

ARTÍCULOS



BOLETÍN CIENTÍFICO TECNOLÓGICO

ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR

**DESMILITARIZADO, PROPÓSITO, TÉCNICAS
DE DESARME Y DISPOSICIÓN FINAL**



DESMILITARIZADO, PROPÓSITO, TÉCNICAS DE DESARME Y DISPOSICIÓN FINAL

TCL. (IPM) Leonardo Albornoz Salinas.¹

Resumen: *El presente artículo tiene como objetivo dar a conocer algunos conceptos básicos para entender que es el desmilitarizado, apoyando dicha temática con descripciones de técnicas de extracción y técnicas de detonación de explosivos y elementos pirotécnicos, y de algunos equipos asociados a los procesos expuestos.*

Palabras claves: *Desmilitarizado, extracción de explosivos, detonación de componentes.*

Abstract: *The aim of the present article is to present some basic concepts to understand what demilitarization is, by supporting this subject with descriptions of extraction techniques and techniques of detonation of explosives and pyrotechnic elements, and of some equipment associated to the said processes.*

Key words: *Demilitarization, extraction of explosives, detonation of components.*

1. INTRODUCCIÓN

Para todas las instituciones armadas del mundo, el tratamiento adecuado y disposición final de aquellos dispositivos explosivos que forman parte de las municiones obsoletas y UXOs (unexploded ordnance, munición no detonada) ha sido una constante preocupación, teniendo como principal cuidado el aspecto **seguridad**.

Debido a lo anterior, se desarrolla un proceso que se conoce como desmilitarizado, que implica: separar una munición, artefacto explosivo o elemento pirotécnico, en el máximo de piezas posibles, apartando los elementos inertes de aquellos de carácter explosivo, donde los elementos metálicos serán tratados para sacar las trazas de explosivos, para que posteriormente estos sean destruidos, como se ilustra en la figura N° 1.

¹ Ingeniero Politécnico Militar en Sistemas de Armas, mención Química.



Figura N° 1: Municiones para desmilitarizar.

Fuente: FAMAE

La realización de un proceso de desmilitarizado implica planificar en forma detallada las actividades que deben ser desarrolladas y ejecutadas por un equipo de trabajo competente. Dentro de las acciones que se deben considerar, se encuentran las siguientes [1]:

- Inspeccionar visualmente la munición en el sitio donde ella se encuentre.
- Verificar los embalajes.
- Tomar muestra de propelente si no implica riesgo.
- Verificar la accesibilidad al lugar donde se encuentra la munición.
- Definir vías de evacuación en caso de emergencia.
- Definir protocolo de embalaje para transporte.
- Definir protocolo de traslado de munición del lugar donde debe ser evacuada la munición para su desmilitarización.
- Estudiar la factibilidad técnica de desarme (planimetría, configuración, manuales, experiencia, instrucciones de trabajo).
- Determinar el lugar de almacenamiento en planta de desmilitarizado.
- Realizar el estudio económico del desmilitarizado.
- Verificar los equipos, herramientas e instalaciones.
- Definir el proceso de desarme.
- Definir la disposición final de las piezas metálicas y componentes explosivos.
- Definir los procesos y el lugar de destrucción.

Una vez ejecutados los procesos antes descritos y de acuerdo a cada caso en particular, el trabajo en planta comienza con el desarme de la munición; este consiste en separar la munición en cada una de sus partes, como se observa en la figura N° 2, que representa parte de granadas de mortero (cabeza, espoleta, cuerpo, sistema iniciador y propelente).



Después se separan las partes metálicas libres de explosivos o propelentes (inertes) de aquellos componentes de carácter explosivo. Cada elemento agrupado de acuerdo a lo anterior es almacenado en dependencias acondicionadas para cada tipo de material. A continuación, se define el siguiente paso: desarme o destrucción.



Figura N° 2: Partes y piezas de munición de morteros.

Fuente: FAMAE

El desarme o destrucción se lleva a cabo, a través de un ensamble inverso o desmenzamiento mecánico, el que se realiza con dispositivos y/o herramientas fabricadas de acuerdo a la configuración de la munición (geometría, tipo de ensamble, componentes, tipo de explosivos, etc.). Alternativamente, se pueden utilizar dispositivos mayores fabricados por otras unidades de desmilitarizado, que pueden ser adquirido a través de una asesoría técnica, ver figura N° 3.



