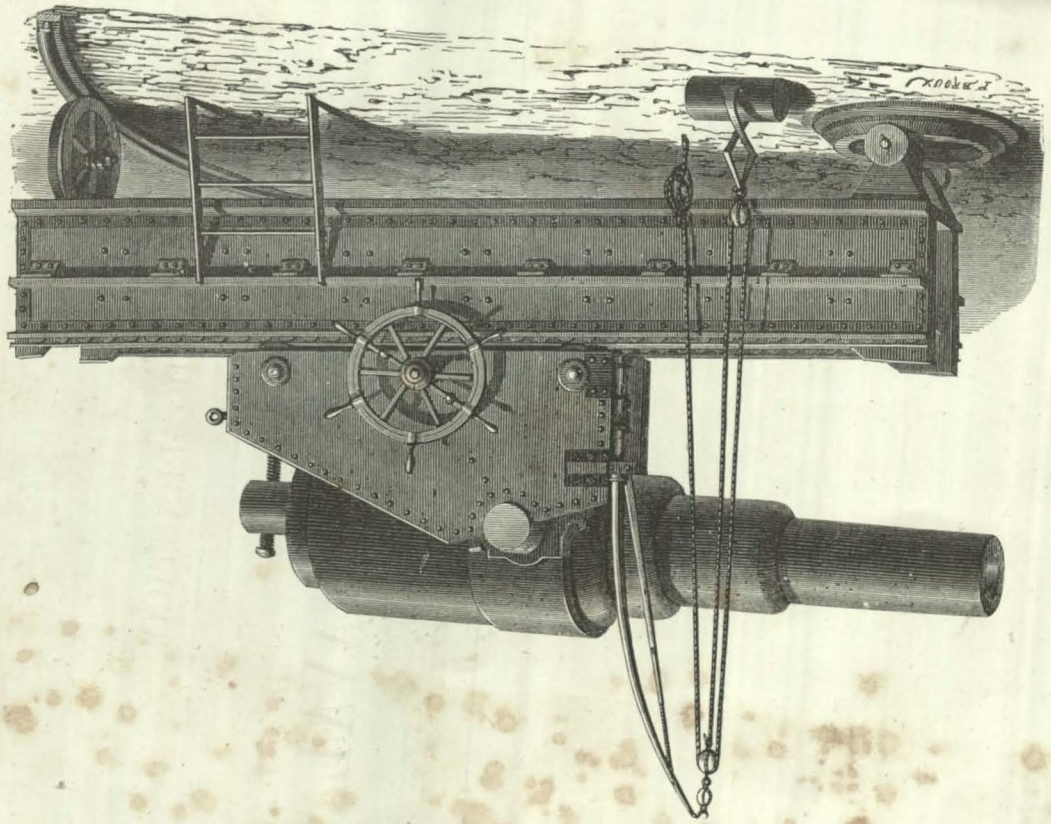


Para el Sr. Secretario de Negocios Extranjeros con la seguridad que puede merecerle su persona.

TRATADO PRACTICO

DE

ARTILLERÍA NAVAL

Conocimiento de estas y de sus antiguas

Cordialmente

Gual

25 - X/140

TRATADO PRACTICO

DE

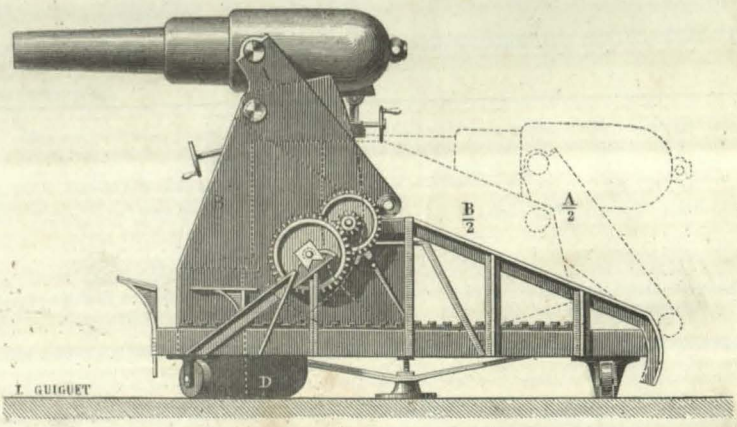
ARTILLERÍA NAVAL

POR

D. G. L. PAREJA

CAPITAN DE CORBETA

ILUSTRADO CON GRABADOS



CORBEIL

IMPRENTA DE CRÉTÉ HIJO

Traduccion y reproduccio reservada.

Aquel que cree hacer un servicio al cuerpo á que pertenece, es acreedor á la indulgencia.

El trabajo que tengo el honor de presentar á mis compañeros, no es completo, tiene faltas que dejo á otros mas inteligentes que yo el cuidado de mejorar. Los datos que me han servido para hacerlo, son tomados de las obras mas importantes sobre este ramo en Inglés y francés y mi única tarea ha sido el recopilarlos cuidando de extractar la parte mas útil y que pueda servir de algun provecho á los principiantes en el estudio de esta arma.

Ruego pues á mis compañeros lo acojan con benevolencia y así habran satisfecho mi única ambicion.

Gmo L. PAREJA.

Burdeos, Julio 30 de 1871.

CAP. DE NAVIO
JULIO J. ELIAS MURGUIA

ARTILLERIA

CAPÍTULO I

RESUMEN DE LA HISTORIA DE LA ARTILLERIA ANTIGUA

La palabra *artillería* es de orígen muy remoto. Mucho ántes del descubrimiento de las armas de fuego, esta palabra servia para designar las máquinas variadas de la antigua balística y todo el material de guerra. Despues del descubrimiento de la pólvora y sus empleos para las armas de guerra, la palabra *artillería* servia para designar los diversos tubos de hierro que se fabricaban para lanzar proyectiles por medio de la pólvora. Habiéndose multiplicado mas tarde las armas de fuego, desaparecieron las antiguas máquinas de sitio y por una transicion natural, el material de guerra no comprendia ya sino las armas de fuego.

El nombre que se les dió á las primeras armas de fuego fue *cañon*, cuyo nombre conservan hasta hoy. Segun muchos etimologistas, esta palabra se deriva del latin *canna* que significa tubo ó caña, pero no es muy probable que los hombres de guerra de la edad media poco instruidos de profesion hayan ido á buscar una palabra que no daba sino muy lejana idea de la forma de las armas nuevas, por lo cual estamos mas inclinados á ser de la opinion de aquellos que creen que las primeras armas de fuego fueron llamadas *cañones* á causa de su semejanza con la antigua medida para bever llamada en francés *canon*, en flamenco *kan* y *quenne* en Tournay y Valenciennes.

Hácia la misma época, en otros paises se le llamaba á los cañones á causa del ruido que hacian cuando se descargaban, *máquinas de truenos* y *donderbers*, que significa *tubo de trueno*.

Segun el historiador español Conde, los arabes fueron los primeros que emplearon el cañon en Europa. Sitiados en 1259 en Niebla (España) por las poblaciones cuyo territorio habian invadido, se defendieron lanzando piedras y flechas « con máquinas de trueno con fuego. » El mismo historiador trae otro ejemplo del uso del cañon en España en 1323, cuando el Rey de Granada habiendo sitiado á Baza, se sirvió contra esta ciudad « de máquinas y aparatos que lanzaban globos de fuego con gran trueno. »

Apesar de estos datos y de que el mismo Conde tratando sobre las *Pólvoras de guerra* de que el Sultan de Marruecos Abou-Yousouf hizo uso para lanzar balas de piedra en el sitio de Sidjilmessa en 1273, como no existe ninguna obra técnica sobre la artillería de aquella época, es difícil saber si las máquinas de fuego de que habla el historiador español eran verdaderamente cañones, ó si no eran simplemente aquellas ballestas, aquellas máquinas de fundir que hacia tiempo usaban los arabes y pueblos occidentales para lanzar materias combustibles y carcasas incendiarias que arrojadas por encima de las murallas de las ciudades se inflamaban en el aire con una esplosion violenta.

La primacia del cañon no podria disputársele á la Italia por falta de testos mas positivos. M. Libri en su *Historia de las ciencias matemáticas en Italia*, publica el testo de una pieza auténtica de la República de Florencia fechada el 11 de Febrero de 1325, en la cual hace constar que *los Priores, el Gonfalonero y los doce buenos hombres* (1) tenian la facultad de nombrar dos oficiales encargados de fabricar balas de hierro y cañones de metal para la defensa de los castillos y de los pueblos pertenecientes á la República de Florencia. Esta pieza cuyo testo se conserva aun, prueba la existencia de las armas de fuego en Italia en 1325.

(1) Los doce buenos hombres eran los magistrados municipales.

Los primeros cañones que se fabricaron fueron los llamados *bombardas*, del término radical *bom* que significa ruido; eran estas, tubos de muy pequeñas dimensiones con una perforacion en la culata que les servia de oido. En seguida vinieron los *vogheleer*, palabra flamenca que significa *pajarero*; estos eran formados de dos partes que se adaptaban perfectamente la una á la otra : la *recámara* y el *último tercio*. La recámara se manejaba por medio de una asa que para el efecto tenia adaptada : el último tercio ó cañon, era un simple tubo de fierro abierto en sus dos estremidades. Cada *pajarero* tenia en general muchas recámaras por cuyo sistema se podia cargar una miéntras se hacia fuego con otra y de este modo se conseguia hacer un fuego mas rápido con ellos que con las bombardas.

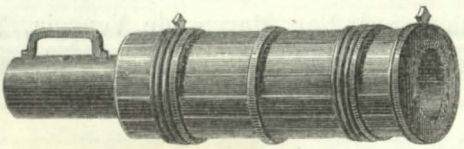


Fig. 1. — Vogheleer del Museo de armas de Bruselas.

La figura 1 representa una vogheleer ó pajarera de un metro de largo y veinte centimetros de diámetro para su calibre. Esta pieza junto con algunas balas de piedra, gran variedad de instrumentos de fierro que servian sin duda para cargarla y cuatro recámaras, fueron sacadas en 1858 de los pozos del castillo de Bouvignes, cerca de Dinant (Bélgica), endonde habian sido arrojadas junto con los defensores de este castillo cuando los franceses tomaron por asalto á la ciudad de Dinant en 1554.

Las primeras bombardas eran tan pequeñas que no tenían cureña; la figura 2 nos dá una idea de ellas.

El diseño de esta bombarda es sacado de la obra de Valturius *De re militari* escrita en latin en la primera mitad del siglo XV.; con ella podia hacerse fuego colocándola en tierra sobre su

cureña, ó bien sobre el hombro derecho de un soldado el cual la prendia con la mano izquierda.

El ánima de las bombardas no era siempre cilíndrica, muchas

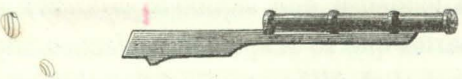


Fig. 2. — Bombarda colocada sobre una cureña de mano.

veces tenia la forma de un cono truncado, su parte posterior era mas delgada y se terminaba en un boton ó en una cola bien sea recta ó curba la cual podia fijarse en tierra.

El general francés Favé ha extraido algunos dibujos de un *Tratado de las máquinas* (*De machinis libri decem*) escrito en 1449, por Marianus Jacobus, titulado Taconole, manuscrito que pertenece á la biblioteca de San Marcos de Venecia. Trataremos de reproducir algunos de dichos diseños creyéndolos de utilidad, pues ellos representan las formas de bombardas usadas en Italia en aquella época.

En la figura 3, la recámara ó ánima de la bombarda A, es de

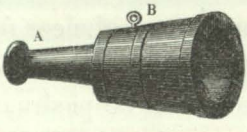


Fig. 3. — Bombarba segun Marianus Jacobus.

forma cónica, lo cual permite arrojar proyectiles de diferentes dimensiones. El cuerpo B, tambien es de forma cónica.

En la figura 4, siendo el ánima mas larga y cilíndrica, el tiro tenia mas seguridad y alcance.

Segun Barbour, los cañones fueron empleados por los ingleses en la batalla de Warewater en el año de 1327 y no cabe duda que en la batalla de Cressy contra los franceses, en el año de 1346, estos mismos emplearon cuatro cañones los cuales hi-

cieron grandes estragos en las filas francesas « por ser en aquella época completamente ignorada la artillería en Francia. »

Daremos una idea de la primera cureña que se empleó para la artillería ; la figura 5 representa el sistema usado por los italianos y al cual estos daban el nombre de *cerbatana*.

Podemos decir que el segundo periodo de la artillería principió

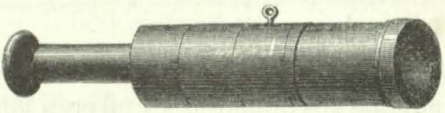


Fig. 4. — Bombarda segun Jacobus.

en el año de 1360, época en que comenzaron á construirse cañones de mayor calibre y se perfeccionaron los antiguos; se construian ya cañones de diferentes calibres; habia artillería de grueso calibre y artillería lijera; la primera, que lanzaba solo balas de piedra, servia para el ataque y defensa de las ciudades y la segunda que arrojaba proyectiles de metal era usada contra los hombres y sus armaduras.

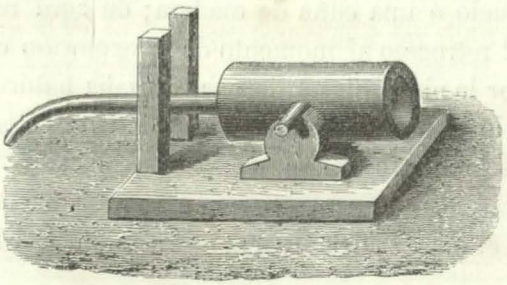


Fig. 5. — Cerbatana italiana.

La primera bombarda de grueso calibre de que nos habla la historia fué aquella de que hicieron uso los defensores del castillo de Pietra-Buona sitiados por los Pisanos en el año de 1362;

su peso era de dos mil libras, peso considerado extraordinariamente grande aun por los italianos que eran en ese tiempo los mas adelantados en la artillería. Poco despues, en 1375, se construyó en Caen (Francia) por el italiano Bernardo de Montferrat, una bombarda de grueso calibre para el sitio de Saint-Sauveur; su peso era de 2,300 libras.

Los primeros cañones se construian de barras de fierro soldadas en el sentido longitudinal y unidas y reforzadas con sunchos introducidos á fuerza de martillo.

En esta época casi todas las ciudades construian piezas de grueso calibre aunque sus dimensiones no eran tan grandes como las de aquellas de que acabamos de hablar. La palabra *bombarda* no se aplicaba ya á las piezas de pequeño calibre y solo servia para designar las grandes piezas que lanzaban balas de piedra.

Salvo algunas modificaciones en las formas de las cureñas y el calibre de las piezas, ninguna mejora se operó en la artillería hasta el año de 1480 en cuya época fueron inventados los muñones, mejora por cierto de grande importancia.

La culata de las armas de fuego que se empleaban en los siglos XIII. y XIV. estaban apoyadas contra un obstáculo cualquiera, el suelo ó una cuña de madera; de aquí resultaba que la fuerza del retroceso al momento de la explosion era toda ella soportada por la pieza misma, lo cual causaba naturalmente una pronta deterioracion. Todos estos inconvenientes desaparecieron con la invencion de los muñones.

No exajeraremos pues al decir que el descubrimiento de los muñones es el mayor adelanto que ha recibido la artillería desde su creacion.

