

51  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

FABRICACION DE CARTUCHOS  
DE PEQUEÑOS CALIBRES

TRABAJO MONOGRAFICO DE  
ACTUALIZACION  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
CARLOS FABIAN FARIAS



MEXICO, D. F.

1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Jurado asignado:**

Presidente : JOSE MARIA GARCIA SAIZ  
Vocal : JAIME MEDINA OROPEZA  
Secretario : SELMA SONIA SOSA SEVILLA  
1er. Suplente : EDUARDO MARAMBIO DENNETT  
2do. Suplente : FERNANDO LEON CEDEÑO

Sitio donde se desarrollo el tema: Biblioteca de la Facultad de Quimica, UNAM;  
CIEA, IPN, Escuela Militar de Ingenieros y  
S.D.N.

**Asesor del tema:**

M. en C. Jaime Medina Oropeza:



**Sustentante:**

Carlos Fabian Farias:



## DEDICATORIAS

**A MI MADRE**

**Por toda la comprension y apoyo otorgado durante toda mi carrera.**

**A MI PADRE**

**Por haberme dado su apoyo durante mis primeros años de estudios.**

**A mis hermanos**

**GABRIEL**

**ENRIQUE**

**FRANCISCO**

**MARIA DOLORES**

**TERESA**

**ANA MARIA**

**VICTOR MANUEL**

A mi asesor.

M. en C. JAIME MEDINA OROPEZA

Por su atinada orientación en el desarrollo de este tema y su tiempo dedicado a la revisión.

A mis MAESTROS

Por dedicar su vida a la docencia aunque no siempre sean bien remunerados.

A una persona en especial

Por su insistencia y confianza en terminar este trabajo.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>1 MANUFACTURA DE CARTUCHOS .....</b>	<b>3</b>
1.1 Bosquejo histórico.....	3
1.2 Fabricación de cartuchos metálicos en México.....	9
<b>2 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CARTUCHO METÁLICO ACTUAL.....</b>	<b>13</b>
2.1 Generalidades.....	13
2.2 Fabricación del casco.....	13
2.3 Elaboración de la bala.....	22
2.4 Manufactura de la cápsula.....	23
2.5 Fabricación de la pólvora.....	28
2.6 Organización y carga.....	29
<b>3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>30</b>
3.1 Del cartucho de papel al cartucho de percusión central.....	30
3.2 Tipos de cartuchos.....	32
3.3 Cartuchos de aluminio y consumibles.....	34

<b>4 EXPLOSIVOS INICIADORES Y PROPELENTES.....</b>	<b>36</b>
4.1 Concepto explosivo.....	36
4.2 Explosivos iniciadores.....	40
4.2.1. Mezclas de iniciación.....	41
4.3. Propelentes o explosivos secundarios.....	42
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>51</b>



## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se trata de dar un enfoque generalizado sobre el proceso de fabricación de cartuchos de pequeños calibres partiendo de la exposición de la manufactura de cartuchos, hasta el proceso de fabricación del cartucho metálico actual, haciendo resaltar los materiales de construcción así como los explosivos iniciadores y propelentes.

Este tema en si es muy delicado de tratar ya que la producción de cartuchos en México es controlada por la Secretaría de la Defensa Nacional por lo cual mucha información es confidencial, incluso a nivel internacional es escasa.

En la biblioteca de la facultad de Química no existe ninguna tesis al respecto por lo cual y dada su importancia como campo químico de estudio, se fijaron como objetivos adicionales de este trabajo;

Recopilar la información existente a la fecha sobre el tema.

Dar un bosquejo histórico desde su aparición a nivel mundial hasta la iniciación de México a principios del siglo en la fabricación de cartuchos y en lo posible su situación actual.

Describir la fabricación del cartucho metálico tratando por separado los componentes y su integración para obtener el producto final.

Visualizar los aditivos usados en las mezclas explosivas y en los propelentes más comúnmente utilizados para la manufactura de cápsulas iniciadoras.

El cartucho no es una simple pieza del arma sino que arma y cartucho son las dos partes de una poderosa máquina térmica que tiene por objeto situar un proyectil (bala) con precisión suficiente a una distancia determinada, portando una energía remanente, para producir un efecto esperado.

En un arma al ser disparada ocurre lo siguiente: la acción mecánica producida por una fuerte percusión provoca el encendido del explosivo de la cápsula y ésta a su vez provoca el encendido de la

pólvora propulsora, la cual produce una intensa reacción química exotérmica con desprendimiento de gases y la energía calorífica así acumulada se transforma en trabajo mecánico según la primera ley de la termodinámica, como consecuencia de este fenómeno aparecen fuertes presiones en el casco, provocando que la bala sea impulsada fuera de éste, toma el rayado del cañón ,adquiere un movimiento de rotación y otro de translación, se acelera recorre el anima y mientras el arma recibe un impulso de retroceso por razón del principio de conservación de la cantidad de movimiento, la bala sale al exterior con una energía cinética adquirida, choca con el aire describe una trayectoria teóricamente parabólica, pierde velocidad y energía cinética al luchar con la resistencia del aire e incide sobre el blanco haciendo entrega de su energía remanente (1).

## 1. MANUFACTURA DE CARTUCHOS

### 1.1 Bosquejo histórico.

El primer cartucho propiamente dicho se inventó hacia el año 1550 con el desarrollo del cartucho de papel, el cual contenía la dosis exacta de pólvora necesaria para la carga de un arma. Hasta ese momento los componentes del cartucho (pólvora o cebo, pólvora gramada, taco y bala), se encontraban separados e independientes y debían de ser transportados para unirse y formar un conjunto que fue revolucionario.

Hacia el año 1580 el suizo Zurkinder dió un gran paso hacia el cartucho moderno. La pólvora y la bala se unieron dentro del cartucho de papel hecho que tendría una vigencia activa de tres siglos y predominio de la cartuchería universal por 200 años.

En 1774 Baten descubre las propiedades detonantes del fulminato de mercurio.

En 1812 aparece el cartucho combustible, análogo al de papel, hecho con lino, colodión, papel o piel, es decir, materiales combustibles que tenían como finalidad no ensuciar la recámara, estos cartuchos llevaban balas esféricas, cónicas u ojivales y se fabricaban (fig. 1.1) enrollando el material combustible sobre un tubo (A.1) que luego se pegaba y cortaba a la longitud deseada (A.2); se sacaba el tubo y se preparaba un obturador (A.3) con el que se tapaba un extremo del tubo (A.4) formando así un cilindro con tapa en el del fondo (A.5) en él se vertía la pólvora (A.6) y se añadía la bala (A.7) que llevaba un adhesivo quedando de este modo completo el cartucho (A.8).

A finales del siglo XVII un nuevo elemento de carga se unió al cartucho ya formado por bala y pólvora: el polvorín de cebo que es colocado en el fondo del mismo (fig.1.2) de manera que para efectuar la carga, se rompía el cartucho por el fondo (mordía), se cebaba la cazoleta con el polvorín y

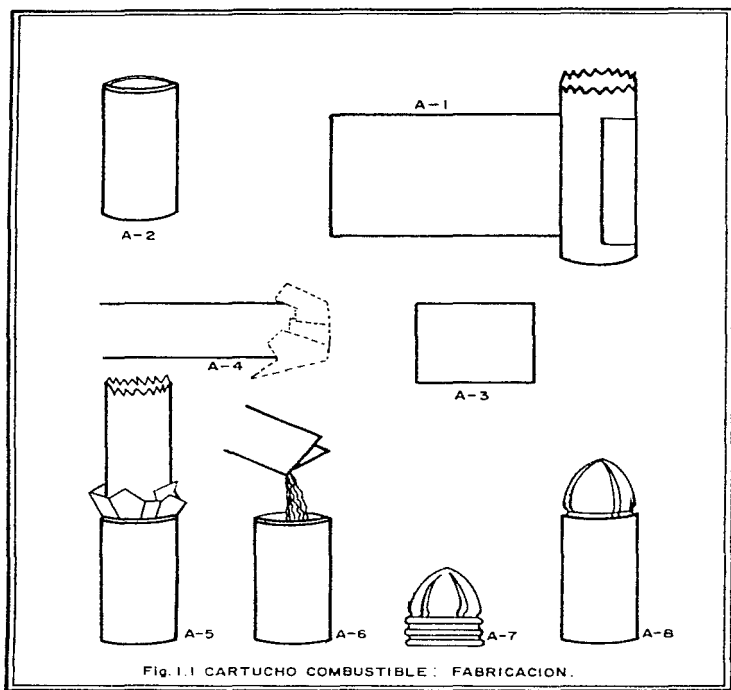


Fig. 1.1 CARTUCHO COMBUSTIBLE: FABRICACION.

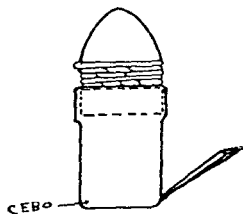


Fig. 1.2 CARTUCHO DE AUTO-CEBADO.

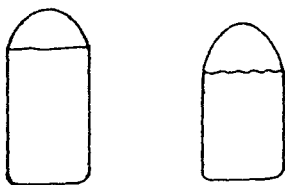


Fig. 1.3 CARTUCHO CON INICIADOR SEPARADO.(TIPOS)

luego se introducía el resto del cartucho por la boca del arma, compactándolo con la baqueta, este cartucho se llama cartucho de auto-cebado.

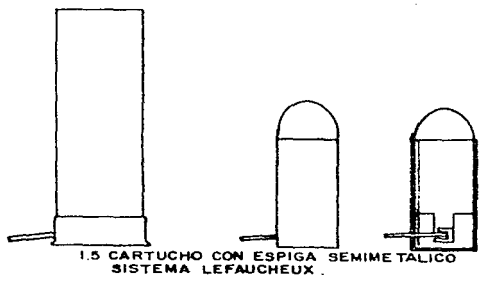
Al mismo tiempo apareció el cartucho con iniciador separado (fig. 1.3) que se produjo de diferentes materiales: tanto de papel y cartón, como semimetálicos y metálicos. También se comenzó a ensayar con diferentes formas de bala, predominando las de forma cónica y ojival.

En 1812 aparece en diversos países el cartucho con iniciador incorporado (fig. 1.4), el cual no es desarrollado plenamente sino hasta 1848, puesto que la pastilla fulminante depositada en la base del casco o casquillo, precisaba un previo perfeccionamiento de la llave de percusión que la aseguraba en todos los cascos.