Figura N° 3: Máquina para desarme de elementos atornillados de municiones de calibre mayor.

Fuente: FAMAE



Es necesario supervisar y verificar las actividades de desmilitarizado durante todo el proyecto. Esto debe hacerse a fin de velar porque la tarea se realice cumpliendo con la planificación acordada y que el registro de la misma se lleve de manera apropiada y precisa para que al término de la actividad se emitan los certificados correspondientes de destrucción, los que deben ser validados por la autoridad oficial competente.

2. DESARROLLO

En la etapa de desarme del desmilitarizado de municiones existen diferentes técnicas disponibles. Su elección depende de lo que se pretenda: ya sea extracción del explosivo principal, propelentes o bien detonación de componentes para aquellos elementos que presenten un riesgo al tratar de desarmarlos, ver figura N° 4.



Figura N° 4: Desarme de espoletas de morteros.

Fuente: FAMAE

2.1. Técnicas de fusión

Dentro de las técnicas aplicadas para extraer el explosivo primario o compuesto principal contenido en una cabeza de guerra, se utiliza el fundido ver figura N° 5. [1]. Este proceso consiste en llegar a la temperatura de cambio de estado (sólido a líquido), lo que se logra sumergiendo parte de la cabeza de guerra en agua caliente, mientras va fijada a un soporte diseñado para cada modelo. La temperatura del agua es controlada a través de sistemas automáticos (PLC). Ya que parte del set up² del equipo considera la temperatura de fusión

2 *Set up*: corresponde a la preparación del equipo, se parametrizan los valores de temperatura de trabajo, volumen de agua y tiempo de fundido.



del elemento a tratar, es necesario contar con este dato, el que se obtiene de la bibliografía, a través del fabricante o por registros históricos en poder de la planta de desmilitarizado.



Figura N° 5: Fundido de TNT de bombas de mortero.

Fuente: FAMAE

Al utilizar agua como elemento conductor de calor (convección), en la mayoría de los casos ella se contamina con el explosivo fundido. De esta manera se genera un líquido contaminado que debe ser tratado antes de ser vertido al suelo o al agua (ríos, canales, napas, etc.) se requiere entonces una planta de tratamiento para filtrar y extraer las partículas y trazas de explosivos que pueda contener el líquido, antes de ser devuelto al medioambiente, ver figura N° 6.



Figura N° 6: Sistema de tratamiento de aguas contaminadas.

Fuente: Manual de la OSCE [4], mejores prácticas sobre munición convencional.



2.2. Técnica criogénica

La técnica criogénica se emplea para la desmilitarización de municiones químicas; en este caso, la munición es enfriada sumergiéndola en un recipiente con nitrógeno líquido, ver figura N° 7, donde se muestran elementos explosivos sometidos a la técnica en comento. Como consecuencia de las bajas temperaturas impuestas por este baño (-196 °C), el acero del vaso contenedor del explosivo se fragiliza. Bajo estas condiciones, la munición es trasladada inmediatamente después a una prensa hidráulica con el fin de fracturar el contenedor y recuperar el material explosivo o agente químico mantenido en su interior.

Es muy relevante que la baja temperatura impuesta impida la evaporación del agente químico, el que es procesado posteriormente en hornos especiales con capacidad de tratar gases tóxicos.



Figura N° 7: Técnica criogénica.

Fuente: Manual de la OSCE [4], mejores prácticas sobre munición convencional.

2.3. Técnica de vaciado mediante agua a presión

El principio de vaciado con flujo de agua a alta presión de cargas explosivas inicialmente contenidas en un vaso, se ejecuta con la utilización de un inyector de alta presión. El flujo de agua impacta directamente a la carga explosiva (TNT, RDX, etc.), mediante una boquilla rotativa, ver figura N° 8. El vaciado a través de esta técnica permite extraer cualquier tipo de carga explosiva de su contenedor metálico. El vaciado es especialmente apto para la extracción de explosivos plásticos (PBX) y de otros tipos de explosivos no fundidos.