El fin del siglo XVI. fué notable por la sublevacion de los Paises Bajos contra el poder colosal del succesor de Carlos Quinto, Felippe II. Este pequeño pueblo en los esfuerzos de la lucha, se ocupó en perfeccionar su artillería y llegó á sobrepasar por mucho á la española y las de todas las demas potencias

guerreras de ese tiempo, consistiendo su principal adelanto en el descubrimiento de la bomba ó bala hueca esplosiva.

Al mismo tiempo Mauricio y Fedérico de Nassau dirigieron succesivamento el material de guerra y bajo su inteligente impulso se adoptaron solamente cuatro calibres para la artillería : el de 48, 24, 12 y 6. Trataremos de reproducir el diseño de uno de ellos.

El peso de este cañon es de 4,500 libras ó 120 veces el peso del proyectil. El ánima tiene un largo de 20 calibres.

Hácia el año de 1640 se habia introducido la confusion en los calibres de Francia ; de los seis reglamentarios los tres últimos habian sido abandonados por creérseles muy pequeños ; se habian



Fig. 6. — Cañon de á 24 de los Paises Bajos.

fundido cañones de 12 y 24 y existia un gran número de otras piezas proporcionadas segun el capricho de los fundidores sin que ningun decreto hubiese prescripto las dimensiones. Poco á poco se redujo el calibre y á fines del siglo XVII. ya no se fundian en Francia sino cañones de 33, 24, 16, 12, 8 y 4.

Pocos cambios notables sufrió la artillería europea desde la mitad del siglo XVII. hasta la mitad del siglo siguiente. Hasta entónces la España, la Italia y aun la Turquía habian marchado á la cabeza de los progresos militares, pero á datar de Luis XIV. estas potencias no poseyeron ya sino una artillería tan decaida como su importancia política. En lo futuro no pudieron seguir sino de léjos el progreso de las naciones mas favorecidas, tales como la Francia, la Alemania, los Paises Bajos y bien pronto la Inglaterra.

Una de las principales adquisiciones de la artillería en aquella época fué el descubrimiento de la cureña marítima la cual difiere muy poco de la que hoy se usa.

Desde la época del establecimiento de los primeros sistemas de artillería, se adoptaron dos series de calibres de proyectiles, á saber : 64, 32, 16, 8, 4 y 2 la primera ; 96, 48, 24, 12, 6 y 3 la segunda.

Cuando se obtuvo alguna regularidad y simplicidad en las construcciones del material, no se tomaron sino los calibres cuyas diferencias eran lo ménos del peso del menor proyectil conservado y se adoptó para la artillería de tierra los calibres de 48, 24, 16, 12, 8 y 4, y para la marina, los de 36, 24, 18, 12 y 6.

He aquí mas ó ménos un estracto de la historia de la artillería antigua ; en adelante trataremos de la moderna.

CAPÍTULO II

NOCIONES DE BALÍSTICA — TRAYECTORIA — PARÁBOLA

La *trayectoria* de un proyectil, es la línea que este sigue despues de lanzado al aire en una direccion y con una fuerza cualquiera, abandonado á la accion de la gravedad.

Esplicaremos este movimiento.

Supongamos que no hay aire ni gravedad y que el proyectil en cuestion está colocado en medio de un espacio de una estension indefinida. Ninguna fuerza ejerce su accion sobre este proyectil y está inmóbil ; en este estado recibe un choque de otro cuerpo y está impelido por él durante un tiempo indefinido. Supuesto que hemos hecho abstraccion de la gravedad, el proyectil se moverá porque nada se le opone é irá hasta el infinito, puesto que la fuerza que lo impulsó es siempre igual y como no hay razon para que no camine siempre rectamente, su trayectoria será una línea recta.

Á la fuerza que acabamos de considerar la llamaremos *fuerza simple*.

Si consideramos como fuerza simple á la carga de pólvora que hace esplosion en un cañon, es claro que en las mismas condiciones enumeradas arriba, la bala arrojada seguirá la direccion de una línea recta de una longitud indefinida y que la velocidad de este móbil será siempre la misma.

Ahora, hagamos siempre abstraccion del aire pero consideremos la fuerza de gravedad, que como sabemos, es la accion de la atraccion de la tierra ; tendremos por consiguiente una fuerza dis-

tinta á la primera de que nos hemos ocupado. En efecto, la pólvera no ejerce su accion sino durante un tiempo infinitamente corto, miéntras que, la atraccion de la tierra es continua.

Consideremos la accion de la tierra durante un tiempo dado y dividamos este tiempo en una infinidad de intérvalos estremamente cortos. Segun leyes de física, si durante el primer intérvalo, la atraccion obra como un choque, ó como una fuerza simple, durante el segundo espacio de tiempo tendrá que obrar sobre un móbil que posee ya la velocidad adquirida por el efecto del primer choque y le comunicará una nueva velocidad, la cual, agregada á la primera, dará una velocidad doble. Durante el tercer intérvalo de tiempo, se habrá imprimido un tercer choque del que resultará una nueva velocidad, triple de aquella que habia producido el primer choque, y así succesivamente.

Así pues, una fuerza al obrar sobre un móbil de una manera constante y siempre igual, le comunica una velocidad siempre creciente y de un modo regular, es decir, se aumenta de cantidades iguales en tiempos iguales.

El aumento de velocidad que tiene lugar en un segundo, se llama *aceleracion*, y el movimiento del móbil en las condiciones que hemos considerado, se llama, *movimiento uniformemente acelerado*.

La aceleracion depende de la fuerza que obra sin cesar, á la cual daremos el nombre de *fuerza constante*, y de ningun modo del móbil, el cual hemos dicho, no toma sino una parte absolutamente pasiva.

Cada fuerza constante tiene una aceleracion que le es propia. La de la gravedad, es decir, de la atraccion de la tierra es de unos nueve metros ochenta centimetros mas ó ménos por segundo. Así, un cuerpo cualquiera cayendo en el vacío, habrá adquirido al cabo de un segundo una velocidad de $9^m,80$. Y si en este momento la tierra cesase de atraerlo, continuaria moviéndose á razon de $9^m,80$ por segundo, con un movimiento uniforme. Al cabo de dos segundos su velocidad será dos veces $9^m,80$ y al cabo de un

número cualquiera de segundos, su velocidad se podrá calcular multiplicando $9^m,80$ por el número de segundos.

Sabiendo calcular á un momento dado la velocidad de un cuerpo sometido á una fuerza constante, se conoce fácilmente el camino recorrido durante un tiempo dado. Este camino es el que hubiese descripto el móbil, si durante el mismo intérvalo de tiempo hubiese estado sometido á una fuerza simple de una velocidad igual á la comunicada por la fuerza constante al cabo de la mitad del tiempo considerado. De este modo se encuentra que en diez segundos un cuerpo recorre 490 metros cayendo, por que la velocidad que le comunica la fuerza constante de la gravedad al cabo de cinco segundos, es de 49^m.

Cuando un móbil está solicitado á la vez por dos fuerzas diferentes, ó por un número mayor, estas fuerzas no se combaten ni llegan á destruirse; el móbil obedece á la accion de cada una de estas fuerzas contrarias, y su velocidad, como su trayectoria, son las *resultantes* de las velocidades y trayectorias que corresponden á las diferentes fuerzas á las cuales está sometido.

Como ejemplo aplicado al caso de los proyectiles, supongamos que un cuerpo pesado sea lanzado verticalmente de abajo arriba por una fuerza simple, es decir, por el choque de la esplosion de la pólvora, con una velocidad tal, que este cuerpo recorra $9^m,80$ por segundo; desde el orígen de su movimiento, desde su salida de la boca de la pieza, al mismo tiempo que obedece á la impulsion vertical de la pólvora, está solicitado por la fuerza constante de la atraccion de la tierra; por consiguiente, cae con una velocidad uniformemente acelerada, que al cabo de un segundo será de $9^m,80$. Al cabo de un segundo, el cuerpo debe pues encontrarse inmóbil y durante todo el primer segundo su velocidad habrá disminuido uniformemente. Este movimiento uniformemente decreciente es provocado por una velocidad uniformemente creciente en el sentido opuesto.

Pero durante el segundo *segundo* de tiempo, el movimiento de caida provocado por la atraccion de la tierra, recibirá una

aceleracion de $9^m,80$, miéntras que el primer movimiento, aquel comunicado por la fuerza simple, persistirá sin perder ni ganar nada; y como al fin de este segundo *segundo* de tiempo, su velocidad debe ser de $9^m,80$, volverá á pasar por los mismos puntos que ántes, con la misma velocidad en los mismos puntos, solo que esta vez marcha en sentido inverso.

La altura á la cual se ha elevado el móbil la dá la media proporcional entre las dos fuerzas opuestas que lo solicitan: es de $4^m,90$.

Por grande que sea la velocidad de la fuerza simple en los esperimentos análogos, se concibe que llegará un momento en el cual, la velocidad de la fuerza constante aumentada regularmente, igualará á la primera velocidad, y como esta continúa, la sobrepasará y el proyectil caerá en tierra.

Aplicando estos datos generales al caso particular de los proyectiles lanzados por las armas de fuego, supongamos que una bala de cañon sea arrojada bajo un cierto ángulo de elevacion encima del horizonte. Sea por ejemplo el ángulo CAB (figura 7); su velocidad inicial es una fuerza simple; la accion de la pólvora tiende á arrastrar el proyectil en la direccion de la línea AB que no es otra cosa que el prolongamento ideal del ege de la pieza, pero, desde la salida del cañon, está sometido este proyectil á la accion de la gravedad y desde ese momento comienza su caida.

Dividamos la línea en espacios Aa, ab, bc, etc. iguales entre sí y de un largo tal, que la bala sometida á la impulsion de su sola fuerza inicial, pusiera un segundo en recorrer cada uno de estos espacios; de estos puntos bajemos las verticales aa'', bb'', cc'', etc.

Si nos imajinamos una pantalla, MO, colocada verticalmente en el primer espacio, el eje AB lo atravesará en el punto a, la trayectoria lo atravesará en un punto a' situado debajo del primero y sobre la vertical y la distancia aa' representará exacta-

mente el camino que el proyectil hubiera recorrido si hubiese caido libremente durante el primer segundo.

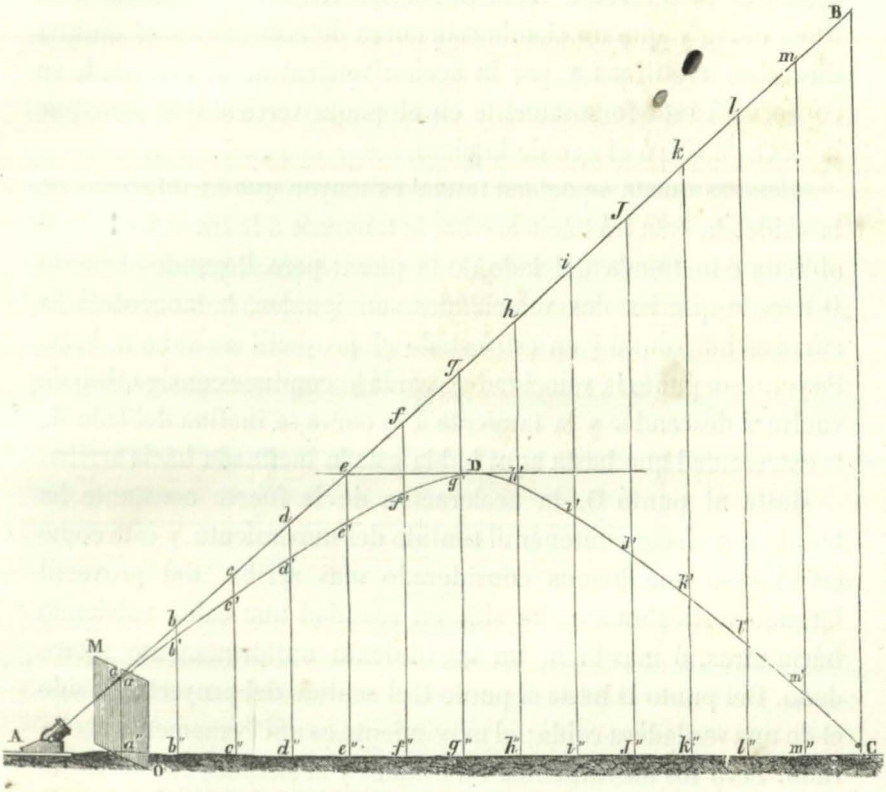


Fig. 7. — Curva de los proyectiles.

La trayectoria atravesaría así mismo la pantalla del segundo espacio en el punto b' y el largo bb' sería el camino que hubiese descripto el proyectil cayendo libremente, en el espacio de dos segundos. Así para los demas.

La distancia que separa los puntos jJ' en el segundo espacio, es si se quiere de 490 metros, por que ella representa el trayecto recorrido por un cuerpo que se ha dejado libre en el punto f y que cae durante diez segundos.

La caida continua de una bala durante su trayecto, es pues bien real, y tiene lugar en toda la estencion de la línea de tiro.

Es casi innecesario observar, que la bala desviándose gradualmente de la direccion recta inicial, la trayectoria debe ser una línea curva y que no siendo esta curva determinada sino en una direccion rectilínea y por la accion vertical de la gravedad, se conservará esta forzosamente en el plano vertical que pasa por la línea de tiro ó el ege de la pieza.

Miéntras que la velocidad inicial es mayor que la velocidad de la caida, la bala irá hácia arriba, la tangente á la trayectoria será oblicua é inclinada del lado de la pieza; pero llegando al punto D sucede que las dos velocidades son iguales, la tangente á la curva es horizontal y en este estado el proyectil no sube ni baja. Pasado este punto la velocidad de caida lo conduce consigo, la bala vuelve á descender y la tangente á la curva se inclina del lado de la extremidad que hasta aquí habia estado inclinada hácia arriba.

Hasta al punto D, la aceleracion de la fuerza constante ha tenido por efecto contener el sentido del movimiento, y este como en el caso que hemos considerado mas arriba, del proyectil lanzado verticalmente, ha sido en realidad una caida volviendo hácia atras, ó mas bien, un movimiento uniformemente retardado. Del punto D hasta el punto C el sentido del proyectil ha sido el de una verdadera caida; el movimiento es uniformemente acelerado. Pero los movimientos retardados y acelerados se operan en condiciones equivalentes y son semejantes bajo todos aspectos; la parte DC de la curva deberá pues ser simétrica á la parte AD.

Las dos porciones de la trayectoria son descriptas en tiempos iguales entre ellos é iguales al tiempo que pondria un móbil en caer directamente del punto D al suelo.

Las diferentes partes de la trayectoria Aa', $a'b'$, $b'c'$, etc. comprendidas en los diferentes espacios, aunque de largos desiguales, son evidentemente descriptos en iguales tiempos y seria fácil demostrar por medio de la geometría, que las distancias Aa'', $a''\,b''$, $b''\,c''$, etc., que son las proyecciones sobre el suelo de las

porciones correspondientes de la trayectoria, son iguales entre ellas; de suerte que, proyecciones iguales son descriptas en tiempos iguales.

Parábola, es la curva trazada sobre una superficie cónica por un corte hecho paralelamente á la generatriz del cono.

Un proyectil lanzado por la pólvora, no puede tomar, bajo la influencia de la fuerza de gravedad, un movimiento circular, por que él se encuentra en el radio de la atraccion enorme de la tierra y por que los medios actualmente en nuestro poder son impotentes para comunicarle una velocidad inicial que no sea muy pronto igualada y sobrepasada por la velocidad acelerada de su caida.