En 1836 aparecieron los cartuchos con espiga o aguja (fig. 1.5) totalmente metálicos para pistola o semiautomáticos para armas largas, principalmente de caza. Estos cartuchos llevaban una espiga o aguja que atravesaba lateralmente el culote y la percusión incidía sobre una cápsula interior de fulminato de mercurio que al estallar daba fuego a la carga de pólvora. Este nuevo avance se llamó "el sistema Lefaucheur" en reconocimiento a su inventor y se conservó durante muchos años, aunque siempre restringido a pistolas, luego a revólveres y a escopetas de caza.

Se continuó ensayando para una correcta forma de rayado que al final se logró con la bala Minie (fig. 1.6). Con ella se consiguió un notable adelanto balístico, desaparecieron las balas esféricas, sustituidas por las cilindro-ovales ranuradas y las armas dejaron de calibrarse por el número de balas esféricas de plomo que estaban contenidas en una libra, adoptándose el diámetro de la bala como calibre.

Hacia 1845 Flober, en Francia, inventaba el cartucho metálico de percusión anular excéntrico (fig. 1.7) que en un principio era sólo de pequeños calibres para uso en armas de salón. Más tarde, gracias a Henry, se construyó para grandes calibres y se empleó en armas que llegaron a ser reglamentarias en muchos ejércitos, por ejemplo el señalado como calibre 50 utilizado por el 7º



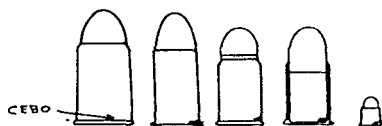


FIG. 1.7 CARTUCHO METALICO DE PERCUSION ANULAR (TIPOS)

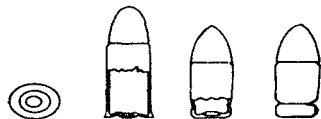


FIG. 1.8 CARTUCHO METALICO DE PERCUSION CENTRAL INTERIOR



regimiento de caballería del General Coster en la batalla de Little Big-Horn en 1876. El cartucho de percusión anular es el único de los antiguos cartuchos que subsiste en la actualidad por ejemplo; calibre 0.22 pulg.

En el año 1858 comienza una vertiginosa experimentación y se obtiene el cartucho de percusión central primitivo, llamado así, por serlo y por que la cápsula iniciadora iba en el interior del casco, (figura 1.8.).

Puede considerarse a 1868 el año en el cual se desarrolla el cartucho metálico de percusión central moderno, ya que , hasta ese momento se consiguió plenamente su solidez, hermeticidad y armonía de conjunto; cualidades requeridas para satisfacer las necesidades balísticas exigidas y resistir las duras condiciones de campaña además de conseguir la tan buscada retrocarga, luego la repetición y por último el automatismo (1).

## 1.2 Fabricación de cartuchos metálicos en México.

La fabricación del cartucho metálico en México debió ser planeada antes de finalizar el siglo XIX, puesto que en 1901 el gobierno anunciaba la construcción en Chapultepec del edificio donde se instalaría la maquinaria adquirida en Alemania y que constituía un equipo completo para la producción de las necesidades de aquella época. Sin embargo en 1906 todavía no se terminaba su instalación, faltando muchos detalles por resolver debido a que en esos momentos se gestaban dos grandes movimientos: uno nacional que fue la revolución mexicana y el otro internacional que fue la primera guerra mundial.

El primero de Julio de 1907 fue inaugurada la Fabrica Nacional de Cartuchos construida en Molino del Rey. Esta planta tenía capacidad para producir 25 000 cartuchos en diez horas de trabajo. Inicialmente se importó del extranjero tanto el latón para el casco y la cápsula así como el metal para

las ojivas de las balas, más con todo esto, solo hasta después de varios años se logró una producción de 10 a 15 mil cartuchos de regular calidad. Al mismo tiempo se había emprendido la fabricación de latones para cascos y cápsulas en la Fundación Nacional de Artillería, cuyo establecimiento se dedicó a este trabajo hasta el año de 1917, fecha en la que pasó a ser parte de la fábrica de cartuchos.

En 1915 al evacuar las fuerzas de la constitución de la plaza de México, la maquinaria de la Fábrica Nacional de Cartuchos fue trasladada a Morelos y al reconstruirse el edificio en 1916 se instaló una maquinaria comprada en Estados Unidos así como gran parte de la maquinaria recuperada del Estado de Morelos.

Con motivo de la Primera Guerra Mundial fue imposible traer el material para las ojivas de las balas, por lo tanto se comenzó a fabricar ojivas de mala calidad usando alambre de cobre y posteriormente fabricando alambre de Latón con cuyo material las balas resultaban excesivamente defectuosas sobre todo en la forma.

En el año de 1917 se comenzaron a fabricar las ojivas de latón con un 40% de Zn. En 1926 se adquirió el equipo necesario para la fundición de latones en hornos eléctricos y laminación en caliente. Este procedimiento era el más moderno en aquella época y había sido implantado en pocos países; por esos años se agregó a la operación de fabricación la de barnizar interiormente los cascos con la finalidad de que la pólvora quedara mejor protegida en ese momento la industria militar mexicana estaba a la vanguardia en la fabricación de cartuchos.

El 16 de Abril de 1947 por decreto presidencial, se concedió la autonomía al Departamento de la Industria Militar con lo que se dió un gran paso para fortalecerla y acrecentarla.

La fábrica de Molino del Rey en Chapultepec después de laborar durante 61 años cerró sus puertas el 31 de enero de 1969 concluyendo su historia e iniciándose la era de una nueva fábrica de cartuchos, la cual está asentada en las instalaciones construidas en el complejo industrial de Santa Fe. Para esto en el año de 1968 partió una comisión constituida por obreros e ingenieros, a Francia con el

objeto de realizar las pruebas de recepción a la maquinaria que el gobierno mexicano había adquirido en aquel país. Esta comisión recibió además el adiestramiento necesario para implantar los métodos de trabajo desarrollados en aquel país.

En 1970 el calibre reglamentario del ejército es cambiado de 7.62 Garant a 7.62 Nato, además de realizar las pruebas necesarias de funcionamiento para producir bala trazadora e incendiaria. A finales de ese año expiró el contrato con la delegación francesa quedando la fabricación del cartucho en manos del personal mexicano quien en 1971 comenzó a producir regularmente cartucho calibre 7.62 Nato y el cartucho calibre 30<sup>7</sup> para carabina; a principios de 1972 empezó a operar la línea para la fabricación del cartucho calibre 12.7 bala ordinaria y bala trazadora cal. 7.62. (2)

En 1990 la fábrica de cartuchos de Santa Fe es cerrada por la S.E.D.U.E por ser muy contaminante eliminándose con esto el Departamento de la Industria Militar y naciendo en 1991 la actual Dirección General de Fábricas de la Defensa Nacional (D.G.F.D.N.) la cual depende directamente de la Secretaría de la Defensa Nacional (S.D.N.), actualmente la fábrica de cartuchos es manejada en su totalidad por personal militar permanente y auxiliar, elaborando los siguientes productos:

- 1) Cartucho cal. 7.62x51 mm bala normal.
- 2) Cartucho cal 7.62x51 mm bala trazadora
- 3) Cartucho cal. 7.62x51 mm bala perforante
- 4) Cartucho cal. 12.7x99 mm bala normal
- 5) Cartucho cal. 9x19 mm bala normal
- 6) Cartucho cal. 0.45" bala normal.

La fábrica de cartuchos está organizada en las siguientes áreas de producción;

- a) Línea tradicional
- b) Cadena modular

c) Medianos Calibres

d) Área de cápsulas, bala trazadora y composiciones pirotécnicas. (3)

Actualmente los requerimientos de la S.D.N. en cuanto a cartuchos está regido por 30 días de fuego es decir la cantidad de cartuchos necesarios para sostener un percance durante éste tiempo según la Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Nacional (4). Una de las funciones y razón de la existencia de la fábrica de cartuchos se observa en lo mencionado en 1917 por el C. Presidente de la república don Venustiano Carranza en un discurso dicho en la ciudad de Querétaro: "HAY QUE FABRICAR NUESTRAS PROPIAS ARMAS Y MUNICIONES SI NO QUEREMOS QUE NUESTROS ASUNTOS INTERNOS LOS RESUELVAN AQUELLOS QUE NOS LAS PROPORCIONAN".

Además de la D.G.F.D.N. en México se producen cartuchos de pequeños calibres, en Industrias Tecnos ubicada en Cuernavaca, Morelos, ésta es una empresa de inversión conjunta entre socios mexicanos (60% por el grupo XABRA) y la Remington subsidiaria de CPR, Inc. en N.Y.. La distribución y control de los cartuchos producidos por esta empresa es controlada por la S.D.N.

Industrias Tecnos es prácticamente la única empresa privada que produce cartuchos a nivel nacional siguiendo la línea deportiva casi exclusivamente, ya que esta compañía cambió solo de razón social y anteriormente se llamaba "Cartuchos Deportivos S.A. de C.V."(\*).

(\* Fuente de información: directa.

## 2 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CARTUCHO METÁLICO ACTUAL

### 2.1 Generalidades.

Cartucho por definición es un cilindro de cartón, metal, etc. que contiene una cantidad determinada de explosivo, especialmente una carga completa para un arma de fuego.

El cartucho metálico moderno consta de 4 elementos: casco, bala, pólvora (propelente) y cápsula las cuales se ilustran en la figura 2.1.

El casco no sólo es el portador de la pólvora, de la cápsula iniciadora y de la bala sino que se comporta como el cuerpo de la cámara térmica en el cual se realizará la combustión de la pólvora y el seguro obturador que cerrará el retroceso de los gases apoyándose fuerte y transitoriamente en la recámara del arma. Su importancia es tal que aparte de dar completa seguridad al tirador en el momento del disparo: hasta que no se inventó, no pudo resolverse satisfactoriamente el problema de la recarga. La bala es la encargada de realizar las balísticas, la pólvora es la impulsora termodinámica de la bala y la cápsula es la encargada de dar fuego a la pólvora.