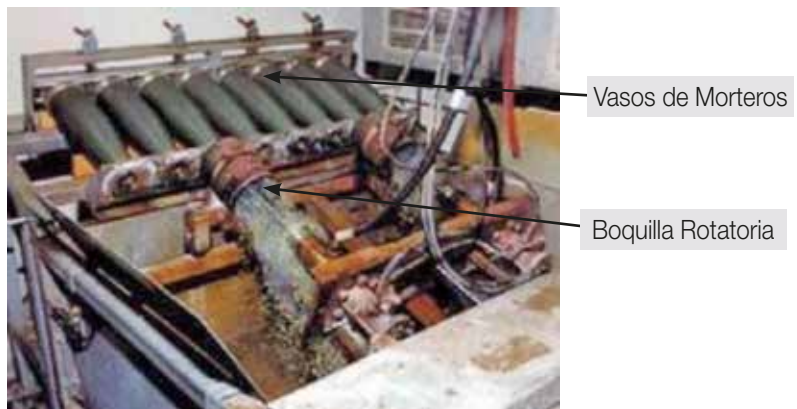


Figura N° 8: Extracción de explosivo a través de flujo de agua a alta presión.

Fuente: Manual de la OSCE [4], mejores prácticas sobre munición convencional.

2.4. Técnica de vaciado con disolventes

Esta técnica emplea una sustancia disolvente capaz de diluir los explosivos con facilidad. Dado que muchos de los explosivos (TNT y el RDX) son insolubles en agua, se debe seleccionar el tipo de agente químico adecuado. Para lograr la separación de la mayoría de los explosivos se utilizan cloruro de metileno, alcohol metílico, acetona o tolueno. Para lo anterior es necesaria la utilización de grandes volúmenes de disolvente, así como también es imprescindible disponer de instalaciones de gran tamaño para el almacenaje y la recuperación de estos. El vaciado a través de este procedimiento permite el reciclaje de los explosivos. Esta técnica solo es aplicable para pequeñas cantidades de munición.

2.5. Técnicas de detonación

Para los elementos que deben ser destruidos existen técnicas mediante la aplicación de choques térmicos que son realizados en hornos rotatorios o de solera, especialmente contruidos para tal efecto con paredes de acero resistentes y en algunos casos reforzados a través de mangas cerámicas. Las temperaturas y tiempos de exposición al calor están definidos por el tipo, tamaño y cantidad de explosivo a destruir. Otra manera de dar una disposición final a los mencionados elementos es a través de detonaciones controladas en un sector abierto, claramente definidas e identificadas, conocidas como zona de destrucción, a la que su acceso es restringido.

Para las detonaciones en hornos se debe calcular la capacidad máxima de explosivo a detonar, de acuerdo a la resistencia de las paredes del horno respecto a la onda expansiva y la presión (volumen de gases) que genera la detonación (figura N° 9). Ge-



neralmente estos hornos están conectados a un sistema de extracción de gases, los que son filtrados antes de enviarlos al medioambiente. Para este caso toman relevancia las características de los filtros con los que se realiza el proceso. [2]



Figura N° 9: Horno rotatorio para detonación.

Fuente: EXPAL SYSTEMS

Para el caso del material que debe ser detonado en zonas abiertas, este trabajo debe realizarse mediante un proceso de detonación controlada en cadena mediante cargas cebos que estén constituidas por cargas comunes. Se deben tomar precauciones respecto del ruido, la onda expansiva y los fragmentos o esquirlas. El horno antes mencionado puede estar montado en una plataforma móvil o en una instalación fija.