Debemos considerar aquí la tierra, no como reducida al punto matemático de su centro de gravedad, sino como una superficie plana estendiéndose hasta el infinito.

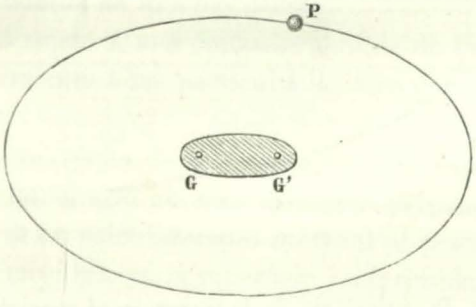


Fig. 8. — Curva elíptica.

Si se tratase de una masa única obrando por su centro de gravedad, se concibe que un móbil cualquiera, un proyectil mismo, lanzado de su superficie, podria entrar en movimiento alrededor de ella á la manera de un zatélite; pero la masa GG′ (fig. 8) no formando un centro perfecto sino una masa achatada, el movimiento rotatorio dejaria de ser un círculo, el proyectil P describiria una elipse.

La elipse en efecto no es sino un círculo de dos centros, y la

masa achatada puede ser fácilmente considerada como poseyendo dos centros de gravedad distintos, ó como segmentada en dos masas esféricas obrando cada una por su centro de gravedad.

Los dos centros aquí, son los dos focos G, G' de la elipse. Si estos estan muy próximos el uno del otro, la elipse puede confundirse con un círculo; si se alejan, la forma circular se achata; el diámetro perpendicular se alarga y crece á medida que crece la superficie central; en fin, cuando esta superficie es infinita como en la figura 9, los dos focos de la elipse G...., G' se encuentran á una distancia indefinida y la elipse se habrá transformado en parábola.

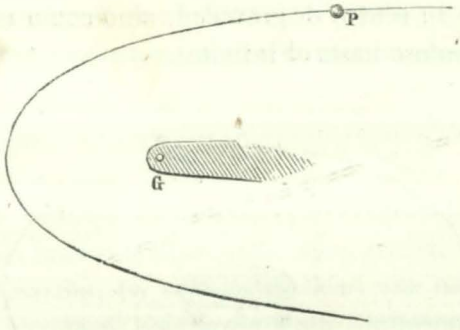


Fig. 9. — Parábola.

Ahora pues, la superficie de la tierra en el caso de los proyectiles puede ser considerada como infinita, puesto que el centro de gravedad de nuestro globo está á una distancia infinita relativamente aun á las partes mas pesadas.

La trayectoria de los proyectiles es pues una parábola.

CAPÍTULO III

SOBRE LA RESISTENCIA QUE OPONE EL AIRE AL PASO DE LOS CUERPOS.

La velocidad de un cuerpo moviéndose en el aire es continuamente retardada por la resistencia que ofrece este á su progreso, y esta resistencia será tanto mayor, cuanto mayor sea la velocidad del cuerpo.

La resistencia que opone el aire al paso de un cuerpo, resulta de la accion reunida de muchas causas.

Primero está sujeto á una continua pérdida de ímpetu al impartir su movimiento á las partículas de aire que desaloja para admitir su paso.

La presion que resulta de esta causa en una superficie plana que se mueve en el aire en una direccion perpendicular á su propio plano, se ha calculado que es igual al peso de una columna de aire cuya base es la superficie comprimida, y la altura, aquella por la cual debe caer un cuerpo para adquirir la velocidad de la superficie que se mueve.

En una esfera la presion será la mitad de aquella que produce una superficie plana igual en area á su círculo máximo.

La altura de la cual debe caer un cuerpo para adquirir una velocidad de 1,600 pies por segundo es 39,793 pies. El diámetro de una bala de 24 por ejemplo, 5 pulgadas 457 partes de pulgada y el area de su círculo mayor 23 pulgadas 385 partes = á 16240 de 1 pié cuadrado. La resistencia es por consiguiente igual al peso de una columna de aire cuya altura es $\frac{39793}{2}$ en pies y la

base 16.240 partes de un pié cuadrado; ó igual ál peso de 3.235 pies cúbicos de aire que son iguales á 2.348 libras.

La retardacion de la velocidad de un proyectil depende en gran parte de su forma delantera.

Cuando la velocidad de un cuerpo en movimiento es considerable, las partículas de aire en frente de él se unen las unas á las otras y ejercen una fuerza repulsiva sobre la parte delantera de este cuerpo, proporcional en estencion de su condensacion.

La resistencia que se opone al paso de los cuerpos por el aire es tan grande cuando estos corren á grandes velocidades, que el aumentar la velocidad inicial de las balas de cañon á mas de 1,200 ó 1,300 pies por segundo será de muy poca ó ninguna utilidad para aumentar su amplitud horizontal ó su penetracion.

La fuerza elástica que ejerce el aire contra los cuerpos de poco peso cuando estos se mueven con grandes velocidades, puede llegar á ser tan grande en proporcion á su peso, que no solo destruya el movimiento comunicado, sino que aun los repela; habiéndose observado muchas veces que cuando se ha descargado un proyectil de muy pequeño calibre con una gran cantidad de pólvora, este ha regresado en una direccion contraria á aquella á la cual se le habia dirigido y á primera vista parece singular apesar de estar perfectamente acorde con la teoría, que una carga menor de pólvora sin embargo de darle á la bala menor velocidad inicial, la impela á mayor distancia que una mayor si se exceden ciertos límites.

Los cuerpos al moverse por el aire con gran velocidad, dejan atras de ellos un vacio parcial ó perfecto.

El aire por razon de su elasticidad se precipita entre un espacio vacio con una velocidad de 1,296 pies en un segundo y por consiguiente si un cuerpo cuya superficie trasera es un planoperpendicular á la direccion de su movimiento, corre por el aire con una velocidad mayor que 1,296 pies por segundo, dejará tras de

sí un perfecto vacio, puesto que las partículas de aire no se precipitarán con una velocidad suficiente para llenar el espacio que este cuerpo ha desocupado en su paso.

Los cuerpos esféricos que se mueven con una velocidad de 400 á 1,600 pies por segundo, dejan detras de ellos durante su paso un vacio parcial y cuando su velocidad excede 1,600 pies en un segundo el vacio es completo; de aquí resulta que una bala moviéndose con esta velocidad, encuentra una resistencia de toda la presion atmosférica, ménos los efectos que puedan resultar de otras causas. Por ejemplo, siendo el diámetro de una bala de 245 pulgadas 457, el area de un gran círculo de la bala igual á 23.385 pulgadas cuadradas y admitiendo que la presion atmosférica sea de 15 libras por cada pulgada cuadrada, la resistencia que resulta de esta causa solamente, al movimiento de la bala, será 23.385 × 15 libras = 350.78 libras.

El grado de rarificacion del aire detras del cuerpo y la pérdid de velocidad que resulta de esta causa, depende esencialmente de

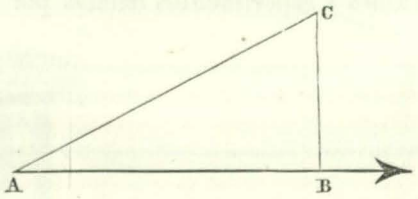


Fig. 10.

la forma de la parte trasera de dicho cuerpo. Así, sea ABC, un triángulo que se mueve en el aire en la direccion AB (figura 10). Supongamos que sea de 3 á 1 la proporcion entre AB y BC; miéntras A se está moviendo hácia B, una partícula de aire de C baja hácia B y el vacio no tendrá lugar detras del triángulo hasta que su velocidad no sea tan grande que A pueda pasar sobre AB en ménos tiempo que C por entre BC, esto es, hasta que la velocidad del triángulo no sea mayor que tres veces la velocidad con la cual las partículas de aire puedan precipitarse entre el

vacio, ó hasta que la velocidad del cuerpo que se mueve sea mayor que 3,788 pies en un segundo.

Hay ademas otra causa que tiende continuamente á retardar el movimiento de un cuerpo en el aire, ásaber, la resistencia producida por la friccion de este en la superficie del cuerpo que se mueve y cuya cantidad depende de la velocidad y estension de la superficie presentada á su accion.

Determinar teóricamente, deduciendo de estas condiciones la forma de un proyectil de un volúmen dado que se mueve con cierta velocidad por el aire, cuando encuentre la menor resistencia posible, es un problema que ofrece las mayores dificultades. Su solucion es casi imposible, puesto que muy poco se sabe sobre las leyes de la resistencia del aire contra el paso de los cuerpos que se mueven por él.

Sin embargo, este problema se puede resolver prácticamente.

La resistencia que ofrece el aire á los cuerpos de varias formas cuando se mueven con pequeñas velocidades, ha sido objeto de muchas indagaciones y esperimentos hechas por Robins, Hutton y otros.

CAPÍTULO IV

ESPERIMENTOS DE ROBINS

La máquina de que se hizo uso para estos esperimentos está representada en la figura 11 y su autor Robins la describe del modo siguiente.

« BCDE es un cilindro de bronce movible sobre su ege colocado sobre ruedas de friccion que no están marcadas en este

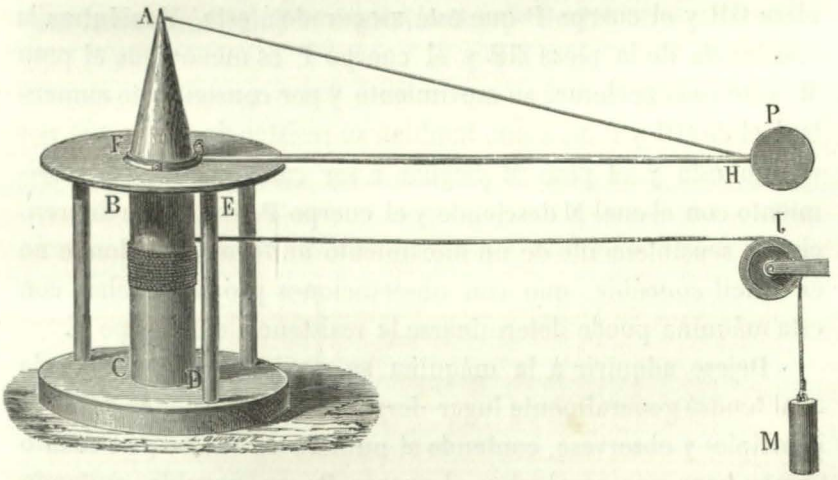


Fig. 11. — Máquina de torbellino de Robins.

dibujo por ser de muy poca importancia para el caso presente. El marco sobre el cual está colocado este cilindro está dispuesto de tal manera, que su ege quede perpendicular al horizonte ; este mismo ege está prolongado hácia la parte de arriba del marc yo

tiene asegurado á él un lijero cono hueco AFG ; de la parte inferior de este cono se estiende una larga pieza de madera GH muy sencilla y de cantos muy afilados, la cual lleva en su estremidad un aparatito para colocar en él el cuerpo cuya resistencia se quiere investigar, representado en la figura con el globo P ; para impedir que la pieza GH salga de su posicion horizontal por el peso del cuerpo P, hay un tirante de alambre fino AH amarrado á la cima del cono el cual sostiene la estremidad de dicha pieza.

« Alrededor del cilindro hay envuelto un cordon fino de seda, cuyas vueltas se verán representadas en la figura ; la estremidad de este cordon, sale horizontalmente, va á pasar por la roldana L, despues de lo cual recibe un peso conveniente M. Si se deja en libertad á este peso, es claro que bajará por su propia gravedad y con su descenso hará jirar al cilindro BCDE junto con la pieza GH y el cuerpo P que está asegurado á esta. Y miéntras la resistencia de la pieza GH y el cuerpo P es menor que el peso M, este peso acelerará su movimiento y por consiguiente aumentará el de GH y P así como tambien su resistencia, hasta que por último esta y el peso M lleguen á ser casi iguales. El movimiento con el cual M desciende y el cuerpo P gira, no se diferenciarán sensiblemente de un movimiento uniforme. De donde no es difícil concebir, que con observaciones propias hechas con esta máquina puede determinarse la resistencia del cuerpo P.

« Dejese adquirir á la máquina su movimiento uniforme (lo cual tendrá generalmente lugar despues de 5 ó 6 vueltas desde el principio) y observese, contando el número de vueltas, en cuanto tiempo hace una revolucion el cuerpo P; en seguida, quitando el cuerpo P y el peso M, observese que un peso mas pequeño hará girar á la pieza GH en el mismo tiempo como cuando P estaba asegurado á ella; quitando este peso pequeño de M, es claro que el resultado ó la parte que queda, será igual en esfuerzo á la resistencia del cuerpo giratorio P, y este resultado, habiendo sido reducido en proporcion al largo de la pieza al semidiámetro del

cilindro, quedará igual á la cantidad absoluta de la resistencia. Y como se conoce el tiempo empleado en una revolucion y por consiguiente la velocidad del cuerpo giratorio, se habrá con estos datos descubierto la cantidad absoluta de la resistencia del cuerpo dado P, moviéndose con un grado dado de celeridad.

Los resultados obtenidos por el Dr. Hutton despues de numerosos experimentos con esta máquina, hechos con el mayor cuidado, están representados en la presente tablilla. De estos resultados dedujo muchas inferencias prácticas de gran interés, de los cuales, algunos de los mas importantes están enumerados mas adelante.

El diámetro comun de todas estas figuras es de $6\frac{3}{8}$ de pulgada y por consiguiente el area de la base circular será 32 pulgadas cuadradas. La altura del cono es de $6\frac{3}{8}$ de pulgada, así es que sus lados formarán con el ege un ángulo de 25° 42′.

TABLILLA.

TABLA I

Tablilla de las resistencias verdaderas á las diferentes figuras en onzas.

VELOCIDAD POR SEGUNDO.	CONO		GLOBO	CILINDRO.	HEMISFERIO.	
	VERTICE AL FRENTE.	BASE AL FRENTE.	COMPLETO.		LADO PLANO AL FRENTE.	LADO REDONDO AL FRENTE.
pies.	onzas.	onzas.	onzas.	onzas.	onzas.	onzas.
3	0.028	0.064	0.027	0.050	0.051	0.020
4	0.048	0.109	0.047	0.090	0.096	0.039
5	0.071	0.162	0.068	0.143	0.148	0.063
6	0.098	0.225	0.094	0.205	0.211	0.092
7	0.129	0.298	0.125	0.278	0.204	0.123
8	0.168	0.382	0.162	0.360	0.368	0.160
9	0.211	0.478	0.205	0.456	0.464	0.199
10	0.260	0.587	0.255	0.565	0.573	0.242
11	0.315	0.712	0.310	0.688	0.698	0.297
12	0.376	0.850	0.370	0.826	0.836	0.347
13	0.440	1.000	0.435	0.979	0.988	0.409
14	0.512	1.166	0.505	1.145	1.154	0.478
15	0.589	1.346	0.581	1.327	1.336	0.552
16	0.673	1.546	0.663	1.526	1.538	0.634
17	0.762	1.763	0.752	1.745	1.757	0.722
18	0.858	2.002	0.848	1.986	1.998	0.810
19	0.959	2.260	0.949	2.246	2.258	0.922
20	1.069	2.540	1.057	2.528	2.542	1.033

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS QUE DEBEN DEDUCIRSE DE ESTOS RESULTADOS.