### 2.2 Fabricación del casco.

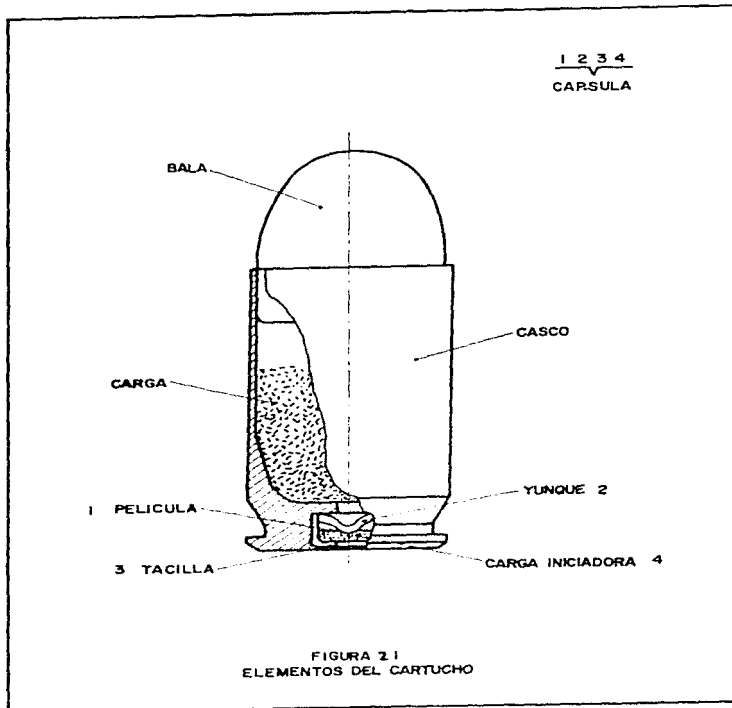
El material de fabricación del casco puede ser de acero, papel, aluminio etc. pero la materia prima por excelencia es el latón militar o latón 70/30 (70% de Cu y 30% de Zn), designado por A.S.T.M. como aleación de cobre 2 600 con la siguiente composición;(5):

% peso Cu =68.5 - 71.5

% peso Pb =0.07 max

% peso Fe =0.05 max

% peso Zn = Resto



El casco es el elemento más importante en la constitución del cartucho, cumple con numerosas funciones antes y en el momento del disparo. La primera función que cumple el casco es la de servir como elemento aglutinante del resto de los elementos del cartucho; bala, pólvora y cápsula, para realizar esta función es necesario que cumpla a su vez con otros requisitos como son: disponer de su parte superior o boca de forma tal que permita un correcto alojamiento de la bala, al mismo tiempo que su alojamiento interno sea lo suficiente para recibir el volumen de pólvora adecuada a las balísticas exigidas.

La segunda función a realizar es aquella que pondrá a prueba sus características mecánicas, ya que en el momento del disparo debe soportar, las fuertes presiones desarrolladas por la combustión de la pólvora que llega en algunos tipos de cartucho a los 4500 Kg./cm<sup>2</sup> aunque lo normal es que llegue a 3000 Kg./cm<sup>2</sup>.

Para soportar estas presiones se hace necesario que el casco tenga un comportamiento complejo, es preciso por una parte, que sea muy elástico para que al soportar las altas presiones, se dilate y se adapte perfectamente a las paredes de la recámara para evitar un paso de gases entre casco y recámara que sería perjudicial para el arma y el usuario.

Por otro lado se le exige una gran respuesta de recuperación de sus dimensiones nominales, ya que en armas de gran cadencia de tiro, es preciso que éste inicie su retroceso cuando es muy elevada la presión interna residual.(6)

Estas características especiales se derivan de las propiedades mecánicas de la aleación Cu/Zn llamada más comúnmente LATÓN;

Como se muestra en la figura 2.2. el módulo de elasticidad de la aleación disminuye con pendiente constante hasta un contenido de aproximadamente 38% de Zn para después caer bruscamente a una concentración de aproximadamente 44% de Zn.

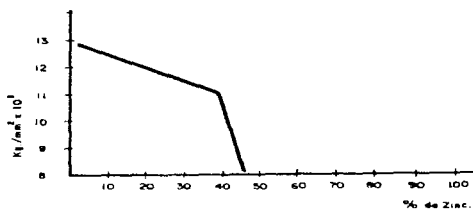


FIG. 2.2 MODULO DE ELASTICIDAD

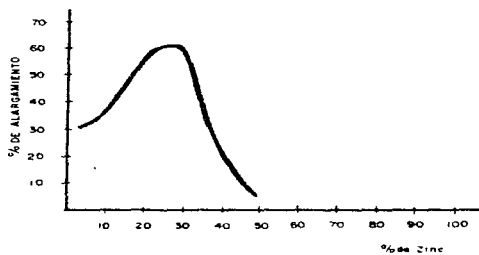


FIG. 2.3 % DE ALARGAMIENTO



La deformación tiende a aumentar a un máximo, para la composición de 30% de Zn para posteriormente caer con mayores concentraciones de Zinc. (fig. 2.3).

Tanto la resistencia a la tensión (fig. 2.4.) como la dureza (fig. 2.4.1.) del cobre aumentan con el incremento de Zn, esta última alcanza su valor máximo para un 30 % de Zn.

Con respecto al diagrama de fases de Cu-Zn, se observa que el cobre disolverá hasta 32.5% de Zn a 902°C, 39% de Zn a 450°C y 36% de Zn a 250°C. (fig. 2.5). Estos porcentajes corresponden a la solución sólida (alfa) que tiene estructura cúbica de caras centradas (7)

Las soluciones alfa presentan la característica de una gran maleabilidad en frío y muy frágiles en caliente y la solución sólida beta es lo contrario de la alfa. Por lo anterior las deformaciones en frío se efectúan con mayor facilidad en los latones alfa, no así para los latones beta y alfa -beta donde por sus características se prestan mejor para trabajos en caliente. Para composiciones con más de 48% de Zn su estudio tiene poca importancia ya que son demasiado frágiles y no tienen uso industrial.

El proceso de fabricación del casco para cartuchos de pequeños calibres inicia cuando a partir de una cinta de latón 70/30 se formada una pieza llamada tacilla por medio de una máquina de embutición. A continuación esta tacilla es introducida a un horno eléctrico giratorio donde es recocida "este proceso consiste en calentar el metal a una temperatura superior a la de recristalización y enfriar lentamente para que las deformaciones de los granos se eliminen al mismo tiempo que la resistencia a la tensión y la dureza se reduzca a su valor inicial. La temperatura de recocido puede calcularse en forma aproximada como  $\frac{1}{2}$  de la temperatura absoluta de fusión para las aleaciones (7). Para el caso concreto de la aleación Cu/Zn es:

Punto de fusión de la aleación = 955° C

Temperatura absoluta (°K) = °C + 273 = 955 + 273 = 1228 °K

Temperatura de recocido =  $\frac{1}{2}$  (Temperatura absoluta)

$$= 1228 \text{ } ^\circ\text{K} / 2 = 614 \text{ } ^\circ\text{K} - 273 = 341 \text{ } ^\circ\text{C}$$

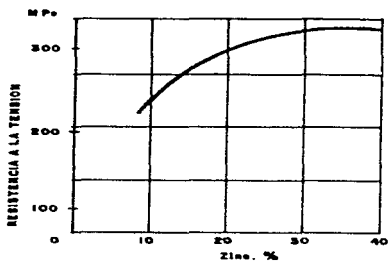


FIGURA. 2.4 RESISTENCIA A LA TENSION

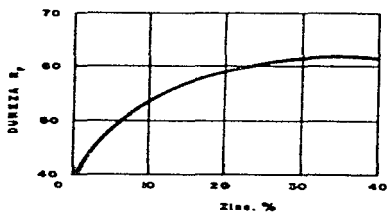


FIGURA 2.4.1. DUREZA

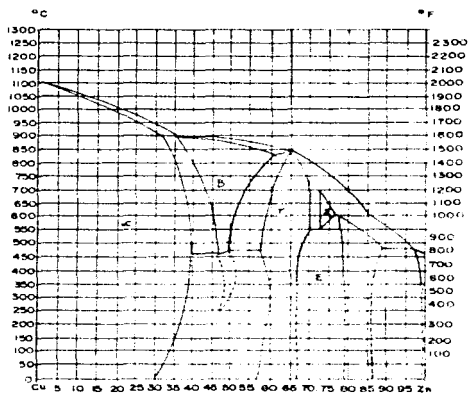


FIG. 2.5 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Cu.-Zn.

Después de recocida la tacilla se lleva a una máquina de embutición donde se le somete a una operación llamada 1<sup>er</sup> estirado, la cual tiene la finalidad de alargar la longitud de las paredes y disminuir su espesor.

Después de este primer estirado la tacilla se lleva nuevamente a un horno, donde se aplica un nuevo recocido total a la pieza con la finalidad de poderle realizar un nueva embutición obteniéndose una pieza llamada segundo estirado.

Esta pieza de segundo estirado se pasa a una máquina de corte donde el casco es cortado a la longitud adecuada utilizando un buril o navaja.

Después del corte, el casco se sujeta a una operación llamada cabeceado, la cual consiste en formar en la base del mismo un alojamiento donde se introducirá la cápsula, además de una marca en la periferia con la finalidad de tener una marca propia identificativa de la fábrica donde se elaboró el cartucho.

A continuación el casco cabeceado se ranura y bisela a la altura de la parte superior del alojamiento de la cápsula por fuera de éste, con la finalidad de servirle al arma para el desalojo del casco después de ser disparado el cartucho, además de ser un apoyo en la recámara cuando el disparo se efectúa.

Como último paso se le realiza una perforación en el fondo del alojamiento de la cápsula teniendo como finalidad tener un medio de contacto entre el explosivo iniciador de la cápsula al ser encendido y el propelente (pólvora).

Este casco terminado se revisa y se verifican todas sus dimensiones a cada uno de ellos en forma automática en máquinas especiales, quedando listo para unirlo con los otros tres elementos y formar el cartucho. El diagrama esquetmatizado para la fabricación del casco, se muestra en la figura 2.6. pág. 21.

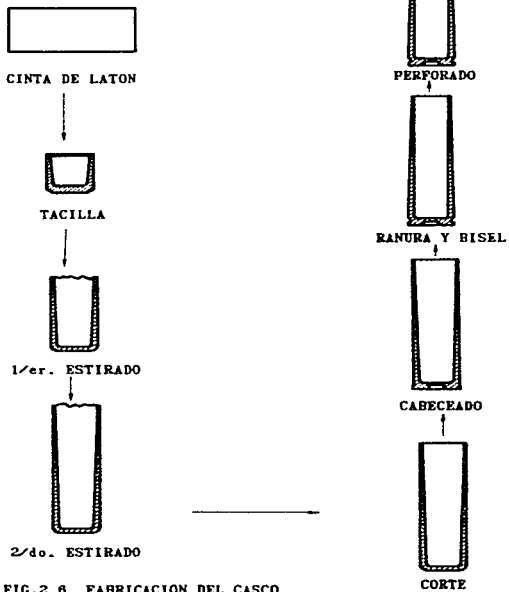


FIG.2.6 FABRICACION DEL CASCO

### 2.3 Elaboración de la bala.

La bala es la parte activa más importante del cartucho, con la cual se obtienen unos efectos determinados, resulta ser el elemento al servicio del cual están el resto de los componentes del cartucho.