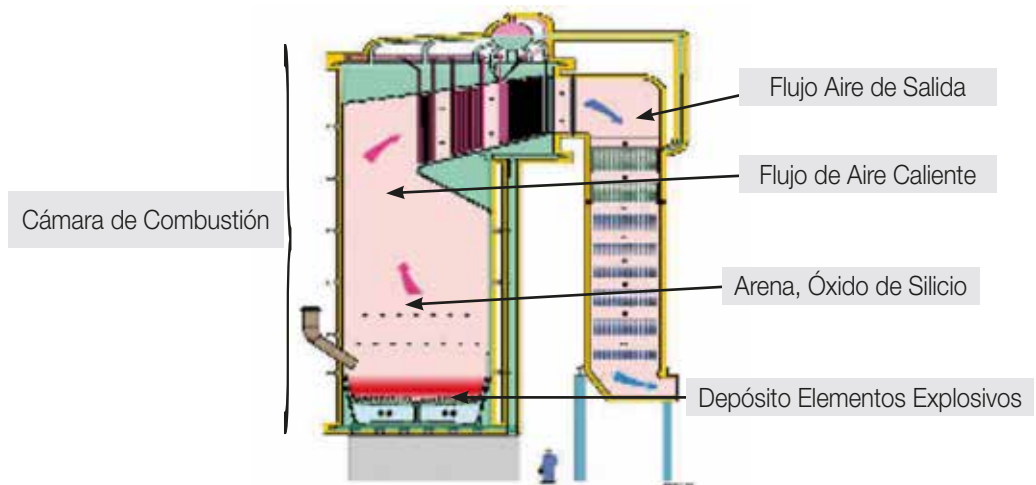


Figura N° 10: Horno de lecho fluinizado.

Fuente: Manual de la OSCE [4], mejores prácticas sobre munición convencional.



Otra técnica consiste en lograr la detonación de los componentes explosivos a través de un horno de lecho fluidizado (Figura N° 10), en el que se utiliza una especie de arena (óxido de silicio) la que entrará en contacto con el flujo de aire caliente. Las partículas de esta arena entran en suspensión y adoptan un comportamiento de fluido, lo que conlleva a tener un ambiente más seguro para generar la incineración de residuos explosivos.

OTRAS TÉCNICAS PARA EXTRACCIÓN DE EXPLOSIVOS

2.6. Técnica oxidación por agua supercrítica

La oxidación por agua supercrítica (SCWO), también conocida como oxidación hidrotérmica, destruye residuos orgánicos tóxicos y peligrosos en un sistema compacto, totalmente hermético. Eso hace que sea una tecnología interesante para la destrucción de elementos pirotécnicos que contengan cloro, pero también para las municiones con agentes químicos o irritantes. Es un proceso de alta tecnología.

2.7. Técnica de pirólisis por arco de plasma

La tecnología de incineración por pirólisis por arco de plasma se desarrolló para destruir residuos peligrosos, tales como los agentes químicos que contienen arsénico. El reactor de plasma empleado consiste en una centrifugadora interna en la que el material de residuos peligrosos es calentado (antorcha de plasma) por medio de un arco de plasma que alcanza una temperatura de aproximadamente 20.000 °C. Las aguas residuales del sistema de lavado de gases son tratadas en una unidad de evaporación de agua. De esa manera se evita el vertido de las aguas contaminadas a la red local. En atención a su contenido de metales tóxicos, los residuos secos de la evaporadora deben ser trasladados a un vertedero de residuos peligrosos.

Dado que el producto final del reactor será un compuesto vítreo en el que quedarán atrapados los componentes tóxicos, ese producto final tendrá que almacenarse en un vertedero de residuos peligrosos. Los compuestos energéticos (explosivos, propelentes y pirotécnicos) expuestos a una pequeña cantidad de oxígeno, se convierten en el interior del reactor de plasma en productos gaseosos por oxidación, que están compuestos principalmente de monóxido de carbono, dióxido de carbono y pequeños hidrocarburos como metano, eteno y etano. Los hornos de arco de plasma tienen una fase de calentamiento muy breve (necesitan alrededor de 5 minutos para estar plenamente operativos). Este proceso requiere grandes cantidades de energía y es muy costoso, pero resulta muy indicado para la neutralización de ciertos tipos de armas químicas. Este procedimiento, además, es utilizado para la descontaminación de partes metálicas.



2.8. Técnica de oxidación electroquímica

La tecnología AEA, SILVER IITM, se basa en la naturaleza altamente oxidante de los iones de (Ag_2^+) ,³ que se generan haciendo pasar una corriente eléctrica a través de una solución de nitrato argéntico en ácido nítrico, dentro de una cuba electroquímica, similar a las utilizadas en los procesos electroquímicos industriales. Las reacciones electroquímicas usadas en la tecnología SILVER IITM pertenecen a una clase de procesos químicos conocidos comúnmente como oxidación electroquímica mediada (MEO). Estos procesos están siendo presentados como una alternativa a la incineración convencional relacionada con la destrucción de residuos peligrosos. La experiencia con este tipo de procesos es limitada debido a que su desarrollo y aplicación son relativamente recientes. Este proceso puede usarse para la neutralización de explosivos primarios, tales como el nitruro de plomo y el trinitrorresorcinato de plomo.