Que la resistencia es casi como la superficie. En superficies mayores la resistencia aumenta muy poco mas de esta proporcion.

La resistencia á la misma superficie con diferentes velocidades, es, en estos movimientos lentos casi como el cuadrado de la velocidad; pero va creciendo gradualmente mas y mas sobre esta proporcion segun crece ó aumenta la velocidad.

Las estremidades redondas y agudas de los sólidos, sufren menor resistencia que las planas ó chatas del mismo diámetro;

así, el cilindro y las estremidades chatas del hemisferio y cono, tienen mas resistencia que las redondas ó agudas de los mismos. Pero la extremidad mas aguda no tiene siempre la menor resistencia; en el hemisferio, el lado redondo tiene ménos que el lado puntiagudo del cono.

Cuando las partes traseras de los cuerpos son de distintas formas, las resistencias no son las mismas aunque las partes delanteras sean exactamente semejantes ó iguales; esto es debido probablemente á las diferentes presiones del aire en las partes de atras. Así, la resistencia de la parte delantera del cilindro es menor que la de igual superficie plana del cono ó del hemisferio; por que la parte de atras del cilindro está mas impelida hácia adelante por el aire que la sigue, que aquellas de las otras dos figuras, y por la misma razon, la base del hemisferio presenta menor resistencia que la del cono, y la parte redonda del hemisferio ménos que toda la esfera.



CAPÍTULO V

VELOCIDAD INICIAL

La *velocidad inicial* de un proyectil es aquella con la cual este sale de la boca de la pieza con que se ha disparado.

El *péndulo* y *cañon balísticos* son los instrumentos que se emplean para medir las velocidades iniciales; daremos una idea de ellos.

La invencion del péndulo balístico es tambien debida al ingenioso M. Robins : su principio es el siguiente.

Si un cuerpo en movimiento golpea contra otro que está en descanso y los dos se mueven juntos sin separarse despues del primer choque, el movimiento que adquiere el cuerpo que estaba en descanso es exactamente igual al que tenia el cuerpo chocante ántes de haber golpeado.

Si un cuerpo de pequeño volúmen se mueve con una gran velocidad y choca con otro de volúmen mucho mayor y los dos se mueven juntos sin separarse despues del contacto con una velocidad tan reducida que se pueda medir con facilidad, siendo conocido sus volúmenes y encontrado su velocidad comun, se conoce su momento, y siendo este exactamente igual al momento del cuerpo chocante que tambien es conocido así como su volúmen, su velocidad queda al momento determinada.

Ejemplo : una bala de cañon de 10 lbs. de peso golpea á un madero ú otro material de 990 lbs. produciendo una velocidad de 10 pies en un segundo. Se desea encontrar la velocidad de la bala. La bala y madero juntos pesan 1,000 lbs. y su velocidad

comun es 10 pies, el ímpetu estará representado por 10,000. Siendo la velocidad de la bala ántes del choque, igual á la velocidad del madero y la bala despues de este, 10,000 tambien representará este movimiento y siendo 10 lbs. su peso, su velocidad será 1,000 pies en un segundo.

El único instrumento que hoy se emplea en la marina para medir la velocidad inicial, es el aparato electro-balístico ó cronoscopio inventado por el Capitan belga Navez y perfeccionado por M. Leurs. Este consiste en dos blancos colocados, el uno á 30 ó 40 metros de la pieza á fin de que el gas no tenga ninguna accion sobre él y el otro á 150 metros mas ó ménos; sobre cada uno de estos blancos se estiende un hilo de cobre que se replega sobre sí mismo de manera que la bala no pueda pasar sin cortarlo. Estos mismos hilos están en comunicacion con unos instrumentos eléctricos los cuales forman corrientes cuya interrupcion sucesiva se produce por el paso de la bala. Se concibe sin que sea necesario describir estos instrumentos, que se obtiene así el tiempo que pone el proyectil para llegar de un blanco á otro; de allí se puede deducir la velocidad del proyectil cuando está á media distancia entre los dos blancos, velocidad que se puede reducir al valor que ella debe tener en la boca de la pieza por medio de una fórmula que para el efecto se ha calculado.

Con este mismo instrumento se puede aun calcular la velocidad hasta una distancia de 500 metros mas ó ménos de la boca del cañon.

Vamos á reasumir ahora los resultados de los esperimentos hechos sobre las velocidades iniciales.

Peso de la carga. — Con tal que la pólvora se haya quemado toda en el momento en que sale el proyectil, es claro que la velocidad aumenta con la carga de pólvora : en los cañones lisos se admite que la carga que dá el máximo de velocidad está comprendida entre 3/2 y 5/3 del peso de la bala; pero á mas de un tercio, los aumentos de velocidad son muy poco sensibles, mién-

tras que la pieza se fatiga muchísimo ; por esta razon se ha adoptado la última. En los cañones rayados el obstáculo que presentan las rayaduras ha obligado á reducir la carga para no comprometer la pieza ; por otra parte, no es necesario para producir efectos balísticos no solo iguales sino aun superiores á los de los cañones lisos, dar á los proyectiles oblongos velocidades iniciales tan grandes como aquellas que se dan á las balas esféricas : de aquí resulta, que su carga máxima es generalmente igual á 1/6 del peso del proyectil, sea este hueco ó maciso.

Relacion entre el diámetro del cartucho y el de la recámara ó lugar que ocupa. — El diámetro del cartucho al fijar el espacio que existe alrededor de la pólvora, tiene una influencia directa sobre el desarrollo de los gases ; se acostumbra hacer los cartuchos cilíndricos confeccionándolos sobre un mandril cuyo diámetro llamaremos b y al diametro del ánima A. Segun los esperimentos hechos en 1842 se dedujo, que cuando la relacion de $\frac{b}{A}$ era de $0^{m}.915$ mas ó ménos, la carga daba la velocidad máxima y desde el año de 1859, los cartuchos de las piezas sin recámara, sean lisas ó rayadas, se confeccionan sobre un mandril cuyo diámetro es, 0.911 del calibre A : la diferencia entre esta cifra y la precedente, es la concesion que se hace por el espesor de la funda. Nuevos esperimentos hechos en 1867 con piezas de recámara de los modelos de 1864 y 66, han venido á confirmar esta regla. Llamando A′ al diámetro de la recámara, se obtiene la velocidad máxima cuando la relacion $\frac{b}{A'} = 0^{m}.916$.

Peso del proyectil. Viento. — Tratándose sobre balas de la misma especie, todas sólidas por ejemplo, y de cañones semejantes, las velocidades iniciales están sensiblemente en razon inversa de las raices cuadradas de los pesos de los proyectiles. A causa del *viento*, una parte de los gases se escapa sin producir accion útil sobre el móbil ; tambien se escapa por las rayaduras. Un efecto del mismo género se produce por el oido ; pero este es muy poco sensible. La pérdida de velocidad debida al viento

es independiente del peso del proyectil; de otro modo, es la misma siendo este hueco ó sólido.

Inclinacion del cañon. — La inclinacion del cañon cualquiera que ella sea, no tiene ninguna influencia sobre la velocidad inicial.

Largo del ánima. — El ánima debe ser bastante larga para que toda la pólvora se haya quemado cuando la bala haya pasado la boca de la pieza y para asegurar la direccion de esta última. Se acepta generalmente que un cañon liso debe tener 18 calibres de largo de ánima para utilizar la carga á 1/3 y 15 para la de 1/4. En los cañones rayados, esta varía con el calibre y con el destino que se dá á la pieza; así, ella es de 16 á 17 calibres para el cañon de 16^{cm}, modelo de 1858 y 60 (1), y de 19 calibres para el de 16^{cm} modelo de 1864 y 66; para el de 24^{cm} es de 17 calibres.

Diversos modos de cargar. — *Efecto de los tapones de alga marina.* — En 1848 se habia encontrado, que un taco de estopa interpuesto entre el cartucho y la bala aumentaba la velocidad de una manera notable miéntras que su largo no pasaba de ciertos límites, esto es, 2/3 del calibre, mas ó ménos; ademas, que este taco aumentaba la duracion de la pieza. Hoy esta disposicion es igual para todas las armas de fuego, solo que el taco de estopa ha sido remplazado por otro de alga marina. Esta materia ofrece la ventaja de no producir pavesas encendidas; por otra parte, siendo muy débil su densidad, los gases de la pólvora encuentran delante de ellos un espacio donde pueden esparcirse ántes que la inercie de la bala sea vencida y se concibe que este esparcimiento sea favorable á la resistencia de la pieza.

Tambien se han hecho esperimentos sobre las ventajas que podria resultar de dejar un cierto vacio adelante ó atras del cartucho con el fuego puesto adelante ó atras de la carga y se ha sacado en limpio que con un vacio de algunos centimetros atras (4 para el calibre de 16^{cm}), y el fuego puesto por delante, la velocidad es mayor que con el modo ordinario de cargar.

(1) Cañones franceses.

CAPÍTULO VI

VELOCIDAD FINAL

Si se deja caer un cuerpo en el vacio, hay un cierto límite á la velocidad que él adquiere y esta teóricamente tiene lugar cuando la resistencia del aire ha llegado á ser igual á la fuerza de gravedad; entónces el movimiento del cuerpo será uniforme y esto es lo que se llama « la velocidad final. »

La velocidad final de un proyectil, es su velocidad al final de una amplitud dada.

Para encontrar la velocidad de una bala de cañon, supongamos una bola de fierro abandonada á su propia accion en la atmósfera; el movimiento de la bola ha comenzado y crece uniformemente por la accion de gravedad la cual es una fuerza constante de celeracion, esto es, una fuerza que está siempre produciendo un aumento igual de velocidad en tiempos iguales. La resistencia del aire tambien siendo en un principio nula, crece constantemente en cierta proporcion con la velocidad acreciente de la bola. Ahora, como la fuerza de celeracion es siempre la misma y la de retardacion va en aumento, llegará un instante en que la última sea igual á la primera; despues de que esto tiene lugar, no habrá ya mas celeracion de movimiento, pues las fuerzas de celeracion y retardacion serán iguales y desde este momento la bola decenderá con un movimiento uniforme.

Con el objeto de encontrar cual es la mayor velocidad que puede llegar á tener la bala, es preciso averiguar, qué velocidad

tenia esta cuando la resistencia del aire á su movimiento es exactamente igual á su propio peso.

Ejemplo. Encontrar la velocidad final de una bala de fierro de 2 pulgadas. El peso de la bala es 1.125 lb. y refiriéndose á la Tabla II. que se encuentra mas adelante, se hallará que la resistencia equivalente á este peso tiene lugar cuando la velocidad es mas de 200 y ménos de 300 pies en un segundo; pero entre dos velocidades que no varían mucho, las resistencias son casi proporcionales al cuadrado de las velocidades. Por consiguiente, dando la velocidad 200 correspondiente á la resistencia 0.709, para encontrar la velocidad correspondiente á la resistencia 1,125, digase.

$$0{,}709 : 1{,}125 \quad 200^2 : v^2 = 63470 ;$$

por consiguiente :

$$v = \sqrt{63470} = 252.$$

Así pues 252 pies en un segundo es la velocidad final de una bala de fierro de 2 pulgadas, esto es, la mayor velocidad que puede llegar á tener cayendo en el aire. Cuando haya obtenido esta velocidad, continuará su carrera sin aumento ninguno de celeracion.

Para encontrar la velocidad final de una bala de cualquier diámetro y gravedad específica, llamemos d al diámetro, G su gravedad específica y G' la del fierro. Como los pesos de las balas son proporcionales á los cubos de sus diámetros entre sus gravedades específicas y las resistencias para una velocidad dada son proporcionales á sus superficies ó el cuadrado de sus diámetros y como las resistencias para un diámetro dado son tambien proporcionales al cuadrado de sus velocidades, los cuadrados de sus velocidades finales serán proporcionales á sus diámetros entre sus gravedades específicas; esto es

$$2G' : dG \quad 252^2 : V^2 = 3175\, d \frac{G}{G'}.$$

Así pues, la velocidad final de cualquiera bala es igual á $178 \sqrt{d} \frac{G}{G'}$.

II

Tabla de velocidades finales.

PESO EN LIBRAS.	DIÁMETRO EN PULGADAS.	VELOCIDAD FINAL EN PIES.	PESO EN LIBRAS.	DIÁMETRO EN PULGADAS.	VELOCIDAD FINAL EN PIES.
1	1.923	247	12	4.403	374
2	2.423	277	18	5.040	400
3	2.773	297	24	5.546	419
4	3.053	311	32	6.106	440
6	3.494	333	36	6.350	449
9	4.000	356	42	6.614	461

CAP. DE NAVIO
JULIO J. ELIAS MURGUIA



CAPÍTULO VII

DESVIACION DE LOS PROYECTILES. — SUS CAUSAS.

Muy grandes irregularidades tienen lugar en el camino descripto por los proyectiles arrojados con cañones de anima lisa. Es un hecho bien conocido de todos los artilleros prácticos, que si se tira un número de balas sólidas con el mismo cañon, con iguales cargas y elevaciones, con pólvora de la misma calidad, descansando el cañon en una plataforma, teniendo cuidado de dirigir bien la pieza ántes de cada tiro, muy pocas balas alcanzarán á la misma distancia; ademas, se encontrará que la mayor parte se desvian considerablemente (á ménos que la distancia sea muy corta) á la derecha ó á la izquierda de la línea á la cual se ha apuntado el cañon.

Esta falta de exactitud en el tiro y desviacion de las balas consiste en que ellas estan animadas de un movimiento de rotacion durante su trayecto por el aire.

El *viento* y la falta de homogeneidad en el proyectil esplicarán la causa de esta rotacion.

Siendo los proyectiles esféricos hechos de fierro colado, no son jamas perfectamente homogeneos, es decir, que su centro de gravedad no coincide con el centro de la esfera. La distancia de estos dos puntos llamada excentricidad, es muy variable de una bala á otra y por corta que ella sea, basta para determinar un movimiento de rotacion del móbil sobre sí mismo, sea en el ánima del cañon bajo la accion de los gases de la pólvora, sea fuera de ella á consecuencia de la resistencia del aire. En efecto, es en el centro

de figura que se aplica la resultante de las presiones ejercidas sobre la bala, y entonces se produce alrededor del centro de gravedad un movimiento de rotacion cuya accion depende en parte de esta excentricidad.

Á causa del *viento* la bala descansará sobre la pared inferior de la pieza y sobre la carga de pólvora, dejando encima de sí cierto vacio y al momento de la esplosion una parte de los gases que produce la inflamacion de la pólvora, se escaparán por este vacio produciendo una presion sobre el proyectil mientras que la otra parte lo empuja hácia adelante; de esta presion nace un frotamiento en virtud del cual la bala toma un movimiento de rotacion de atras adelante alrededor de un ege sensiblemente perpendicular al plano vertical que pasa por el ege del cañon ó plano del tiro. Si el ánima es bastante larga, el proyectil puede tener tiempo para abandonar la pared inferior y venir á golpear la superior ántes de salir de la pieza; el efecto que producirá este choque será el de cambiar la velocidad y el sentido del movimiento de rotacion y de modificar ademas su movimiento de traslacion. Como se pueden producir *uno* ó mas choques durante el trayecto de la bala por el ánima, esta saldrá animada de un doble movimiento, rotacion y traslacion, y no confundiéndose ya la direccion de este último con el ege del cañon, constituye esta una irregularidad que es preciso tener en cuenta.