Entre las funciones a realizar por la bala están:

Antes del disparo: constituirá el elemento de cierre del cartucho, firmemente asentado en su alojamiento de forma tal que impida el paso de la humedad hasta la pólvora con lo que se asegura la estabilidad y larga vida de ésta.

Durante el disparo: debe recorrer el camino hasta alcanzar el objetivo propuesto sin apartarse de la trayectoria que le corresponde por su forma, dimensiones y constantes atmosféricas.

La función primordial a la que están subordinadas no solo las anteriores, sino también el conjunto de los elementos del cartucho, es la consecución óptima de los efectos previstos por la bala y que servirán de base para determinar tanto sus características, como la forma, dimensiones, peso etc. Esta función depende de la característica a realizar por la bala de cada cartucho y puede ser perforar, incendiar, señalar etc.

La materia prima para la fabricación de la bala está compuesta por dos o más elementos y entre ellos la más generalizada es la mezcla "plomo-antimonioso," en ocasiones con un pequeño porcentaje del 2 al 3% de estaño siendo el más común, aunque es bastante usual el de 6 a 7%. La aleación de plomo-antimonio tiene una doble finalidad, por un lado ajustar el peso de la bala a las tolerancias requeridas dentro de sus dimensiones y por otro lado dar a ésta una consistencia suficiente para que no se deforme en el momento del disparo y que pueda cumplir las exigencias de perforación.

Cuando sólo se utilizan balas de aleación de plomo, se presenta un gran inconveniente el cual es una alta concentración de éste en el aire (8), lo cual es perjudicial al tirador. Para disminuir este riesgo se usa una chaqueta o envoltura de latón 90/10 en la bala (9), que a semejanza con el casco en

relación al cartucho, va a servir de aglutinante respecto al resto de los elementos. Este material envolvente es llamado por los fabricantes de cartuchos "Tamboc", el cual ha demostrado en prácticas de tiro con una buena ventilación que para el tirador es el método más efectivo de control para la contaminación de plomo en el aire en el momento del disparo (10).

El proceso de fabricación de la bala es iniciado con la elaboración del núcleo que es de plomo antimoniado, éste llega en lingotes o trozos a la fábrica, los cuales son fundidos para formar hilo de esta aleación y éste a su vez en núcleo en prensas diseñadas especialmente para ello, el peso y dimensiones del núcleo se controla al 100% en máquinas automáticas.

La envoltura de la bala es elaborada a partir de tacillas obtenidas por embutición de cinta de latón 90/10. Esta tacilla se recoce en un horno eléctrico giratorio y ya teniendo la dureza adecuada se alimenta junto con el núcleo de plomo a una máquina donde se somete a un 1/er y 2/o estirado, un doble ojivado inicial, unión con el núcleo, cortado y calibrado en una máquina diseñada para ello. Al salir la bala de esta máquina es llevada a otra donde se le realiza un control de peso y dimensiones al 100% (6).

En la figura 2.7. pág. 24 se esquematiza la fabricación de la bala.

#### **2.4 Manufactura de la cápsula.**

La cápsula es el elemento del cartucho que ha de transformarlo de un conjunto inerte y rígido en un conjunto vivo con cada componente dispuesto para cumplir con su misión.

La cápsula es un conjunto de 3 o cuatro elementos, un elemento metálico llamado tacilla elaborado generalmente de latón 72/28 el cual es maquinado por embutición, una mezcla iniciadora la cual es preparada con un alto explosivo mezclada con otras sustancias, un aglutinante (papel) y un yunque.

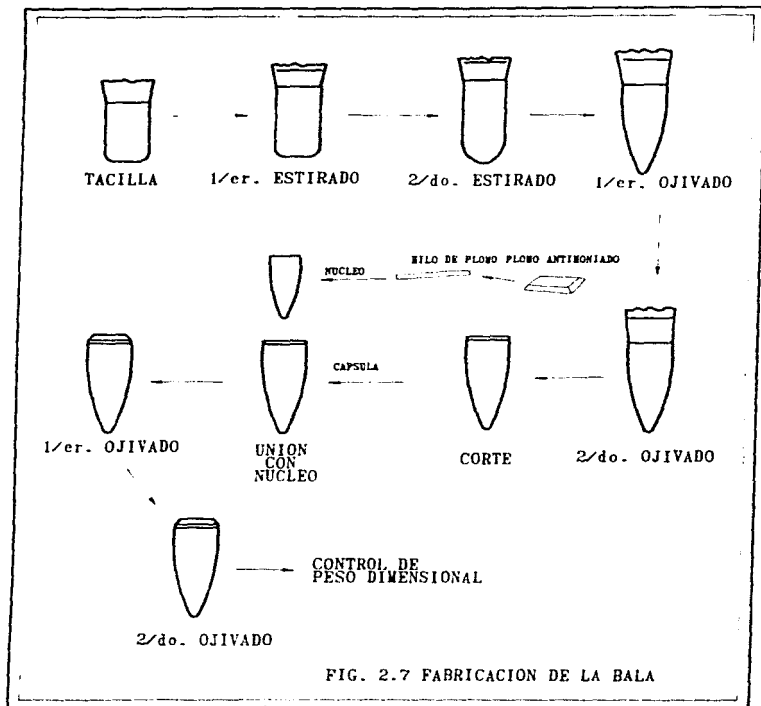


FIG. 2.7 FABRICACION DE LA BALA



En la actualidad compiten en el mercado dos tipos de cápsulas, la de Berman y la cápsula Boxer. La diferencia entre ellas consiste en que la cápsula Boxer (fig. 2.8. pág. 26 ), lleva incorporado el yunque, mientras que la Berman no (fig. 2.9. pág. 26 ). Esto lleva consigo un empleo de cascos con alojamiento adecuado al tipo de cápsula.

En cuanto a su uso , territorialmente hablando, la Berman tiene una mayor aplicación en Europa frente a la Boxer que domina el mercado americano.

En la figura 2.10. pág. 27 se ejemplifica la fabricación de la cápsula Boxer.

La manufactura de la cápsula inicia con la elaboración de la tacilla misma la cual como ya se mencionó es hecha por embutición de cinta de latón 72/28, ya elaborada ésta, es recocida con la finalidad de obtener ciertas características de elasticidad y resistencia. Ya recocida es laqueada o níquelada para evitar la corrosión (11).

La mezcla iniciadora se elabora a base de un alto explosivo como por ejemplo fulminato de mercurio con otras sustancias que la ayudan a cumplir su función.

El papel aglutinante puede ser de estaño o papel especial, la formulación de éste es un secreto guardado en cada fábrica de elaboración de cartuchos.

El yunque se fabrica en troqueles diseñados especialmente para este fin y son elaborados a partir de cinta de latón 70/30.

Al tener estos cuatro elementos ya elaborados todos ellos son ensamblados, es decir unidos para obtener un cápsula ya terminada la cual es verificada al 100% en cuanto a sus características visuales y dimensionales por personal especializado. Al terminar de ser verificada se lleva al área de organización y carga, donde será unida a los otros tres elementos del cartucho.



FIG. 2.8 CAPSULA BOXER  
(YUNQUE INCORPORADO)



FIG. 2.9 CAPSULA BERMAN  
(YUNQUE EN EL CASCO)

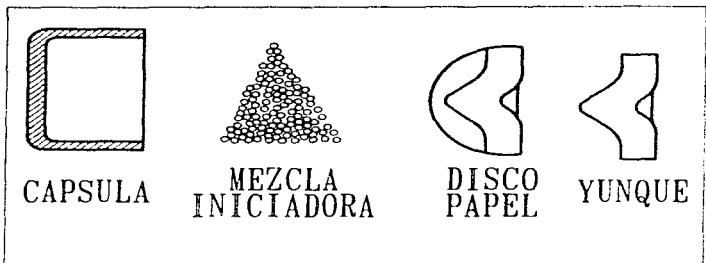


FIG. 2.10 FABRICACION DE CAPSULAS BOXER

### 2.5 Fabricación de la pólvora.

La pólvora es el elemento del cartucho que se encargará de impulsar la bala, mediante la transformación de su masa física en energía. Se llama sustancia explosiva a una composición más o menos bien definida, susceptible de descomponerse en un tiempo muy corto desprendiendo un gran volumen de gases a alta temperatura, como resultado de una enérgica reacción química (12).

En el caso de una sustancia explosiva, los gases formados alcanzarán una alta temperatura por el calor de descomposición. Esto provoca una elevación de presión con la consiguiente expansión, ahora bien, si la combustión es muy rápida la elevación de presión es demasiado brusca y no tiene un efecto rompedor. Para obtener un trabajo útil es necesario obtener una disminución de la velocidad a la que se produce el fenómeno, es decir mediante una combustión relativamente lenta. Por lo anterior se pueden clasificar los explosivos en dos grupos, lentos y rápidos o también llamados propulsores y rompedores, la pólvora pertenece a los primeros y la nitroglicerina a los segundos. En la pólvora ordinaria la duración de la explosión es de un centésimo de segundo en tanto que en la nitroglicerina es solo de medio cienmilésimo. Las pólvoras propulsoras son sustancias de las cuales se puede obtener un trabajo útil y actúan según el siguiente esquema:



La primera pólvora sin humo o pólvora blanca, introducida como de uso corriente en los ejércitos, fue la pólvora de nitrocelulosa gelatinizada con un disolvente volátil, generalmente éter-alcohol, esta pólvora es llamada de base simple ya que contiene como único elemento activo la nitrocelulosa. Otras pólvoras incluyen aditivos especiales para su buen funcionamiento y obtención de parámetros definidos.

La pólvora en algunos países que fabrican cartuchos, incluyendo a México es comprada en el exterior por lo cual al adquirirse y después de realizar pruebas químicas y de funcionamiento es llevada al taller de carga donde se une a los tres elementos restantes del cartucho.

## 2.6 Organización y carga.

El taller de organización y carga es el encargado de unir los cuatro elementos del cartucho para constituirlo finalmente. Al llegar el casco del taller de revisión con las dimensiones adecuadas se le coloca la cápsula en el alojamiento destinado para ello.

