



Figura 4: Cargador neumático de explosivos.

3.3 Cargadores de materiales sueltos

Podemos encontrar dentro de estos varios tipos de equipos que realizan la carga de explosivos a granel (o bulk en ingles) entre ellos podemos mencionar:

3.3.1 Camiones fábrica: Los camiones fábrica son equipos de gran versatilidad para las pequeñas y medianas faenas que requieran de un gran consumo de explosivo. Estos equipos poseen diferentes tolvas con distintas sustancias explosivas y aditivos que mejoran algunas propiedades tales como, potencia, sensibilidad, densidad, etc y que podrán ser utilizadas dependiendo las necesidades y requerimientos para cada voladura.



Figura 5: Imagen de camión fabrica y sus partes principales

3.3.1 Cuba a presión: La **cuba a presión** es un equipo cerrado empleado para la dosificación y carga segura de explosivos en forma granular o en polvo (por ejemplo ANFO) en tareas de voladura. Está constituida por un **embudo o tolva de alimentación** en su parte superior por donde se introduce el material, y un **cuerpo cilíndrico** que actúa como recipiente de confinamiento. Integra un sistema de admisión de aire comprimido que, mediante una válvula y conductos, genera una sobrepresión controlada en el interior de la cuba para favorecer la expulsión del producto hacia el orificio de salida inferior. El orificio o boquilla de descarga canaliza el material hasta el punto de carga (barreno) a través de una tubería o boquilla acoplada. Las cubas a presión incorporan dispositivos de cierre hermético, elementos de seguridad (válvulas de alivio, filtros y sistemas antiestáticos), puntos de conexión para puesta a tierra, y paneles o interfaces para el registro de trazabilidad y verificación administrativa. Su diseño busca minimizar la manipulación directa del explosivo y reducir la exposición del personal, siempre operando bajo normas, autorizaciones y procedimientos específicos. Estos equipos podemos encontrarlos montados ya sea en trípodes, ruedas o montados sobre vehículos.

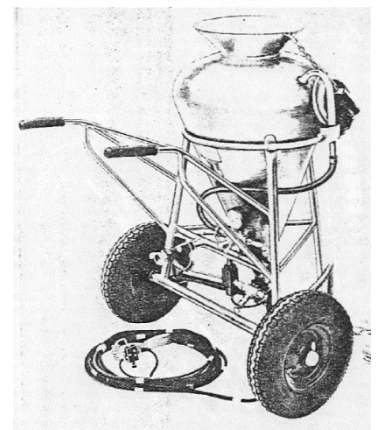


Figura 6: Diferentes presentaciones de la cuba