Así pues, sea á causa del viento, sea á causa del defecto de homogeneidad, una bala lanzada con un cañon de anima lisa está siempre animada de un movimiento de rotacion durante su trayecto por el aire; examinemos ahora los resultados. Supongamos que una bala lanzada en la direccion AB (figura 12) jire de derecha á izquierda alrededor de un ege vertical proyectado en el punto O; es claro que los puntos del hemisferio anterior que estan á la derecha de AB esperimentarán una resistencia mayor que aquellos que estan á la izquierda por que á su velocidad de traslacion se agrega su velocidad de rotacion, mientras que, para los de la izquierda la primera velocidad se disminuye de la se-

gunda. Como la bala esperimenta mas resistencia á la derecha que á la izquierda, irá á la izquierda. Si el movimiento de traslacion tuviese lugar de izquierda á derecha, el proyectil iria á la derecha; el mismo raciocinio haria ver que una bala descenderia si jirase de arriba abajo ó de atras hácia adelante alrededor de

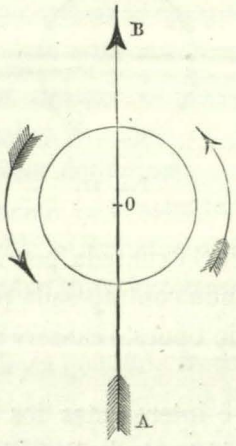


Fig. 12.

un ege horizontal perpendicular al plano del tiro, y que esta misma bala se elevaria si el movimiento tuviese lugar en sentido inverso. Semejantes desviaciones se producirán siempre que el ege de rotacion haga un ángulo con la direccion del movimiento de traslacion.

Robins descubrió que casi todas las balas recibian un movimiento de rotacion al rozarse con las paredes de la pieza que las arroja y que á causa de este movimiento con que sale del cañon, choca con el aire en un sentido oblicuo á su direccion y por consiguiente se va constantemente desviando de su camino.

El mismo esplica esta desviacion del modo siguiente. Como el aire al frente de la bala se habrá, en el caso anterior altamente condensado, mientras que detras de ella se habrá formado casi un vacio, una gran resistencia se opondrá por la friccion del aire

al frente que no será contrapesada por una correspondiente resistencia atras, y por consiguiente la bala tendrá una tendencia á desviarse en la direccion opuesta á aquella que le ha sido dada al chocar con el lado derecho del ánima. En la figura 13 la flecha

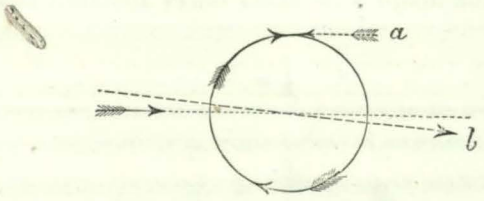


Fig. 13.

a representa la resistencia causada por la friccion del aire á la rotacion, la cual no siendo contrapesada por una correspondiente resistencia al hemisferio opuesto causará á la bala una desviacion en la direccion *b*.

Son muy curiosos é interesantes los experimentos que hizo Robins en el año de 1746 ante la Sociedad real de Londres, en cuya ocasion desarrolló completamente sus ideas con respecto á la accion que ejerce el aire sobre las balas durante su vuelo. Primeramente hizo fuego con un fusil contra una pared, atravesando con la bala dos biombos que habia colocado interpuestos entre él y dicha pared con el objeto de encontrar la direccion de la trayectoria; en seguida dobló el cañon del fusil á unas tres ó cuatro pulgadas de la boca y formando con él un ángulo de 3 ó 4 grados disparó un segundo tiro, el cual como debe suponerse pasó por entre los biombos á la izquierda del camino que habia seguido la primera bala, pero en la pared dió muy á la derecha de la marca de la bala anterior. El segundo tiro que hizo con el cañon de este modo, describió una línea con dos curvas; la una habia sido causada por la gravedad y la otra por la resistencia del aire á la rotacion de la bala; por que al salir la bala del cañon resbalando contra el lado derecho de este, habia adquirido un movimiento de rotacion de izquierda á derecha y al resistir el aire esta

rotacion como ántes se ha esplicado, produjo esta desviacion gradual á la derecha.

No hay sino un solo caso en el cual el movimiento de rotacion no produce desviacion, esto es, cuando su ege coincide con el de la traslacion; entonces en efecto, las resistencias son iguales para los puntos colocados simétricamente con relacion á este ege comun y las fuerzas desviatrices se compensan. Si, puesto que no se puede impedir que estas rotaciones tengan lugar, se les obliga á producirse alrededor del ege de traslacion, se obtendrá una causa de precision; tal es el objeto de las rayas inclinadas con relacion á las generatrices del ánima.

Cuando esta inclinacion es constante, las rayaduras son *helisoides;* cuando es variable se llaman *parabólicas*. Las rayaduras se llaman *uniformes* cuando tienen la misma profundidad en toda su estension, y *progresivas*, cuando esta profundidad va disminuyendo de la culata hácia la boca; en fin, se da el nombre de *pleno* ó tabique á las partes del ánima comprendidas entre las rayaduras.

La forma, la inclinacion y la especie de rayaduras, han sido determinadas por la esperiencia; mas tarde trataremos de este asunto. Cualquiera que sea el sistema adoptado, el móbil sale del cañon animado de un movimiento de rotacion cuya velocidad depende, para una carga dada, de la inclinacion final de las rayas, de las cuales el ege debe confundirse con el del cañon: esta coincidencia constituye lo que se llama la *centralizacion*, la cual es de una grande importancia para la velocidad inicial y por consiguiente para la precision del tiro.

Admitamos que esta centralizacion se haya obtenido de una manera perfecta; si consideramos el proyectil durante un instante bastante corto para que su trayecto pueda ser mirado como teniendo lugar en línea recta, ó bien si se quiere, precindamos por un momento del efecto de la pesadez, el movimiento de rotacion asegura la *estabilidad* de su ege sobre la direccion del movimiento de traslacion con tanta mas fuerza cuanto mayor es el movimiento de rotacion. Sin salirnos de nuestra hipótesis y ad-

mitiendo que la velocidad de rotacion sea suficiente para asegurar la estabilidad del ege de la bala, esta ofrecerá á la resistencia del aire la misma superficie durante todo su trayecto y se encuentra uno obligado á alargar el proyectil del lado opuesto, así como, á afinar su parte delantera. La resistencia del aire no aumenta por que la superficie que se le opone permanece la misma ; es la de la seccion perpendicular al ege de revolucion ; al mismo tiempo habiendo aumentado considerablemente el peso del proyectil, esta resistencia produce ménos efectos y se gana en cuanto á el alcance y el poder de accion lo que no se podia obtener con la forma esférica sino aumentando el calibre. De aquí resultan los proyectiles de forma cilíndrica, oblongos ú ogivo-cilíndricos : el lado ogivo facilita su paso por el aire.

Pero la ventaja que acabamos de mencionar no la adquieren los proyectiles de forma cilíndrica sino á condicion de que estos mantengan la punta hácia adelante durante su trayecto y aquí nos es preciso considerar, no solo un elemento de la trayectoria sino aun toda esta curva entera. Haremos aquí una nueva hipótesis que por otra parte no tardaremos en rectificar ; supondremos por un instante que esta curva es *plana*. Es sabido que la curvatura de la trayectoria es mas ó ménos pronunciada segun que el ángulo de proyeccion es mas ó ménos grande ; el centro de gravedad del móbil es el que describe esta curva y obrando la resistencia del aire en sentido contrario á aquel que recorre el proyectil, este estará á cada instante dirijido siguiendo la tangente de la trayectoria. Por consiguiente, para que un proyectil cilíndrico esté en buenas condiciones, es decir, para que presente siempre la ménos superficie posible á la accion de la resistencia del aire, seria preciso que su ege estuviese constantemente tangente á esta curva. El movimiento de rotacion no es pues la sola cosa que hay que considerar, la posicion del centro de gravedad es de una gran importancia. Se concibe en efecto, que si la velocidad de rotacion fuese tan grande que el ege del proyectil permaneciese en su direccion inicial, la seccion ofrecida á la resistencia del aire

llegaria á ser de mas en mas grande y en el órden de ideas que resultan de nuestra hipótesis, se debe procurar en cuanto sea posible, aproximar el centro de gravedad de la punta.

Pero ántes hemos prevenido que esta suposicion no era exacta: la trayectoria de las armas rayadas no es en efecto una curva plana sino mas bien una curva de doble curvatura. La esperiencia demuestra que en el tiro de estas armas el centro estático de los puntos de caida, llamado generalmente *punto medio*, se separa siempre del plano del tiro en el mismo sentido y de una cantidad sensiblemente constante para una misma distancia, en la inteligencia de que la atmósfera esté en calma; á este desvio regular se le ha dado el nombre de *derivacion*. La derivacion tiene lugar en el sentido de las rayas y aumenta segun la inclinacion de estas, es decir, con la velocidad de rotacion. De aquí resulta, que la trayectoria se separa mas y mas del plano del tiro á medida que aumenta la distancia; la curva plana de que hemos hablado arriba seria su proyeccion sobre un plano vertical, mientras que su proyeccion horizontal seria una curva tangente en su orígen al plano del tiro y girando su convexidad hácia él. El centro de gravedad se encuentra por consiguiente animado de un doble movimiento de traslacion y de trasporte lateral.

No se trata aquí de dar una teoría sobre la derivacion puesto que este fenómeno no ha sido aun demostrado de una manera completamente satisfactoria y en la práctica semejante demostracion importa poco desde el momento que los hechos son bastante regulares para ser formulados de una manera que permita arreglar el tiro.

Encontrándose de este modo rectificadas las dos hipótesis hechas mas arriba, las conclusiones á que ellas nos han conducido no estan por consiguiente anuladas. La posicion del centro de gravedad no es de ménos importante consideracion que el trazo del proyectil. Si este está situado convenientemente, el ege de la bala deberá tender siempre á aproximarse de la tangente á la curva que describe su centro de gravedad; pero este movi-

miento de *enderezamiento* del ege no es otra cosa sino un movimiento angular que se *compone* con el de rotacion debido á las rayaduras y de aquí resulta á cada instante un nuevo ege de rotacion que difiere poco del de la bala cuando se ha hecho convenientemente la inclinacion de las rayas. La resistencia, obrando de una manera continua, produce un desalojamiento continuode l ege de rotacion y por consiguiente, del ege del proyectil, que toma así una série de oscilaciones cónicas cuya cima está en el centro de gravedad y la amplitud de estas oscilaciones tiene una influencia directa sobre el poder de la resistencia haciendo vibrar á la superficie que se le opone. La circunferencia descripta de este modo por la punta, depende de su distancia al centro de gravedad y debe procurarse disminuir esta distancia: una punta muy aguda seria pues mala lo mismo que un largo exagerado del proyectil. Esta mutacion de lugar ha recibido el nombre de *precesion*.

En resúmen, existe una relacion íntima entre el trazo del proyectil, su velocidad inicial y la inclinacion de las rayas; ó si se quiere mejor, entre su trazo y su velocidad de rotacion. Un largo de 3 calibres parece que es el límite máximo determinado por la esperiencia; la parte cilíndrica ocupa mas ó ménos la mitad del proyectil y el centro de gravedad se encuentra generalmente hácia la parte delantera del cilindro. En cuanto al movimiento de rotacion su velocidad debe ser tanto mayor cuanto ménos pesado es el proyectil ó presenta ménos inercie; así, el obus oblongo de 14^{cm} hace 76 revoluciones por segundo, el de 16^{cm} hace 67 y el de 24^{cm}, 24 1/2 mas ó ménos.

Tratándose de balas sólidas, el trazo esterior determina la posicion del centro de gravedad; pero para las balas huecas el trazo interior debe estar combinado con el esterior para aproximar cuanto sea posible el centro de gravedad de la parte delantera: esto es lo que siempre tiene lugar, como lo demuestran los trazos que damos mas adelante. Así, en las granadas oblongas, la cavidad está en la parte posterior al mismo tiempo que el lado

ogive está muy cargado de metal; se ha tenido por último necesidad de adoptar este trazo, á fin de darles una resistencia suficiente para penetrar sin romperse. Las balas cilíndricas llamadas de ruptura que se terminan hácia la parte delantera por un casquete esférico muy achatado, presentan, aparte de toda consideracion sobre la forma anterior, una desventaja cuando su trayectoria es un poco curva porque su centro de gravedad coincide muy aproximadamente con el del cilindro; el movimiento de rotacion solo mantiene su ege que desde este momento no coincide ya con el elemento de la curva descripta por el centro de gravedad, es decir, con la direccion segun la cual la bala llega, lo cual es funesto bajo el punto de vista de la penetracion. Para acabar de precisar bien esta opinion, debemos agregar que las balas sólidas que presentan una lijera cavidad en la parte trasera son preferibles á las balas completamente sólidas por que llevan su centro de gravedad hácia adelante. Este hecho fué indicado cuando se hacian indagaciones sobre las mejores formas que debia darse á las balas de ruptura, pero nada se ha decidido sobre este punto, toda la atencion se ha dirijido sobre las formas anteriores cuya importancia no es ménos considerable puesto que estas influyen sobre la pérdida de velocidad en el aire. La facilidad con la cual las balas ogivas fundidas de Gruson y que llevan una recámara en su parte posterior, perforan los costados acorazados, confirma lo que acabamos de decir; como consecuencia de la mejor posicion que resulta de esta recámara para el centro de gravedad, el ege del proyectil tiende á confundirse á cada instante con el elemento de la curva descripta por el centro de gravedad, la bala golpea bien normalmente con relacion á la direccion con que llega.

CAPÍTULO VIII

PENETRACION DE LOS PROYECTILES.

La penetracion de los proyectiles depende de una variedad de circunstancias, tales como su velocidad al momento del choque, su densidad, diámetro, naturaleza del objeto con el cual choca y la posicion relativa de este último con respecto à la trayectoria del proyectil.

Cuando se descarga una bala con una velocidad suficiente contra un cuerpo tal como un banco de tierra, una masa de madera ú otra sustancia de una naturaleza semejante, esta penetrará hasta cierta profundidad; y como esto no puede suceder sin que la bala encuentre una gran resistencia en el objeto, su velocidad disminuirá gradualmente hasta que por último quedará completamente destruida.

Con el objeto de encontrar la profundidad á la cual puede penetrar una bala un obstáculo, debe determinarse la resistencia que ella encuentra durante su penetracion, pues cualquiera que sea la calidad del obstáculo, para mayor cavidad se necesitará mayor fuerza, y mientras la elasticidad no sea considerable la bala encontrará casi la misma resistencia al principio como despues de haber penetrado á cierta profundidad; pero despues de cierto límite mientras mas se continúa la penetracion aumentará la resistencia por la mayor acumulacion y condensacion de las partes del obstáculo que se encuentran delante de la bala. La resistencia es por consiguiente una fuerza casi constante y uniforme que no depende de la velocidad sino de la fortaleza del obstá-

culo y el tamaño de la cavidad hecha por la bala la cual es proporcional al cuadrado del diámetro de esta.

Se ha demostrado teórica-y prácticamente que mientras mayor es el calibre de la bala, siendo igual su densidad, elevacion y velocidad inicial, mayor será la penetracion; así como la penetracion de una bala sólida es mayor que la de una bomba ó bala hueca de igual diámetro cuando ambas se han arrojado con la misma elevacion y velocidad inicial.