Ya capsulado el casco se lleva a una máquina llamada de carga donde se le agrega la cantidad adecuada de pólvora previamente fijada por pruebas ballísticas de laboratorio, los lotes de la pólvora propulsora pueden hacerse de pequeñas cantidades conformando lotes grandes o en forma de proceso continuo homogeneizándolos en máquinas mezcladoras (13). Actualmente la medida exacta de la pólvora se pesa automáticamente en un dispositivo especial que descarga continuamente en el interior del casco (14).

La bala se une al casco por inserción de esta en la boca del casco, este a su vez es capsulado y cargado con la cantidad adecuada de pólvora. Se puede lograr un costo muy bajo para unir la bala y el casco cuando ambas piezas metálicas se endurecen mediante un recocido en aceite a 200 C hasta que el volumen sea incrementado en un 0.25% (15)

Ya cargado el cartucho se verifica al 100% en cuanto al peso de la pólvora en máquinas especiales y visualmente en cuanto a su presentación por personal especializado para esta labor.

### 3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Del cartucho de papel al cartucho de percusión central.

El material de construcción del cartucho hacia el año de 1550 en Europa era de papel, Bianco dejó una excelente descripción de su fabricación en 1597, que permite esquematizar las fases de fabricación del mismo (fig. 3.1. pág. 31 ): el papel se enrolla alrededor de un tubo cilíndrico de madera (B.1.), atado del final del tubo de papel (B.2.), introducción, sujeción y atado de la bala (B.3.), vertido de la pólvora (B.4.), doblado y rematado del extremo libre (B.5.).

El material de construcción del cartucho combustible es de lino, colodión, papel o piel es decir materiales combustibles.

El cartucho con iniciador separado se construye tanto de papel o cartón como de materiales semimetálicos y metálicos.

Los cartuchos de espiga y los de percusión anular excéntricos son totalmente metálicos. El cartucho metálico de percusión central moderno en sus inicios fue de cobre, a partir de 1900 el material por excelencia es el latón 70/30 aunque también los hay actualmente de plástico y papel.

Por los años 70<sup>os</sup> de este siglo se realizaron pruebas para fabricar cartuchos de acero que fueron elaborados de acero templado, mediante cortado, hilado y estirado, aplicándose un calentamiento por inducción para endurecer más el casco pero no tanto para endurecer la bala (16), unos años después se presentó en los cascos el problema de una corrosión prematura durante los estirados y recocidos. Este problema se solucionó con un electropulido del casco y un niquelado posterior con el cual se facilitó el problema de la remoción de hoyos (17). La corrosión interna del cartucho se debió a la reacción de la capa de  $Zn^0$  y los vapores del ácido nítrico y fórmico, produciendo nitrato y formato de  $Zn^{+2}$ , la descomposición térmica de la nitrocelulosa provocó la formación de vapores ácidos(18).

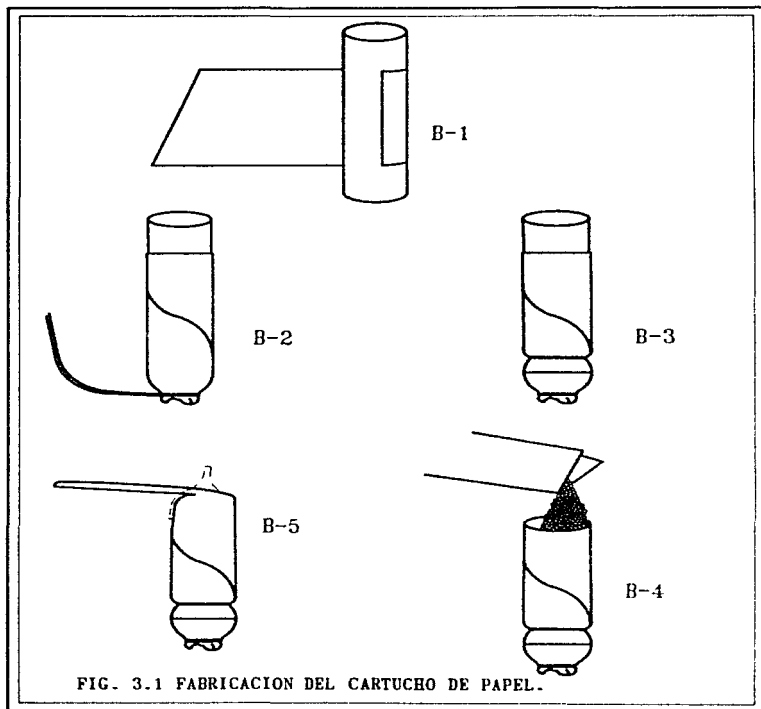


FIG. 3.1 FABRICACION DEL CARTUCHO DE PAPEL.

### 3.2 Tipos de cartuchos.

Para clasificar un cartucho es necesario especificar su empleo específico, pudiendo ser agrupados en:

Cartucho de Guerra Ordinario, su empleo está señalado para el combate ofensivo y defensivo se fabrica de una bala de plomo antimonioso con chaqueta de cobre 90/10 sin complicaciones de elaboración.

Cartucho de salva, su empleo es para habituar al tirador al ruido del cartucho de guerra, en maniobras y ejercicios, son exentos de bala o es simulada de material pulverizado.

Cartuchos de ejercicios, son idénticos a los de guerra pero en lugar de pólvora llevan un lastre de arena o carecen de ella y en lugar de cápsula llevan un taco de caucho.

Cartuchos deportivos, la única diferencia con los de guerra es que generalmente van provistos de balas expansivas y su fabricación ha sido rigurosamente controlada.

Cartuchos para pruebas, estas pueden ser balísticas, resistencia del arma, sobrepresión etc., el material es idéntico al de guerra pero se marcan especialmente con bandas coloreadas en la bala o en el casco para evitar confusiones de uso.

Cartuchos de tiro reducido, son usados para tiros y pruebas de salón o galería, suelen llevar una bala ligera y muy poca carga de pólvora para conseguir buenos efectos balísticos a corta distancia.

Cartuchos especiales, se utilizan como su nombre lo indica para fines especiales tales como señales, lacrimógenos, perfumantes, anestésicos, multidardos, antirevueltas y otros de composición, función y estructura muy particular.



El material de construcción del casco en estos cartuchos es de latón 70/30 aunque ocasionalmente también se utiliza el acero latonado, el aluminio y en algunos casos particulares el plástico con cápsula metálica.

Con respecto a la bala según los elementos que la constituyen será de un elemento, de dos o de varios. Las balas de un elemento pueden ser macizas o huecas y los materiales de elaboración de éstas pueden ser: plomo, latón, bronce, cobre, aluminio, cuproniquel, maderas, papel, plástico y ocasionalmente otros materiales.

Las balas de dos elementos se producen en general con una cubierta de latón, cobre, cuproniquel, acero y acero latonado con un núcleo interior de plomo antimoniado, acero, aluminio o de otros materiales.

Con respecto a las balas especiales, la bala perforante lleva en el interior un núcleo de acero, en punta con un relleno de plomo y cerrada en el culote con un opérculo metálico. La bala trazadora es también blindada, su ojiva rellena con un núcleo de plomo y el cuerpo con una mezcla pirotécnica formulada con un cierto contenido de magnesio o silicio y nitrato de estroncio que al ser disparada se enciende y emite una luz roja.

La bala incendiaria es análoga a la perforante pero en lugar de relleno de plomo, lleva una carga pirotécnica que se enciende al impacto por fricción y provoca una ignición en los materiales combustibles a los que se dispara. Esta mezcla pirotécnica se formula a base de magnesio (da color), nitrato de bario (agente oxidante), aluminio (da una luz fuerte) y "termite". Este "termite" es una mezcla de pólvora de aluminio con óxido ferroso la cual cuando prende no es posible sofocarla con agua (19). Estas mezclas pirotécnicas consisten de agentes oxidantes fuertes, materiales fácilmente oxidables, otros que actúan como aglutinantes y alteran el carácter de la llama, junto con el producto químico mismo que produce el efecto esperado en la bala.

### 3.3 Cartuchos de aluminio y consumibles.

El aluminio es un material muy ligero y tan resistente como el latón o el acero por lo cual en los años 70's se comenzó a investigar sobre su uso en cartuchos de pequeños calibres, en sus inicios se utilizó aluminio de un 99.99% de pureza, rolándose hojas de 0.015 y 0.065 pulg., desarrollándose altos grados de homogeneidad en los cascos terminados, obteniéndose características de dureza y tamaño de grano adecuados con los recocidos idóneos(20). Al cartucho terminado se le realizaron pruebas balísticas demostrándose la factibilidad de su fabricación (21).

El aluminio es menos caro que el latón y se usa para obtener una aleación base conteniendo: Mg 6-8%, Cr 0.1-0.2%, Fe 0.5%, Si 0.5%, Zn 0.5%, Mn 0.4%, Ca 0.4%, Ti 0.15% y Be 0.02%. Después de elaborar la tacilla por embutición, esta se recoce a 550-800°F por 5.5-6 h, enseguida es embutida obteniendo un 1/er estirado recomendándose un recocido estabilizador por 4-8 h. a 250-355°C, siguiendo el mismo proceso de fabricación del casco de latón 70/30 (22), con la variante de utilizar un tratamiento termomecánico para endurecer únicamente la cabeza del casco (23).

Después de tres años de haberse producido el cartucho se presentó un problema de corrosión en el casco, el cual fue detectado visualmente por un ataque al mismo cuando fueron sumergidos en una solución 0.1 N de NaCl. (24).

Para solucionar este problema se informó que al incorporar  $Al_2O_3$  a la aleación de alta pureza de aluminio el mismo se eliminó, (25). Cuando se presenta el problema de corrosión en el cartucho éste influye en la trayectoria de la bala ya que el gas fluye del principio al fin de la trayectoria (26). Otra forma de eliminar este problema es asegurando la no formación de grietas en la fabricación del casco, aplicándole un recocido de 6-8 h. a 282.2-375.5 °C.

Con respecto a la capaula, éstas son recocidas a una temperatura intermedia, introduciéndola en el alofamiento destinado para ello del casco y aplicándole calor (27).

La tendencia actual en cuanto a materiales de fabricación de cartuchos es elaborarlos con materiales combustibles como por ejemplo casco de cáscara de papel con cera (28), de pulpa de papel kraft y nitrocelulosa (29) así como de polisulfonas (30). La finalidad de buscar materiales combustibles para la fabricación del cartucho es para no dejar residuos en el cañón del arma y eliminar el sistema de expulsión (31). El cartucho combustible se recubre con una composición de nitrato de amonio 80-95% en un aglutinante polivinílico con un punto de deflagración mayor de 200°C teniendo como finalidad proteger al casco de la humedad y mejorar sus propiedades mecánicas (32).