2.9. Técnica de biodegradación

La biodegradación utiliza la capacidad de los microorganismos de descomponer sustancias químicas relacionadas con la munición, tales como el TNT y otros componentes explosivos y propelentes. [3] La biodegradación se puede realizar como un proceso químico en equipos de tipo reactor. Se necesitarán instalaciones de almacenamiento de gran tamaño, ya que sus tasas de reacción son lentas. En la tierra ya están presentes grandes cantidades de microorganismos dispuestos a convertir sustancias químicas. La presencia de metales pesados en el material a degradar, incorporados para evitar la erosión en cañones o como inhibidores del índice de combustión presenta un efecto negativo sobre la acción biodegradante de los microorganismos, ya que contamina el suelo cuando los materiales a destruir son enterrados. Así, la opción del reactor es más apropiada para el tratamiento de residuos explosivos con altas concentraciones de dichos metales.

3. CONSIDERACIONES ACTUALES

Los métodos basados en las mejores prácticas pueden mitigar los riesgos de la desmilitarización de munición con unos costos y un impacto medioambiental mínimos. La posibilidad de aplicación de cada una de las técnicas dependerá en gran medida de la situación de cada lugar en particular y de la economía de escala.

3 (Ag_2^+) , corresponde a 2 átomos de plata con carga positiva, es decir, posee 2 protones libres para enlazarse a un elemento con 2 cargas libres negativas, para generar una oxido reducción.



Cuando no es posible el reciclaje, los explosivos deben ser destruidos. Una tecnología actualmente en desarrollo, que se encuentra en fase de estudio, es la transformación de explosivos en productos residuales. Eso se consigue mezclando el material energético con agua y aditivos; los residuos podrán ser incinerados con garantías de seguridad y con procedimientos claramente definidos en cualquier instalación comercial.

Sin embargo, en la actualidad hay instituciones armadas que no cuentan con planes en desarrollo para investigar y poner en ejecución procesos de desmilitarizado que involucran tecnologías, capacitación y construcción de instalaciones. Tal situación los lleva a mantener procedimientos mecánicos a través de la utilización de herramientas con intervención directa de personas para realizar el desmilitarizado de municiones y explosivos (separación de componentes). Lo anterior, requiere una continua revisión y actualización de todos los procedimientos de manipulación, desarme, traslado y disposición final, tanto de las partes metálicas como de los explosivos y agentes químicos, minimizando al máximo los riesgos acompañado de una política de protección al medioambiente.

4. CONCLUSIONES

Todas las instituciones armadas deben manejar cantidades considerables de municiones, explosivos y UXOs, desde su recepción, almacenamiento, uso y disposición final, responsabilidad que debe tener un proceso definido y ejecutado por personal competente.

El proceso de desmilitarización, por lo general está relacionado a la cantidad de recursos disponibles para materializar proyectos de desmilitarizado y al nivel tecnológico que pueda desarrollar el país.

Al evaluar los recursos disponibles, tecnología y personal competente se pueden definir los procesos de desmilitarización, basados en las diferentes técnicas descritas en este artículo desde las convencionales, como son la separación de componentes, destrucción de explosivos e incineración de propelentes.

De acuerdo al desarrollo tecnológico y la asignación de recursos económicos que se disponga se pueden implementar otras técnicas de desmilitarización de mayor complejidad como son las técnicas de oxidación, pirolisis y biodegradación.

La diferencia entre las técnicas convencionales y las otras técnicas de desmilitarización radican, en rasgos generales, en el nivel tecnológico, la seguridad y la disponibilidad de recursos para su implementación, siendo de mayor nivel e implicando destinar



mayor cantidad de recursos para las otras técnicas; (técnicas de oxidación, pirolisis y biodegradación).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Archivo Planta de Pólvora y Desmilitarizado de FAMA, Santiago, marzo 2013.
- [2] Presentación EXPAL SYSTEM, España, junio 2015.
- [3] Presentación NAMMO, Noruega, diciembre 2014.
- [4] Manual Organización para la Seguridad y Cooperación en Europa, Ed. 2008 (OSCE).