Los franceses han hecho muchos esperimentos sobre la penetracion; en Metz el año de 1834 se hicieron algunos contra piedra dura de buena calidad. En estos esperimentos los agujeros formados en la albañileria por balas perpendiculares á ella á corta distancia fueron esteriormente de la forma de un embudo cuyo diámetro medio tenia cinco veces el tamaño del de la bala, é interiormente la forma de estos agujeros fué casi cilíndrica. La forma de la porcion interna parece haber sido producida por la reaccion de la albañileria de la cual algunos pedazos fueron arrojados á una distancia de 40 á 50 metros. Alrededor de la apertura se formó una rayadura de casi el doble del diámetro de ella y la cual separó á las piedras; del modo siguiente: 1 metro 15 para el cañon de á 24, 0'9 para el de 16 y 0'8 para el de 12. Casi todas las balas se rompieron, habiendo sido arrojadas con una carga de un cuarto de su peso. El efecto de las bombas contra la albañileria fué casi imperceptible pues ellas se rompian al momento del choque, y cuando se arrojaban con cargas mínimas hacian muy poca impresion.

En aquella misma época se hicieron esperimentos con el objeto de encontrar la penetracion de los proyectiles en el fierro y de ellos se dedujo que masas de fierro fundido de mas de una yarda cuadrada de tamaño y trece pulgadas de espesor no resisten el choque de las balas ni aun con velocidades moderadas habiéndose estas roto no solo en el punto de contacto sino aun en puntos considerablemente separados de este.

Cuando se trata de destruir buques la penetracion de los

proyectiles es de la mayor consideracion; por ejemplo, si una bala entrase en el costado de un buque sin tener la suficiente fuerza de impulsion para atravesarlo completamente, será muy poco el daño que le ocasione así como tampoco se verá un buque obligado á salir de la línea en caso de estar en accion para reparar sus averias, pues mas tarde podrá hacerlo.

Para que una bala produzca un buen efecto en el costado de un buque y pueda atravesarlo completamente, es preciso que tenga suficiente velocidad final y se ha demostrado que para producir el mayor daño, es preciso que la bala haya perdido toda su velocidad en el momento en que deja de ser resistida por la madera, lo cual tiene lugar cuando la bala ha atravesado su primer hemisferio por el costado de mas afuera. Apesar de esto no debe esperarse una gran precision en la teoría, pues esta se obtiene con la práctica, puesto que la menor alteracion en la amplitud, ángulo de contacto, etc. destruirán cualquier cálculo.

La siguiente tabla sobre la penetracion de los proyectiles sólidos y huecos es tomada de la *Discusion sobre el armamento de la marina* por Simmons.

TABLA.

TABLA III

Efecto comparativo de la bala hueca de 48 lbs, cañon de 8 pul. de 65 quintales de peso ; su carga 12 lbs y viento 1 ; y la bala sólida de 32 lbs, peso del cañon 56 quint. carga 20 lbs 11 on. y viento 0′ 283.

AMPLITUD EN YARDAS.		VELOCIDAD POR SEGUNDO. BALA DE 8 pulgadas (48 LBS).	VELOCIDAD POR SEGUNDO. 32 LBS.	AMPLITUD EN YARDAS.		FUERZA DE PENETRACION RELATIVA. BALA DE 8 pulgadas (48 LBS).	FUERZA DE PENETRACION RELATIVA. 32 LBS.
Velocidad inicial.		1620	1730				
Velocidad final á una amplitud de	500.	1092	1200	Fuerza relativa de penetracion á	500....	51.136	68.302
	800.....	877	1001		800....	32.983	47.572
	1000.....	765	883		1000....	25.096	36.982
	1200.....	672	783		1200....	19.365	29.080
	1500.....	562	661		1500....	16.544	20.742
	2000.....	436	515		2000....	8.152	12.873
	2500.....	358	418		2500 ...	5.496	8.287
	3000.....	310	354		3000....	4.121	5.944

Algunas discrepancias se encontrarán constantemente en las tablas de penetracion las cuales proceden probablemente de las causas siguientes.

1° La diferencia de forma en los proyectiles del mismo calibre lacual resulta de la dificultad de fundirlos todos exactamente iguales.

2° Irregularidades en la elasticidad y densidad de los materiales contra los cuales se tira el proyectil.

3° La propension del poder de impulsion (1) á variar de intensidad no solo por ser fabricada la pólvora en diferentes lugares sino tambien por el estado de la atmósfera y otras circunstancias de ménos consideracion.

4° La imposibilidad de asegurar la manera como la huella que sigue el proyectil haga siempre exactamente el mismo ángulo con la superficie del objeto que ha golpeado; este ángulo se toma generalmente como un ángulo recto.

(1) Este poder es la pólvora.

TABLA IV. — De la Penetracion de los Proyectiles (medida inglesa).

CALIBRE.		CARGA.	DISTANCIA EN YARDAS							
			55	100	219	328	438	656	875	1094
lbs.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.
			EN BUENA ALBAÑILERIA DE MANPOSTERIA.							
36	6.796	1/3	26.4	25.6	23.8	22.2	20.8	17.9	15.0	12.2
		1/3	23.8	22.0	21.1	19.5	18.1	15.2	12.2	9.8
24	6.011	1/4	22.2	21.5	19.9	18.2	16.7	13.8	11.2	9.1
		1/6	19.7	18.9	17.3	15.7	14.4	11.8	9.7	7.9
		1/3	20.7	19.7	97.9	16.3	14.7	11.8	9.3	7.3
16	5.264	1/4	19.1	18.2	16.7	15.2	13.8	10.8	8.5	6.7
		1/6	16.7	16.1	14.6	13.0	11.6	9.1	7.3	5.9
12	4.775	1/3	18.5	17.5	15.9	14.6	13.0	10.0	7.7	6.1
		1/4	17.3	16.5	15.0	13.4	11.8	8.9	6.9	5.5
8	4.175	1/3	15.6	14.8	13.2	11.6	10.2	7.5	5.5	4.1
			EN ROBLE ENTERO.							
36	»	1/3	64.2	62.2	58.3	54.3	50.8	44.1	37.4	31.5
		1/3	57.9	55.9	51.6	47.6	44.1	37.4	30.7	24.8
24	»	1/4	55.3	52.3	48.4	44.9	41.3	35 0	28.4	22.8
		1/6	48.4	46.5	42.9	39 4	36.2	29.5	24.0	19.3
		1/3	50.0	48.0	43.7	40.2	36.6	29.9	23.8	18.5
16	»	1/4	46.5	44.5	40.9	37.4	33.9	27.6	21.7	16.1
		1/6	41.4	39.8	36.2	32.7	29.5	23.2	5.7	14.2
12	»	1/3	44.9	42.9	38.6	35.0	31.9	25.6	19.7	14.6
		1/4	42.1	40.2	36.6	33.1	29.9	23.6	18.1	13.4
8	»	1/3	38.2	36.2	32.3	28.7	25.6	19.3	12.8	10.6
OBUS.										
»	8 pulg.	4.4	27.6	26.0	22.4	19.3	16.5	13.0	10.6	9.1
»	»	2.2	15.4	14.2	12.6	11.4	10.2	8.7	7.9	7.5
»	6	3.8	31.9	30.3	26.8	23.6	20.5	15.0	11.8	9.8
»	»	2.2	26.8	25.2	21.7	18.5	15.8	11.4	9.1	7.9
»	24	2.2	26.8	25.2	21.7	18.1	15.0	10.2	7.9	6.3
			EN TIERRA COMPACTA, MITAD ARENA Y MITAD ARCILLA.							
36	»	1/3	106.3	102.4	97.3	93.4	89.4	82.3	75.6	69.7
24	»	1/3	97.3	92.6	85.9	81.1	77.2	70.1	63.8	58.3
»	»	1/4	90.2	86.7	81.5	77.6	74.0	67.3	61.8	57.1
16	»	1/3	83.5	79.6	73.6	69.3	65.8	59.9	54.4	49.2
»	»	1/4	78.3	75.2	69.7	66.5	63.4	57.9	52.4	47.3
12	»	1/3	63.4	59.9	54.7	50.8	42.2	42.9	38.6	35.0
»	»	1/4	59.1	55.9	52.0	48.8	46.1	41.3	37.4	33.9
8	»	1/3	54.7	52.0	46.9	43.3	40.2	35.4	31.9	28.7
OBUS.										
»	8 pulg.	4.4	47.3	45.3	41.7	38.0	35.4	30.3	26.0	23.2
»	»	2.2	41.7	40.2	37.0	33.9	31.1	27.2	24.0	21.7
»	6	3.3	51.2	48.8	45.0	41.0	37.4	30.7	25.2	22.1
»	»	2.2	44.1	42.5	38.6	35.0	31.9	26.4	22.4	19.7
4	»	2.2	42.9	41.0	36.6	32.7	29.1	23.2	19.9	16.1

Las penetraciones en albañileria de mediana calidad son un cuarto de las marcadas en la tabla y en muros de ladrillo tres cuartos mayor. Las penetraciones en tierra floja son un tanto mayores que la cantidad tubular y si esta hubiese sido amontonada recientemente, será casi el doble. En el olmo la penetracion es un tercio mayor y en pino ó sicómoro tres cuartos mayor que en el roble.

De los esperimentos que hicieron los franceses en Gavre en el año de 1836 se dedujo, que un proyectil no se quedará incrustado en una masa de madera mientras no penetre á una profundidad casi igual á su diámetro puesto que la elasticidad de las fibras empujará á la bala hácia afuera si este no hubiese penetrado suficientemente para que dichas fibras se junten detras del proyectil y de este modo conservarlo embutido entre la madera.

En 1848 se hicieron esperimentos para probar la penetracion de los proyectiles en el agua cuando se arrojan con pequeños ángulos de depresion hácia la superficie; sobre estos esperimentos sir Howard Douglas hace las siguientes observaciones : — « Á consecuencia de la pérdida de fuerza que sufren las balas en todos estos esperimentos, se ha inferido, que si una bala se arroja con toda la depresion que puede usarse abordo de un buque, no penetrará en el agua mas de dos pies y que por consiguiente será imposible hacer daño alguno al buque haciéndole fuego bajo de su línea de agua. Apesar de todo permitásenos dudar de la exactitud de esta inferencia hasta que no se hayan hecho nuevos esperimentos. Es muy probable que las balas cónicas penetrarán hasta cierta profundidad entre el agua y dañarán al buque bajo de la linea de agua. »

Esta opinion de sir Howard Douglas ha sido rectificada por esperimentos posteriores. Un proyectil arrojado con un cañon de Whitworth atravesó 33 pies de agua y en seguida penetró el costado de un buque de un espesor de 12 á 14 pulgadas de planchas y cuadernas de roble. De aquí se deduce que los proyectiles oblongos llegarán á ser muy destructores contra buques cuando

se arrojan á corta distancia de manera que hagan su efecto á algunos pies debajo de la línea de agua porque en este caso será muy difícil, si no imposible, tapar las perforaciones hechas por estos.

Con el objeto de que los proyectiles oblongos puedan penetrar en el agua, y no reboten sobre su superficie, su ege mas largo debe estar tangente ó casi tangente á la trayectoria.

Las siguientes tablas han sido estractadas de la obra del almirante Dahlgren sobre bombas y cañones bomberos.

TABLA V

Penetracion de las balas solidas y bombas de los cañones de la marina de los E. U. contra roble blanco bien maduro.

CAÑONES.	CARGA.	PROYECTIL.	VELOCIDAD INICIAL.	PENETRACION, ETC.			
				500 YARDAS.	1000 YARDAS.	1500 YARDAS.	2000 YARDAS.
	lbs.		pies.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.
18 lbs largo.....	6	Bala.	1720	28.9	17.9	11.0	6.9
24 —	8	»	1720	33.5	21.8	14.1	9.3
32 lbs de 32 quint.	4 1/2	»	1250	26.4	18.5	12.7	8.8
32 — 42 quint.	6	»	1450	32.0	22.0	15.0	10.3
32 lbs largo.....	9	»	1700	38.7	26.5	18.2	12.5
42 —	10 1/2	»	1620	41.7	29.7	21.1	15.1
64 —	16	»	1620	49.9	37.3	27.9	20.8
8 pulg., 55 quint.	7	Bomba.	1350	29.2	20.0	14.0	9.7
8 — 63 quint.	9	»	1500	33.2	23.0	15.9	11.0
10 — 86 quint.	10	»	1160	32.1	24.2	18.2	13.7

« Las cantidades que marca la anterior tablilla deben considerarse solo como la penetracion media, deducida de una série de tiros hechos contra un blanco. »

Con el objeto de probar la penetracion de los proyectiles en fierro fundido forjadou se han hecho esperimentos en varias ocasiones y en distintos lugares principalmente en Inglaterra en los arsenales de Woolwich, Portsmouth y Shoeburyness. Sir Howard Douglas da los siguientes resultados de los que se hi-

cieron en Portsmouth en el año de 1854. — Durante los meses de setiembre y octubre, 1854, se hicieron algunos esperimentos en Portsmouth con el objeto de probar la resistencia de planchas de hierro forjado contra balas sólidas y huecas y los resultados son los siguientes : — el blanco era una seccion de una fragata cubierta con planchas de hierro forjado de 4 1/2 pulgadas de espesor y los proyectiles empleados fueron la bala sólida de 32 y 68 y la bala hueca de 10 y de 8 pulgadas. A 400 yardas, la bala sólida de 32 y las huecas de 10 y de 8 pulgadas solo hicieron unas abolladuras de 1 1/2, 2 1/2 y 1 pulgadas; pero la bala sólida de 68 arrojada que fué con 16 libras de pólvora, penetró las planchas. Estas estaban todas rajadas en los agujeros de los pernos los cuales se encontraban separados un pié el uno del otro y por consiguiente se resolvió que estos se colocasen lo mas distante posible.

La consecuencia que se dedujo de estos esperimentos fué que las planchas de hierro de 4 1/2 pulgadas aplicadas á los costados de los buques serán una proteccion para estos en accion contra balas sólidas de 32 y huecas de 8 y 10 pulgas, pero de muy poca utilidad contra la bala sólida de 68 libras.

Mas tarde se han hecho nuevos esperimentos sobre la penetracion de los proyectiles con los cañones monstruos que hoy se emplean en la marina los cuales han dado resultados muy satisfactorios. En su debido lugar nos ocuparemos de esta clase de artillería.

CAPÍTULO IX

PÓLVORA. — SU FABRICACION. — PRUEBA. — PÓLVORA DE ALGODON.

La pólvora de guerra es una mezcla cuyos componentes combinados químicamente bajo la influencia de un acrecentamiento brusco de la temperatura engendran gases y vapores que por su espansion súbita ponen en movimiento á los cuerpos. Muchas investigaciones y disertaciones se han hecho para descubrir la fecha del descubrimiento de la pólvora y sobre el nombre de su inventor, pero hasta hoy nadie está acorde sobre ninguno de estos puntos aunque se sabe que las propiedades incendiarias de las mezclas de carbon, azufre y salitre les eran conocidas á los chinos y á los indios desde la mas remota antigüedad y un poco mas tarde á los árabes y griegos del bajo imperio los cuales hacian con el aceite de nafta ó de petroleo la base de los fuegos griegos. Muchos le atribuyen este descubrimiento al frayle ingles Roger Bacon nacido en Ilchester en el año de 1214 y muerto en 1285 y otros al frayle aleman Berthold Schwartz inteligente químico, quien debido á una casualidad encontró el poder balístico de la pólvora.