La bala continúa siendo de plomo antimonioso con una recubierta de latón 90/10 , el desarrollo del cartucho consumible dió por resultado un incremento en la producción, mayor seguridad operacional y bajos costos de control y equipo (33).

## 4 PROPELENTES E INICIADORES

### 4.1 Concepto explosivo

Un explosivo es una sustancia o mezcla de sustancias capaz de experimentar una reacción química durante la cual se desprende en un tiempo muy corto una gran cantidad de gases a una alta temperatura(34).

Los explosivos pueden ser clasificados de muchas maneras por ejemplo según su naturaleza química, potencial o velocidad de detonación, pero comúnmente son divididos en bajos explosivos también llamados propulsores que actúan por deflagración y que sirven para lanzar un proyectil por medio de un arma de fuego y en altos explosivos llamados detonadores, explosivos iniciadores, iniciadores o explosivos primarios que son destinados a detonar un explosivo produciendo efecto de rotura. Un explosivo puede ser un compuesto definido como la nitroglicerina o una mezcla como la pólvora.

En la pólvora como en muchos otros explosivos el oxígeno está presente en forma fácilmente asequible de modo que la combustión tiene lugar aun cuando se encuentre en un recipiente cerrado, el rápido cambio de fase sólida a gas a alta temperatura causa el efecto propulsor o de estallido de un explosivo.

Una característica importante de todos los explosivos es el balance de oxígeno que es la relación del contenido de oxígeno del explosivo entre el oxígeno total necesario para convertirlo en dióxido de carbono, agua , etc. El balance de oxígeno se expresa como un porcentaje del oxígeno total necesario para que se lleve a cabo el estallido en un recipiente cerrado. Aunque algunos explosivos como la azida de plomo no implican reacciones de oxidación y por lo tanto puede decirse que no tienen un balance de oxígeno, en la mayoría de los explosivos se presenta esta característica

Por ejemplo, el balance de oxígeno de los explosivos dinitrato de glicol y nitroglicerina es;

Explosivo		Balance de oxígeno
$C_2 H_4 N_2 O_6 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + N_2$		100% o 0%
Dinitrato de glicol		
$C_3 H_5 N_3 O_9 \longrightarrow 3CO_2 + 5/2H_2O + 1/4O_2 + 3/2N_2$		-105.9% o 5.9%
Nitroglicerina		

Así en forma general para una composición dada:  $C_a H_b N_c O_d$

el balance de oxígeno será:  $(B.O.)_{TOTAL} = \frac{d}{2a + b/2} \cdot 100$

o bien  $(B.O.)_{EXCESO} = \frac{d - (2a + b/2)}{2a + b/2} \cdot 100 = (B.O.)_{TOTAL} - 100$

En la tabla 4.1 pág. 38 se resumen en forma cronológica algunas fechas importantes en la historia de los explosivos.

Los explosivos son grupos de moléculas que contienen átomos que cambian su posición en su estructura molecular bajo la influencia de un choque, calor, chispa eléctrica o rozamiento. En muchos explosivos se encuentran los grupos químicos nitrato ( $-ONO_2$ ), nitro ( $NO_2$ ), fulminato ( $-ONO$ ), azida ( $-N=N=N$ ).

La determinación de las características explosivas de una sustancia es empírica, pero la medida del poder calorífico, velocidad de combustión y detonación, capacidad destructiva, sensibilidad etc. refleja la aplicación de instrumentos modernos al estudio de fenómenos de alta velocidad; los resultados y logros obtenidos son un tributo a la habilidad de los científicos y técnicos dedicados al estudio de los explosivos.

La potencia o fuerza rompedora también llamada "brisanca" se mide por el ensayo de la bomba de arena que consiste en hacer estallar una cantidad fija de explosivo en un recipiente de

TABLA 4.1 ALGUNAS FECHAS NOTABLES EN LA HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS.

1230-50 D. DE J.C.	LA POLVORA ERA YA CONOCIDA Y USADA POR CHINOS, ARABES E HUNOS
1267	ROGER BACON DESCRIBE LA POLVORA NEGRA
1328	SCHWAB INVESTIGA SU PODER PROPULSION
1346	FUE USADA POR LOS INGLESES EN LA BATALLA DE CRECY
1425	POLVORA GRANULADA
1604	DESARROLLO DE ORDENANZAS Y ARMAS DE FUEGO, "FLAMMANTO DE ORO"
1605	LA CONSOLIDACION DE LA POLVORA
1771	EMPLEO DEL METAL AMONIO COMO REDOXANTE, ALGUNOS SUS PROPIEDADES EXPLOSIVAS NO FUERON DESCUBIERTAS HASTA 1805 Y USADAS HASTA 1805
1788	BERTHOLLET DESCUBRE EL FLAMMANTO DE PLATA
1800	NEPARD INVENTA EL FLAMMANTO DE MERCURIO, DESCRIBIENDO SU DESTINACION PARA MINERIA ELECTROICA, IMPACTO Y ALGUNOS SUBPRODUCTOS CONCENTRADOS
1831	SE INTRODUCE LA MECANA DE SEGURIDAD CON CUBIERTA IMPERMEABLE
1836	SE INVENTA LA CÁPSULA DE RESOLUCION Y EL CASERA CON PERFORACION
1845	CONSERVACION DE SOLDADOS LA NITROCELULOSA
1846	SEABERY PREPARA LA NITROCELULOSA
1865	DINAMITA DE NEGRO, NITROCELULOSA CON TIERRA DE DIATOMEAS
1865	POLVORA CON HOMO A PARTIR DE MADERA NITRADA, BROWN Y FINE
1865	SE MEJORA LA DINAMITA A BASE DE NITROCELULOSA CON MADERA DE MADERA FINE Y CARBON
1875	NEGRO PATENTA UNA DINAMITA ESPECIAL QUE CONTIENE NITROCELULOSA Y NITRATO AMONIO CON PARTICULAS DE CARBON
1920	SE PATENTA COMO EXPLOSIVO LA AXA 2 CONOCIDA PATERNAZA COMO MEDICINA YA EN 1896
1925	PENTRITA UN ALTO EXPLOSIVO
1935	PROCESO SEGUIA CONTINUO PARA LA FABRICACION DE NITROCELULOSA
1940	DESARROLLO DE UNOS CARGANTES Y MATERIALES DE ARMAS EN UN PROYECTO NATO Y CONSIDERABLE PARA MODIFICAR LA COMPOSICION DE LOS

paredes resistentes que se llena con arena de grano estándar, la cual es triturada por la explosión. Esta se analiza por cribado y se mide su fuerza rompedora comparando sus resultados con la trituración provocada por un explosivo estándar.

La prueba de Trauz se usa para determinar la potencia del explosivo, es semejante a la anterior en esta prueba se hace estallar una cierta cantidad de explosivo en un cilindro de plomo suave y se mide el aumento de volumen provocado en el mismo, el cual es comparado con el experimentado por la misma cantidad de un explosivo patrón.

Esta fuerza o potencia explosiva se expresa como la energía liberada por unidad de peso cal/g o bien por comparación directa de una gelatina patrón por ejemplo la dinamita comercial, cuya fuerza explosiva se considera de 100%.

La sensibilidad que presenta un explosivo al impacto o choque se mide generalmente colocando una porción de explosivo en una placa de acero y se hace caer sobre esta un peso a alturas crecientes hasta que tiene lugar la inflamación. Los valores de sensibilidad se expresan en altura de caída de un determinado peso por ejemplo 1, 2 y 5 Kg.

La sensibilidad al frotamiento o rozamiento puede medirse mediante el ensayo del péndulo o por el del torpedo de acero. En el primero se extiende una muestra de explosivo en una delgada capa sobre una capa de acero y se hace que una zapata de acero oscile de un lado a otro a manera de un péndulo. El péndulo cae desde alturas crecientes hasta que la fuerza de rozamiento o de frotamiento producen la inflamación.

La sensibilidad al calor se mide colocando una pequeña porción de explosivo en un recipiente metálico de paredes delgadas y sumergiéndolo en un baño o bomba de temperatura controlada, la sensibilidad viene dada por la temperatura mas baja a que tiene lugar la inflamación o detonación. La mayoría de los explosivos tienen temperaturas de inflamación entre 175-350 C.

La sensibilidad a la chispa eléctrica se mide mediante un condensador y resistencia variable aumentando la energía de la chispa hasta que detone la muestra. Algunos explosivos son tan sensibles a una descarga eléctrica que pueden detonar por la descarga estática generada cuando una persona pasea por una alfombra o cuando se frota tejidos.

La sensibilidad a la onda de choque producida por un explosivo iniciador puede medirse por el ensayo de la tarjeta. En esta prueba el iniciador o explosivo detonador se separa de la muestra a ensayar por un tabique, cuyo grosor se aumenta progresivamente hasta que el explosivo receptor ya no estalle. Dichos tabiques pueden hacerse insertando discos delgados de acetato de celulosa. Este es un parámetro importante en el proyecto y uso de cápsulas iniciadoras (35).

#### 4.2 Explosivos iniciadores

Los explosivos iniciadores son aquellos que detonan fácilmente por calor, choque o rozamiento los más adecuados para preparar una mezcla iniciadora son:

Fulminato de mercurio: es uno de los explosivos iniciadores más antiguamente usados en las cápsulas iniciadoras es sensible al choque, rozamiento y al calor.

Azida de plomo: es menos sensible al choque y al calor así como al rozamiento que el fulminato de mercurio. Aunque éste tiene una rapidez de detonación, fuerza rompedora y poder explosivo ligeramente menor al fulminato de mercurio es un mejor iniciador de detonación ya que es más estable que el fulminato de mercurio por lo que es usada en mezclas para cápsulas iniciadoras (36).

“Tetraceno”: Tiene una temperatura de inflamación bastante más baja que la del fulminato de mercurio aunque los dos son del mismo orden de sensibilidad al choque. Por la sensibilidad de inflamación es utilizado como un aditivo en mezclas de cápsulas iniciadoras..



Estifnato de plomo; es menos sensible al choque y al rozamiento que el fulminato de mercurio y la azida de plomo pero es mas sensible al calor que estos, al estallar produce una fuerte detonación y gran flama por lo que es muy recomendable para ser usado como iniciador en mezclas para cápsulas de cartuchos.

Existen otros explosivos iniciadores pero no tienen las características adecuadas para ser usados como iniciadores en el cebado de una cápsula para cartuchos de pequeños calibres siendo los más adecuados los fulminatos y el trinitrotresorcinato de plomo.(37)

#### 4.2.1 Mezclas de iniciación.

Normalmente las cargas de iniciación para las cápsulas de un cartucho están formadas por mezclas entre las que se encuentran:

Mezcla fulminato de mercurio. se realiza con sales del ácido nítrico, un friccionante y el explosivo primario mismo.

Mixto trinitrotresorcinato de plomo: se realiza a base de una mezcla en húmedo a fin de hacerlo mas seguro , la mezcla puede producir una flama de iniciación para encender la carga de proyección del cartucho, además de tener una sensibilidad al choque de 5cm. de altura con el pilón de 2 Kg. debido a su mezcla primaria. El mixto trinitrotresorcinato de plomo contiene sales de bario ( $Ba(NO_3)_2$ ), por lo que se considera no corrosiva.

Mezcla llamada "Eleyprime": Esta es considerada la mezcla explosiva de más reciente avance en la fabricación de iniciadores no corrosivos, la cual consiste en hacer un polvo seco con componentes químicos de manera segura, este polvo seco es llamado "premix" Esta mezcla es necesario hacerla en dos periodos, en el primero un mezclado húmedo por la disolución del explosivo . Para la segunda etapa es necesario el secado de la primera y así agregar polvos secos de ácido estífnico, nitrato de bario y siliciuro de calcio. El Eleyprime elimina la fabricación y manejo de

volumenes altos del explosivo así como la complejidad del mezclado, presentando todas las ventajas del mixto trinitroresorcinato de plomo.(3)

#### 4.3. Propelentes o explosivos secundarios.

Un propulsor o propelente se define como un explosivo que sirve para impulsar proyectiles, el propulsor mas antiguo utilizado es la pólvora negra que tiene la composición siguiente para usos militares:

Nitrato de potasio	74%
Carbón vegetal	15.6%
Azufre	10.4%

Un propelente puede regular la rapidez de la combustión de modo que se eviten presiones excesivas a fin de conseguir los efectos balísticos deseados, si no es dominada la rapidez de la combustión el desarrollo de una presión excesiva puede provocar que la combustión se transforme en detonación con la consiguiente ruptura del cañón y la pérdida del efecto balístico.

En la inflamación de una pólvora propulsora es necesario conseguir dos factores; la rapidez con que se libera la energía y la energía total liberada por la pólvora. Estos factores caracterizan la "ballística interior". El primer perfeccionamiento notable para controlar estas cualidades en una pólvora ocurre cuando se descubrió que podría regularse la rapidez con que se libera la energía dando forma y densidad conveniente al grano de la pólvora. Para ello la pólvora finamente dividida fue comprimida en granos con forma geométrica definida, realizándole un orificio a esta forma se pudo controlar el curso regresivo de la combustión de un grano macizo. Este descubrimiento tuvo gran importancia ya que permitió el uso de armas más ligeras por la posibilidad de que el fabricante proporcionara pólvoras que dieran presiones bajas durante tiempos largos en lugar de presiones

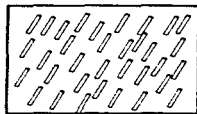
elevadas en tiempos cortos. Aunque la pólvora negra fue el único propulsor durante varios siglos su uso dejaba mucho que desear ya que ensuciaba mucho el arma, además de ir acompañada por una corrosión excesiva es muy higroscópica y exige un cuidado excesivo en su manejo para mantenerla seca y utilizable. Para fines militares tiene el inconveniente de producir gran cantidad de humo y en la mayoría de los casos brillantes flogonazos lo que revela la ubicación del arma al enemigo.

Para contrarrestar estos inconvenientes se realizaron investigaciones hasta llegar al descubrimiento de la nitrocelulosa que es la base de todas las pólvoras. La primera pólvora desarrollada fue la Schotze que consiste en nitrocelulosa mezclada con nitrato de sodio y potasio, esta arde con gran rapidez y no es apropiada para armas rayadas. La nitrocelulosa al ser mezclada con alcohol y éter produce una masa que es posible laminar en hojas delgadas dándole una forma definida dando lugar a la pólvora B.

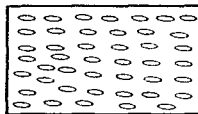
Cuando el único explosivo que se emplea en la fabricación de una pólvora sin humo es nitrocelulosa con un contenido de nitrógeno superior a 13.5 % se le conoce como pólvora de una sola base o simple base; cuando son utilizados dos o más ingredientes explosivos se le conoce como pólvora de doble base siendo los granos más frágiles. Para cartuchos de pequeños calibros se usan pólvoras de simple y doble base.

Como se menciona anteriormente la combustión es controlada con la geometría del grano y la composición química de la pólvora siendo las formas más comunes de fabricación copos o escamas, tiras, potillas y cilíndricas, esta forma es la más empleada en E.U. y en los países europeos la forma más usual es de tiras, escamas y cordones (Fig. 4.1.).

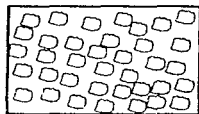
A las pólvoras de simple y doble base se les agregan algunos estabilizadores, para que sean sin llama se les adicionan sales potásicas de los ácidos sulfúrico, nítrico, fosfórico, clorhídrico, oxálico, tartárico, etc.. También se agrega grafito en la cubierta de la pólvora para hacerla deslizante y obtener un llenado continuo en la carga del cartucho.(38).



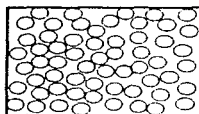
CILINDRO



LENTEJAS



ESCAMAS



ESFERAS

FIG. 4.1 FORMAS DE POLVORAS SIN HUMO

En forma general las pólvoras de doble base contienen un potencial balístico mayor que la de simple base y son muy poco higroscópicas, teniendo un comportamiento más uniforme, con esta pólvora es difícil conseguir que no se produzcan fognazos porque su temperatura de combustión es elevada provocando una erosión excesiva en el cañón del arma, por otro lado la nitroglicerina es muy peligrosa de manejar.(39).

### 5 DISCUSIÓN

El cartucho metálico actual moderno consta de los mismos cuatro elementos que allá por los años 1550 aunque estaban separados se juntaban para hacer el disparo:

#### CARGA DE UN ARMA DE FUEGO

1550	Actual
polvorín de cebo	cápsula iniciadora
pólvora propulsora	pólvora propulsora
taco obturador	casco
bala	bala
total disparo	total cartucho

En un principio quizá sorprenda que se equipare el taco antiguo con el casco actual. Pero si se compara con su función esto resulta más natural. En las armas de fuego de 1550 la recámara era prácticamente el casco y el taco con ayuda de la bala simplemente la transformaban en un vaso cerrado, lleno de pólvora en donde se realizaba la combustión, el casco actual no es ni más ni menos que eso si se observa que también tiene la importantísima misión de asegurar la obturación.

Desde su aparición en 1850 es notable la persistencia y desarrollo del cartucho de percusión anular excéntrico no encontrándose indicios hasta hoy de que vaya a desaparecer, ya que por sus características sigue satisfaciendo las exigencias requeridas por el desarrollo de las armas.

Un arma (fig. 5.1. pag. 47.) sin cartucho o cartucho sin arma no tiene sentido, por lo tanto el conjunto arma-cartucho puede considerarse una máquina térmica la cual transforma una energía química acumulada en la pólvora y liberada en forma de calor, en una energía mecánica desarrollada por la bala al ser disparada.

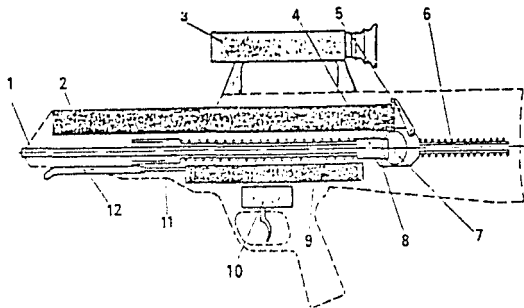


Fig 51. Vista en corte (esquemática) del fusil G11 de Heckler & Koch. Leyenda: 1 - Cañón. 2 - Cargador. 3 - Anteojo de puntería. 4 - Mecanismo de mando. 5 - Alimentación. 6 - Recuperador. 7 - Cierre de cilindro gratorio. 8 - Cañón de mecanismos. 9 - Contador de disparos. 10 - Disparador. 11 - Pistón hueco de toma de gases. 12 - Palanca de armado.

La fabricación de cartuchos requiere de conocimientos químicos, metalográficos, físicos etc. aunado a un estricto control de calidad con parámetros muy reducidos en su manufactura ya que de una falla en su fabricación puede depender una vida humana. Además de lo anterior se requieren rigurosas normas de higiene y seguridad industrial ya que al manejar explosivos cualquier fricción, chispa o carga electrostática puede provocar una explosión con consecuencias desastrosas.

El casco del cartucho producido en México es de latón 70-30 designado por ASTM como latón de cartuchería 2 600 el cual debe ser de primera fundición. No se desarrollan investigaciones al respecto para cambiar este material por el aluminio o materiales combustibles como ocurre en el resto del mundo por carecer del apoyo económico y técnico.

La bala es fabricada de núcleo de plomo-antimonio con chaqueta de latón 90-10 para bala normal y con cargas especiales cuando tienen algún fin específico como ocurre con la bala trazadora o incendiaria.

Las mezclas iniciadoras pueden ser a base del 2,4,6 trinitroresorcinato de plomo o fulminato de mercurio, en México se producen en base a este último aunque son muy corrosivas, peligrosas en su preparación, almacenamiento y uso por lo que a nivel mundial ya no son usadas, fabricándose las de base 2,4,6 trinitroresorcinato de plomo por ser poco peligrosas en su preparación, no higroscópicas y menos contaminantes en comparación con las del fulminato de mercurio.

A veces se presentan situaciones curiosas, por ejemplo con las cápsulas; la Berman se proyectó y puso a punto en América (E.U.A.) Berman fue un Coronel del ejército americano, pero se usa principalmente en Europa; mientras que la cápsula Boxer se usa principalmente en los E.U.A. y se desarrolló en Europa por el Coronel Boxer, del ejército inglés.....nadie es profeta en su tierra. Llama la atención el manejo de los calibres de los cartuchos bajo tres rubros indistintamente: diámetro de la bala en mm, en centésimas de pulgada o como fracción de pulgada, por ejem.: calibre 7.62 mm en todos ellos.



Al comparar el esquema de trabajo de las pólvoras propulsoras:

PÓLVORA  $\rightarrow$  GAS + CALOR  $\rightarrow$  GAS CALIENTE + PRESIÓN

con el de un motor de combustión interna:

GASOLINA + OXÍGENO  $\rightarrow$  GAS + CALOR  $\rightarrow$  GAS CALIENTE + PRESIÓN

Se observa que el de la pólvora es más simple, ya que no interviene el oxígeno puesto que ya lo lleva fijo en la molécula, lo que hace posible que la pólvora pueda arder en un sistema cerrado.