Empleada al principio en el estado de *polvorin*, la pólvora principió á ser graneada en el siglo XVI.; desde esta época las proporciones de sus componentes y los principios de su fabricacion no han variado sino muy poco. En un principio las proporciones francesas fueron las siguientes : salitre 75 partes, azufre 12.5 y carbon 12.5, total 100 partes; pero á consecuencia del nuevo armamento de pequeño calibre ha habido necesidad de modi-

ficar estas proporciones y su manipulacion. La pólvora nueva que se distingue por la letra B ha sido adoptada despues de probar otras muchas y se le han dado las siguientes proporciones : salitre 74 partes, azufre 10.5 y carbon 15.5, total 100 partes. Esta tiene la ventaja de engrasar ménos las armas y de dar mayor velocidad inicial.

Desde el año de 1818 se fabrica en Francia pólvora de fusil, de cañon, de caza y de mina ; esta última se compone de 62 partes de salitre, 20 de azufre y 18 de carbon, con el objeto de que su defragracion sea mas lenta y que la humedad la deteriorase ménos.

Todas las naciones que han usado la pólvora han adoptado generalmente la fórmula siguiente : Tres cuartas partes mas ó ménos del peso en salitre, medio cuarto de carbon y medio cuarto de azufre. El salitre contiene en cantidad suficiente el oxígeno, elemento destinado á quemar el azufre y el carbon y á transformarlos en gaz ácido-sulfuroso y ácido carbónico. El salitre al descomponerse bajo la influencia del calor cede su oxígeno á este y al azufre y cambia estos cuerpos simples en gases ácidos-sulfurosos y carbónicos. El azotato de potasa descompuesto así deja como residuo el azoe que se agrega á la mezcla gazeosa que resulta de la combustion y forma casi la mitad de la totalidad de esta mezcla gazeosa.

Ademas de estos productos gazeosos se forman tambien productos sólidos tales como el sulfuro de potasio y el súlfuro de potasa; esta última sal proviene de la combinacion del azufre con los productos de la descomposicion del salitre.

Pero estos cuerpos al encontrarse en un medio de temperatura muy elevada se volatilizan por la accion de este excesivo calor y se agregan en el estado de vapores á la mezcla gazeosa. Una parte de los productos sólidos sublimados se descompone á lo largo de las paredes del arma que estan relativamente frias y se descomponen tanto mas cuanto la temperatura producida en el arma por la combustion de la pólvora es ménos elevada y que la fuerza de

proyeccion que arrancaria estas partículas de las paredes es ménos enérgica.

Los efectos esplosibles de la pólvora tienden pues á que esta sustancia tenga la propiedad de transformarse rápidamente en una masa considerable de gaz. Es una materia sólida que, en un instante se cambia en gaz cuyo volúmen sobrepasa de quinientas á seiscientas veces el de la sustancia sólida empleada. Se podria comparar su efecto sobre un proyectil á la accion de un resorte de acero de un poder considerable que estuviese colocado detras del proyectil y el cual estendiéndose repentinamente produciria su efecto en un espacio de tiempo excesivamente corto.

Para conservar esta comparacion, supongamos que, siendo colocado un resorte estendido en el interior de una arma cualesquiera y delante de este el proyectil, si se quiere obtener un efecto balístico superior no deberá estenderse súbitamente el resorte de tal suerte que el proyectil no sufra sino un choque brusco y quede en seguida abandonado por el resorte despues del choque. Evidentemente sera mejor hacer obrar el resorte progresivamente durante todo el tiempo que el proyectil pone para recorer el interior del arma. El máximo de fuerza sera comunicado al proyectil á condicion de que el resorte tocando siempre á esta hasta su salida del arma haya en este momento, es decir, cuando llegue á la estremidad del cañon, agotado todo su poder. Por consiguiente, será preciso que la carga de pólvora se queme toda entera ántes que el proyectil haya salido de la boca del arma.

La comparacion del efecto esplosible de la pólvora con la accion de un resorte es muy justa y muy comoda; pero no debe abusarse de nada, ni de las comparaciones ni de los resortes si queremos mantenernos en el terreno de la lójica y de la práctica. Abandonemoslas pues por un momento y digamos, volviendo á nuestro verdadero objeto que resulta de las consideraciones que preceden, que se debe calcular el largo de las armas así como la fuerza y cantidad de pólvora de manera que la carga entera se haya quemado ántes que el proyectil salga del arma.

Si suponemos la velocidad del proyectil en el arma de trescientos metros por segundo y el largo del cañon de un metro, para que la carga de pólvora produzca su máximo de efecto será preciso que se queme en ménos de $\frac{1}{300}$ de segundo. Se comprenderá fácilmente que si la pólvora se quema mas lentamente, una porcion de los granos no quemados serán lanzados como un proyectil por los gases y no se quemarán sino en el esterior del cañon, es decir, sin ningun efecto útil. Esto es lo que sucede cuando la pólvora está húmeda. Cuando al contrario la pólvora se quema muy pronto los gases no ejercen su accion gradualmente, una parte del arma es inútil, el proyectil pierde su fuerza por el frotamiento contra las paredes y el arma es muy larga para el efecto que produce.

Segun estos principios, en la práctica se hace variar el largo de las diferentes armas segun la distancia á que se quiere tirar y se aumenta ó disminuye el peso del proyectil segun la resistencia del arma. Ademas de las consideraciones que preceden la combustion muy lenta ó muy rápida de la pólvora presenta otros inconvenientes. La pólvora que se quema muy lentamente engrasa las armas; aquella que se quema muy lijero es *destructora*, *fulminante*, es decir, que puede hacerlas reventar ó cuando ménos deteriorarlas muy pronto.

La pólvora que se quema muy lentamente no desarrolla sino una temperatura poco elevada puesto que se quema en menor masa á la vez y que las causas del enfriamiento pueden obrar de una manera mas eficaz; en segundo lugar su accion no siendo súbita, supera mas difícilmente la inercie del proyectil así como la aderencia á las paredes del arma de las partículas sólidas que resultan de la combustion de la pólvora.

Las *pólvoras fulminantes*, es decir, de defragracion instantánea rompen las armas porque ántes que los gases que provienen de la combustion hayan tenido tiempo de destruir la inertia del proyectil y de ponerlo en movimiento, han adquirido una tension

enorme que puede sobrepasar el grado de resistencia de las paredes del cañon y romperlo. Es pues esencial fabricar las pólvoras bien homogéneas de composicion, es decir, semejantes entre ellas y cuyas propiedades esplosivas sean siempre las mismas y se adapten á las armas que no sean ni muy largas ni muy pesadas: do otro modo, cuya combustion no sea muy rápida para lo cual se necesitaria que las armas fuesen muy espesas y cortas y por consiguiente impropias para un tiro exacto, ni muy lenta, lo cual necesitaria armas muy largas y que no podrian usarse con facilidad. Si como ántes se hacia se dejase la pólvora en forma de *pólvo* su combustion no tendria lugar sino muy lentamente por lo cual se le da hoy la forma no de una sustancia pulverulenta sino de granos de un cierto volúmen.

Hé aquí por qué razones.

El mecanismo de la explosion de la pólvora como el de toda explosion es el siguiente: un punto cualesquiera de la masa sube á una temperatura suficiente para que haya combustion, es decir, combinacion con el oxígeno; esta primera combustion provoca un nuevo desarrollo de calor en general muy vivo. La capa que rodea el primer punto defraga, esta primera capa inflama á la segunda y así sucesivamente. El calor va pues siempre aumentando desde el primer momento y la marcha de inflamacion es tanto mas rápida cuanto la masa que se debe encender es mas rápidamente penetrada por el calórico.

Si se hiciese uso de polvo de pólvora, el calor no se propaga sino con una grande dificultad al través de este cuerpo que es muy mal conductor del calórico y que no deja entre sus partículas sino espacios microscópicos al que muy pronto tapan unas nuevas partículas que absorben el calor emitido. Si al contrario se hace uso de pólvora á la cual se haya dado la forma granulosa, el aire que separa los granos los inflama mas pronto y el calor proveniente de la combustion de cada grano se trasmite mas rápidamente de un punto á otro de la masa.

Por esta razon se usa la pólvora graneada de cuya operacion nos ocuparemos mas tarde.

Tambien se ha juzgado conveniente alisar la pólvora. Esta operacion consiste en endurecer y pulir la superficie del grano para que no se reduzca de nuevo á polvo durante su manipulacion ó cuando se le trasporta de un punto á otro.

Miéntras mas grandes son los granos de la pólvora mas lenta es su combustion. El diámetro de los granos de la pólvora de cañon que se fabrica hoy en Francia es de dos milímetros y medio ($2^{mm}.5$) y un milímetro y cuarto ($1^{mm}.4$); el de los granos de la pólvora de fusil es entre un milímetro y cuarto ($1^{mm}.4$) y cero seis ($0^{mm}.6$); para la pólvora de caza los granos son aún mas pequeños.

En resúmen la pólvora está compuesta únicamente en todos los países, de azufre, salitre, y carbon perfectamente molidos é íntimamente mezclados, divididos en granos de un grueso determinado, en seguida alisados y por último refinados.

Hemos dado ya las proporciones que usan en Francia para la composicion de la pólvora; la siguiente tablilla de las proporciones ó receta es usada para la pólvora en otros países.

TABLA VI

NACIONES.	PÓLVORA DE CAÑON.			PÓLVORA DE FUSIL.		
	SALITRE.	CARBON.	AZUFRE.	SALITRE.	CARBON.	AZUFRE.
Inglaterra	75.0	15.0	10.0	76.5	14.5	9.0
»	75.0	17.0	8.0	78.0	12.75	9.0
»	76.0	14.5	9.5	78 0	13.5	9.0
Austria	70.0	17.0	13.0	75.5	13.2	11.3
»	76.0	13.0	11.0	»	»	»
Suisa	76.0	14.0	10.0	76.0	14.0	10.0
China	75.7	14 4	9.9	»	»	»
España	76.5	12.7	10.8	»	»	»
Estados-Unidos	75.0	12.5	12.5	»	»	»
Holanda	70.0	16.0	14.0	»	»	»
Italia	76.0	12.0	12.0	»	»	»
Prusia	75.0	13.5	11.5	»	»	»
Rusia	71.0	17.5	11.5	80.0	11.3	8.7
»	75.0	15.0	10.0	»	»	»
Suecia	75.0	16.0	9.0	»	»	»
Sajonia	75.5	16.3	8.2	76.5	13.0	10.5

Vamos ahora á hacer conocer los tres componentes de la pólvora : á saber, el azufre, carbon y salitre.

Salitre. El salitre ha tomado el nombre de su orígen natural. En el siglo VIII. los sabios que entónces no escribían sino en latin lo llamaban *sal-petra*, es decir sal de piedra puesto que en efecto se le estrae de ciertas piedras en la superficie de las cuales se produce naturalmente. En la época de la creacion de la nomenclatura química se colocaba con razon el salitre entre las sales y se le daba el nombre de nitrato de potasa y mas tarde el de azotato de potasa porque este resulta de la combinacion del ácido nítrico ó azótico con la potasa. Las palabras *salitre*, *nitro*, *nitrato de potasa* y *azotato de potasa* son pues sinónimas.

El salitre se encuentra en los muros ó paredes húmedas en la superfície de las cuales forma una especie de agujitas blanquecinas de un savor frio y picante. Cómo se produce este espontaneamente en la naturaleza? El ácido azótico nace de los elementos del aire en las tempestades á consecuencia de la combinacion del oxígeno con el azoe. Bajo la influencia de la descarga eléctrica el oxigeno y el azoe que existen en el aire se combinan y forman el ácido azótico. Este ácido cae, disuelto por el agua de la lluvia, sobre la tierra, y combinándose con las cales la magnesia ó la potasa que existe en el suelo forma el azotato de cales, de magnesia y de potasa.

Sin embargo este orígen del salitre no es de la mayor importancia. Es bajo otras condiciones naturales que esta sal se produce con abundancia.

Siempre que el oxígeno y el azoe se encuentran el uno en presencia del otro desprendidos de una combinacion cualquiera, se unen y forman el ácido azótico. Si en las proximidades de estos existe una base alcalina ó terrosa, como potasa, cal, ó magnesia, esta base se combina con el ácido azótico y forma los azotatos de potasa, de soda, de cal, de magnesia ó de amoniaco. La presencia de estas bases precipita y provoca por decirlo así la formacion de ácido azótico.

El salitre se forma naturalmente en todos los lugares húmedos endonde existen materias animales ricas en azoe, es decir, en las bodegas, establos, etc., así como en los muros de las habitaciones; en estos últimos solo se produce hasta una cierta altura porque la humedad es una condicion indispensable para su formacion: en efecto, jamas se le encuentra á mayor altura que el primer piso de las casas. La formacion del nitro es una causa incesante de destruccion en las paredes. En todos los lugares endonde ha existido la vegetacion las capas superficiales del suelo encierran alguna cantidad de salitre puesto que el ácido azótico y la potasa han sido allí formados por la descomposicion de los vegetales.

El salitre existe acumulado en grandes cantidades en ciertas partes de España, Egypto, la India y la America meridional. Realizando artificialmente las condiciones mas favorables á la produccion del salitre y exagerando estas se han llegado á crear nitreras artificiales. Se llama así á unas fosas llenas de una mezcla grosera de yeso ó de tierras calcáreas con los despojos de sustancias animales en putrefaccion. Esta industria existe en la Normandia, Suiza y Suecia.

Sin embargo ella es muy poco remuneradora puesto que el salitre se forma naturalmente, con tanta abundancia y facilidad que seria inútil recurrir á la intervencion del arte. Ántes de que el salitre sea empleado en la fabricacion de la pólvora es necesario refinarlo. Este procedimiento es algo largo y no trataremos aquí de describirlo puesto que nuestro objeto es solo el de demostrar sus calidades y el uso que de él se hace como componente en la pólvora.

Debemos agregar que existe aún un azotato natural llamado azotato de soda y que podria servir sin ninguna purificacion para preparar la pólvora. Se le encuentra en grandes cantidades en el sur del Perú. Muchas veces se han hecho ensayos para sostituir este azotato de soda con el azotato de potasa en las manufacturas de pólvora; pero se ha encontrado que la pólvora preparada con este producto natural no tiene una fuerza esplosiva sufi-

ciente y ha sido preciso conformarse con el salitre de potasa.

Carbon. El carbon es el elemento esencial de la pólvora, jamas se ha pensado remplazarlo por ningun otro combustible. En efecto no se encontraria un cuerpo mas maniable, barato y que por su combinacion con el oxígeno diese un mayor volúmen de gaz.

El carbon de que se hace uso para la preparacion de la pólvora proviene de la madera descompuesta por el calor.

La madera es un cuerpo muy complexo formado de un gran número de combinaciones diversas entre los cuatro elementos de que se compone y que son : el carbon, el hydrogeno, el oxígeno y el ázoe.

La carbonizacion, es decir, la estraccion del carbon de la madera que lo encierra consiste en colocar esta al abrigo del oxígeno del aire á fin de que no se queme ; en seguida á elevarlo á una temperatura que los númerosos componentes de los cuatro cuerpos simples citados no pudiendo resistir á la elevacion de la temperatura se separen y formen combinaciones de un órden mas simple, en general gazeosos, dejando como residuo fijo é infusible el carbon. Por la accion del calor el oxígeno de la madera se desprende en el estado de ácido carbónico y de óxido de carbon, el hydrógeno en el estado de vapor de agua ó de hydrógeno-carbono ; el azoe al estado de cuerpo simple ó bien asociado al hydrógeno y formando amoniaco ó mas bien carbonato de amoniaco. El carbon materia fija é infusible constituye el residuo de esta composicion.