En relación a la pólvora utilizada en los cartuchos de pequeños calibres esta es comprada en su totalidad al extranjero, teniendo el inconveniente de una dependencia de esta materia prima, lo cual no es lo adecuado por lo estratégico que puede ser en un momento dado aunado a un alto costo.

La dependencia tecnológica de un país no productor respecto a la potencia que le vende conocimientos, es aplicable no nada más para las armas, sino también es aplicable para cualquier producto industrial o de consumo y dicha dependencia se extiende a los planos político, económico, social, etc. La frase acuñada por Don Venustiano Carranza es más profunda y su alcance es más universal de lo que a primera vista pudiera parecer, además de vigente y sempiterna.

ESTA  
SALIR  
DE LA  
TEJAS NO DEBE  
DE LA  
COTEDA

## 6. CONCLUSIONES

La fabricación y distribución de cartuchos de pequeños calibres en México es controlada en su totalidad por la S.D.N.

Su fabricación requiere de personal calificado y profesionales con amplios conocimientos de química, física, operaciones unitarias, química analítica, etc.

Se requiere también un estricto control analítico en todas las etapas de manufactura y disponer de materias primas de calidad.

Al manejar explosivos es indispensable la máxima seguridad porque cualquier error puede producir un accidente con sus consecuencias inherentes.

En nuestro país no existe investigación en cuanto a materiales de construcción de cartuchos utilizándose únicamente el latón 70/30, lo cual ya no ocurre en varios países ya que han sustituido este por el aluminio o materiales combustibles.

Las mezclas iniciadoras utilizadas en México a base de fulminato de mercurio ya no son usadas a nivel internacional, en el resto del mundo se usan las mezclas a base de 2,4,6-trinitroresorcinato de plomo por ser seguras en su preparación, prácticamente no corrosivas y menos contaminantes en comparación a las del fulminato de mercurio.

Los propelentes consumidos, no se producen en México, éstos son los disponibles en el mercado internacional. En éste y otros renglones se tiene una dependencia del extranjero.

El perfil documentativo para la fabricación de cartuchos de pequeños calibres es más bien escaso, debido tal vez a las políticas de los países que desarrollan su tecnología y la comercializan con carácter confidencial.

Este campo muestra un atraso tanto en investigación y desarrollo como productivo, habrá que trabajar arduamente para ser y así cumplir una de las funciones de la actual D.G.F.D.N.<sup>1</sup>

---

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Lanza G. F.-Tratado de cartucheria, Edit. Gustavo Gili, España, 1978.
- 2) D.I.M.- Fabrica Nacional de Cartuchos: azaroso nacer y útil culminación. Revista del Depto. de la Industria Militar. Órgano Oficial del D.I.M. 1972,(1),18.
- 3)Martinez P.V.M.- Estudio de diferentes explosivos iniciadores y su aplicación a la producción de cápsulas de la fabrica de cartuchos del D.I.M., Tesis profesional, E.M.I, México, 1989.
- 4) S.D.N.-Ley Orgánica del Ejercito y Fuerza Aérea. Vol. V: Serie del Reglamento General de Deberes Militares. México, 1996.
- 5) A.S.T.M.- Norm B-19-83 Cartridge Brass, Sheet, Strip, Plate, bar and Disks. American Society for Testing and Materials Staff Ed.. Md. U.S.A. 1991.
- 6) Molina L. A.- La Cartucheria de las armas ligeras, Editado por el ministerio de la defensa, España, 1988.
- 7) Jastzebak Z.- Naturaleza y propiedades de los Materiales para Ingeniería, (2a edición), Editorial Interamericana, México, 1980.
- 8) Brands R.- Elimination of airborne lead contamination from caliber 0.22 ammunition; Govt Rep. Announce Index (U.S.), 87(19), (1987), Chem. Ab., 108, 115217s, (1988).
- 9) Vandecasteele C.- Element concentrations in the air of an indoor shooting range; Environ Technol Lett, 2(11), 1287, (1988), Chem. Ab., 110, 441000b, (1989).
- 10) Robbins S.K. Et al.- Controlling airborne lead in indoor firing ranges. Appl. Occup. Environ Hyg., 2(7), 435 (1990), Chem. Ab., 114, 253177d, (1991).
- 11) Syen Resk.- Effect of lacquers on stress corrosion of brass. Korros Ytskydd, 1(2), 32, (1966), (Swed) . Chem. Ab., 66, 86677y, (1967).

- 12) Cuerpo de redacción de la Enciclopedia Británica.-Enciclopedia BARSÁ; Tomo VI, la Edición, México, 1980.
- 13) Imperial Metal Industries.- Propellants Ltd. Neth. Appl. 77 09/783 (1978) Chem. Abs., 82, 181942r, (1978).
- 14) Dynantit Nobel A.- Continuous preparation of explosive mixtures. Belg. PAT: 876 862, (1979), Chem. Abs., 24, 124133f, (1981).
- 15) Danfoss A/s.- Material for bell and soleet joints. Ger PAT.1 240 908 (1967), Chem. Abs., 67, 56563m, (1967).
- 16) Manufacture of Machines de Haut-Rbin S.A. Brit.- Process for manufacturing steel cartridge cases for firearm ammunition. Brit. PAT. 1 445 533 (1976) Chem. Abs., 86, 32685u, (1977).
- 17) Williams, L.T.G. and Newton D.J.- Corrosion of the Zinc Plated steel 30 mm DEFA case. Rep. Aust., Mater Res. Lab. 1975, 632, 14 pp., Chem. Abs., 88, 160577p, (1978).
- 18) Knuckey P. J. Et al.- An aspect of the internal corrosion of DEFA cases. Tech. Note - Mater. Res. Lab. (Aust.) 1980, MRL-TN-440, 16 pp., Chem. Abs., 24, 212734h, (1981).
- 19) Austin R.G. (Ed).- Manual de Procesos Químicos en la Industria, 1/a. Edición en español trad. De la 5a Edic. en inglés de Shreve R. N. "Chemical Proccas Industries", Editorial Mc. Graw Hill, México D.F. (1988).
- 20) Rogers R. W. Et al.- Feasibility study for development of aluminum alloy for fabrication of small arms cartridge cases. U.S. Nat. Tech. Inform. Serv., A D Rep. 1972, No. 749508, Chem. Abs., 78, 127559e, (1973).

- 21)Donnard, Et al.- Aluminum cartridge case feasibility study using the M16A1 rifle with the 5.5 mm ball ammunition as the test vehicle. U. S. Nat. Tech. Inform. Serv. AD Rep. 1972, No. 762139, (Eng.) Avnil NTIS, from Gov. Rep. Announce (U.S.) 1973, 73 (15), 200. Chem. Abs., 79, 139212v, (1973).
- 22)Winter J., Et al.; Aluminum cartridge case. U. S. PAT: 3, 761 322, 25 Sep. 1973, Chem. Abs., 80, 29965f, (1994).
- 23)George H. P.- Metallurgical advances for aluminum cartridge case application. U. S. Nat. Tech. Inform. Serv. AD Rep. 1973, No.769861/16 G. A. , Chem. Abs., 80, 111619e, (1974).
- 24)Polensky M.A.and Gallaccio A.- Streas corrosion susceptibility of aluminum cartridge cases. Corrosion (Houston), 32(8), 312 (1976), Chem. Abs., 85, 165273j, (1976).
- 25)Gruner F.R.- Lightweight cartridge case of improved aluminum alloy material which eliminates catastrophic failures. U.S. Pat: 3 924 534, 09 Dec 1975, Chem. Abs., 84, 168452g, (1976).
- 26)Squire W. H., Et al.- A critical assesment of aluminum cartridge case failure mechanism. U.S. NTIS. AD Rep. 1976, AD-AO28269, Chem. Abs., 86, 46412q, (1977).
- 27)Rogors R. W. Jr.- Aluminum cartridge case.U.S. PAT: 3984 259, 05 Oct. 1976, Chem. Abs., 86, 46554n, (1977).
- 28)Hoaly N. A.- Shell for cartridgeing slurry explosives compositions. African PAT: 7801 935, 28 Nov 1979, Chem. Abs., 93, 97927p, (1980).
- 29)Kassamatsu J.- Manufacture of ignitios for firing gun powder. JP: 05 00 878, 08 Jan 1993 Chem. Abs., 118, 150551z, (1993).

- 30)Mc. Culloch CH. Et al.- Propellant and consumable cartridge. U.S. PAT. 473 456,  
28 May 1974, Avail NTIS, Chem. Abs. 85, 179850g (1976).
- 31) Miguel A. S.- Consumable cartridge casing. U.S. PAT: 3 989 792, 2 Nov. 1976., Chem.  
Abs., 86, 57647w, (1977).
- 32) Eich J.- Combustible propellant containers with improved temperature resistance.,  
Eur. Pat. Appl EP 260 419 , Chem. Abs., 109, 170037c, (1988).
- 33)Boonett P. C. Et al.-Combustible-case ordnance manufacturing., Int. jahrestag-Fraunhofer-  
Inst. Treib-Explosivst, 1987, 18 th , Chem. Abs., 107, 239328c, (1987).
- 34) Carrico/ Condeca; Gran Enciclopedia Larousse, Tomo V, Tercera Edición, Barcelona,  
España, 1977..
- 35) Munro L. A.- Química en Ingeniería, 1a. edición única traducción autorizada al castellano  
de la obra en la lengua inglesa Chemistry in Engineering, Edit. URMO, Bilbao  
España, 1967.
- 36) Fedoroff B.T. E t al.- Encyclopedia of explosives and Related Items. Picatinny Arsenal,  
Dover, N.Y. U.S.A. 1960.
- 37) Kirk D.F. and Othmer F.D.- Enciclopedia de Tecnología Química, 1a. Ed. Esp. Trad. de  
la 2a. De. en inglés. U.T.E.H.A., Barcelona, España, 1962.
- 38) Stiefel L. Et al.- High bulk Density extruded propellant for small arm. cartridges, U.S.  
PAT: 3 897 733, 05 Aug 1975, 4 pp, Chem. Abs., 83, 195 950d, (1975).
- 39) Chanbrase K. Et al.- Encyclopedia of Physical, Science and Technology, Vol. 5, 1a.  
Edit. Robert A. Meyer, Orlando Florida, U.S.A., 1987.