Durante mucho tiempo en Francia como en otros paises se ha preparado el carbon en muelas construidas en el medio de los bosques con ramas de árboles.

Las muelas de las carboneras son unos grandes montones de ramas cubiertas de tierra en su parte superior ; en el centro se coloca un puntal y alrededor de él se apoyan los primeros troncos que se van á carbonizar, de tal suerte que quede un espacio libre lleno de aire teniendo cuidado de que se comunique por un canal que debe dejarse entre los otros troncos. Estos están dispuestos

por capas paralelas y recostados los unos sobre los otros sin que haya vacio intermediario. Cuando se ha acabado de formar la muela se da fuego á unas materias muy combustibles que deberán haberse dejado en el centro y que se tiene cuidado de remplazar á medida que se consumen. Bien pronto, calentándose la masa los gases se desprenden por la parte superior y entónces se manifiesta una semi-combustion.

Al cabo de algunas dias se ahoga el fuego cubriéndolo con un petate mojado y se deja efriar la masa. De este modo se obtiene

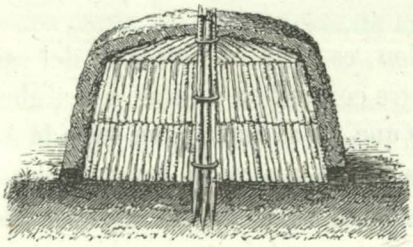


Fig. 14.

unas diez y seis partes de carbon por ciento de madera sin corteza (figura 14).

Á este antiguo método de preparacion del carbon se le ha sostituido por otro de un systema mas sabio calculado con el objeto de evitar las pérdidas del producto.

La carbonizatiun en vasijas cerradas se ejecuta en cylindros de hierro fundido, AB (fig. 15) semejantes á aquellos que se emplean para la fabricacion del gaz del alumbrado. Uno de los lados del cylindro está cerrado por una plancha movible B, el otro lado está atravesado por un agujero tapado con unos palillos C de la misma madera que aquella sobre la cual se opera. Un tubo encorvado AE, da paso á los productos volátiles que se dirijen á una fosa F, y de los cuales no se hace caso puesto que toda la atencion debe dirijirse á la carbonizacion de la madera. De tiempo en tiempo se retira el palillo que tapa al tubo C á fin de poder juz-

gar del progreso de la operacion. Cuando se cree esta suficientemente avanzada se apaga el fuego. Los cylindros no se descar-

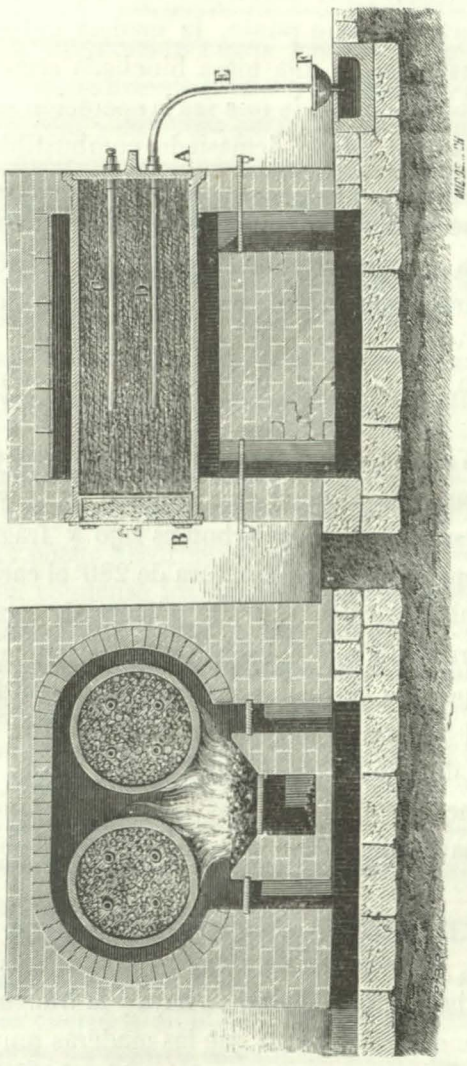


Fig. 15. — Cylindros de hierro para la carbonizacion.

CAP. DE NAVIO
JULIO J. ELIAS MURGUIA

gan sino al dia siguiente porque la esposicion al aire del carbon todavia caliente y prodigiosamente poroso podria causar una inflamacion espontánea.

Por medio de la carbonizacion hecha de este modo se obtienen cuarenta partes de carbon por ciento de madera calcinada.

Este procedimiento presenta algunos inconvenientes. Si el calor es muy fuerte sobre un punto, la madera entra como en fusion y se transforma en una masa hinchada semejante al coke. Ademas, por bien conducida que sea la operacion nunca produce sino un carbon rojo que es demasiado combustible para entrar en la composicion de la pólvora, el cual deterioraria las armas de tal suerte, que el consejo superior de artillería en Francia, temiendo por la conservacion de su material, decidió adoptar el systema de carbonizacion antiguo. Se ha dicho con razon, tal carbon tal pólvora; se comprenderá pues con que cuidado debe procederse en la fabricacion del carbon para obtener buenos efectos.

Segun M. Violette, la madera calentada á 150° da un carbon de color moreno que al quemarse produce llama y humo como la madera misma: á 270° el carbon es rojo y frágil y siempre da llama. Preparado á la temperatura de 280° el carbon es friable y muy inflamable, excelente para la pólvora de caza. Á los 340° de temperatura se obtiene el carbon negro destinado á la preparacion de la pólvora de fusil y á los 442° obtenidos por medio del vapor, el carbon es muy negro y propio para la fabricacion de la pólvora de cañon.

La preparacion del carbon por medio del vapor *recalentado* da unas 42 partes de carbon por 100 partes de madera sin corteza.

Para fabricar el carbon destinado á entrar en la fabricacion de la pólvora, se hace uso de maderas muy lijeras tales como la cañamiza, el bonetero, el álamo, la haya y la frángula.

Se comprenderá fácilmente que las maderas muy pesadas producen carbones densos, y las maderas lijeras carbones lijeros, puesto que el carbon conserva mas ó ménos la forma y la estructura de la madera de donde se ha estraido.

Las propiedades del carbon son sumamente diversas segun

las maderas de donde se le ha retirado y el modo de carbonizacion de que se ha hecho uso.

El color del carbon depende de su calcinacion mas ó ménos completa. Es perfectamente negro, cuando ha estado sometido á una temperatura suficiente y bastante prolongada. Ménos bien carbonizado es rojo y entónces participa de las propiedades de la madera, es decir que produce llama al quemarse. Las pólvoras hechas con carbon rojo se queman muy pronto y son rompientes; ademas el carbon rojo se pulveriza mal.

El carbon es hygrométrico, es decir, que atrae la humedad del aire; por esta absorcion de agua aumenta su peso y se hace ménos combustible. La pólvora por el carbon que ella encierra es hygrométrica. Si se le deja espuesta al aire húmedo pierde sus calidades.

El carbon como todos los cuerpos porosos tiene la propiedad de acumular, condensar entre sus poros y encerrar enormes cantidades de gaz: puede absorber hasta 200 ó 300 veces su volúmen. El carbon condensa los gases con ménos poder que la platina; pero cuando está recientemente preparado y reunido en grandes masas puede absorber bastante aire y producir una combustion espontánea.

A pesar de todo, la condensacion de los gases por el carbon tiene un efecto útil cuando se trata de la pólvora. Los gases encerrados en la pólvora al separarse en el momento de la explosion añaden su efecto al de los otros gases y aumentan el poder balístico de la carga.

Azufre. El azufre es un cuerpo simple esparcido abundantemente en la naturaleza, sobre todo, en el estado de combinacion. En el estado de cuerpo simple se le encuentra mezclado con la tierra alrededor de los centros volcánicos. Existe en el interior de diferentes terrenos combinado con los metales y formando súlfuros. Los mas importantes de estos súlfuros naturales son los pyritos, es decir, los súlfuros de cobre y de hierro.

El azufre bruto que se obtiene en Sicilia y otros lugares con-

tiene muchas impurezas y sobre todo tierra. Se le puede emplear en este estado para la fabricacion de ácido sulfúrico pero no para la pólvora y otros usos industriales. Se le purifica completamente sometiéndolo á la destilacion. Siendo el azufre volátil basta colocarlo en un aparato destilatorio construido convenientemente y recojer sus vapores para separarlo de todas las impurezas.

El aparato para la destilacion del azufre (fig. 16) se compone de un recipiente A endonde se coloca el azufre roto en pedazos. Derretido por el calor del horno, el azufre corre por un tubo *aa* y se dirije á una canal de fierro fundido B, calentado con carbon de piedra. El azufre se reduce aquí á vapores que pasan por dentro de una gran recámara C, hecha de cal y ladrillo y cuya base está lijeramente inclinada. Miéntras que esta recámara está fria, el azufre se deposita en sus paredes bajo la forma de polvo. En este estado se le podria recojer: esto es lo que se llama *flor de azufre*. Cuando la operacion se prolonga, la recámara se calienta, los depósitos formados en las paredes se funden y el azufre líquido forma una capa sobre el fondo de la recámara. Para recojerlo se ritira una plancha de fierro fundido que cierra esta pared por medio de la caña DD'. El azufre cae entónces en el recipiente E. En este depósito se mantiene en fusion puesto que está calentado lijeramente. De aquí los operarios lo sacan con unas grandes cucharas y lo hechan en unos moldes de madera L rodeados de agua. Estos moldecitos llamados *cañones* de azufre se depositan en una caja M.

Nótese que en la parte superior de la recámara hay una abertura H cerrada por una válvula la cual se abre cuando la presion del vapor es muy grande: entónces el aire puede entrar á la recámara y hacer volver la presion á su estado normal. Cuando no se hacia uso de esta precaucion el vapor interior hacia muchas veces saltar la recámara y esponia á los operarios á ser quemados ó asfixiados.

El azufre purificado de este modo tiene un color amarillo canario: es dos veces mas pesado que el agua. Es tan mal conductor del calor que, teniendo en la mano un pedazo se siente rajarse á

consecuencia de la ruptura interior de sus cristales, determinada por la dificultad del paso del calórico á el interior de su sustan-

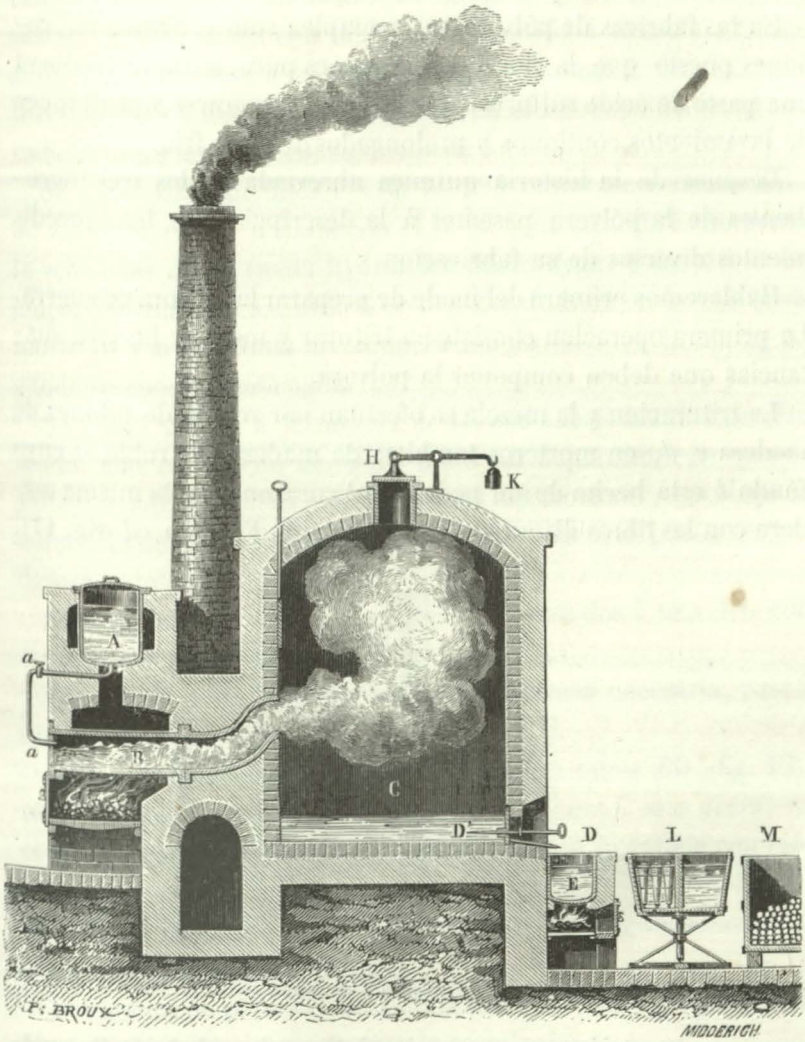


Fig. 16.

cia y muchas veces sucede que este se rompe en muchos pedazos. He aquí la manera como esto tiene lugar. Las partes calentadas por el contacto de la mano se dilatan ántes que el calor se haya

comunicado á las partes vecinas y como la adherencia entre las diversas porciones es muy débil toda la masa se separa bruscamente en uno ó dos pedazos.

En las fábricas de pólvora no se emplea sino el azufre en cañones puesto que la flor de azufre no es pura, siempre conserva una parte de ácido súlfuroso que no podria separarse sino despues de lavamientos continuos y prolongados de agua fria.

Despues de la historia química abreviada de los tres ingredientes de la pólvora pasemos á la descripcion de los procedimientos diversos de su fabricacion.

Hablaremos primero del modo de preparar la pólvora de guerra. La primera operacion consiste en triturar y mezclar las tres sustancias que deben componer la pólvora.

La trituracion y la mezcla se efectúan por medio de pilones de madera *c*, *d*, en morteros tambien de madera de roble *a* cuyo fondo *b* está hecho de un pedazo del corazon de esta misma madera con las fibras dispuestas verticalmente. El pilon *cd* (fig. 17),

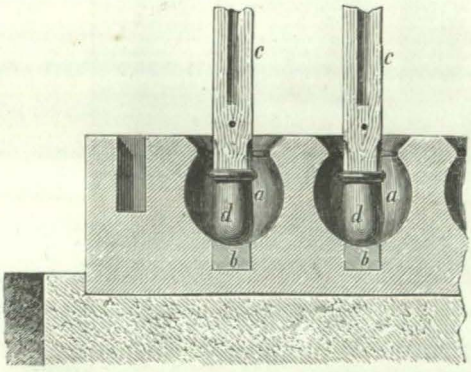


Fig. 17. — Pilones y morteros.

que pesa 40 quilógramos es hecho de una pieza de haya llevando á su estremidad una caja *d*, formada de una mezcla de 80 partes de cobre y 20 de estaño. Estos pilones caen de una altura de medio metro mas ó ménos y dán 50 ó 60 golpes por minuto. Los mueve una rueda hydraúlica dentada.

Las proporciones de salitre, carbon y azufre son generalmente las siguientes para cada mortero : 1 ^{quil}, 25 de carbon y la misma cantidad de azufre á las cuales se agrega 1 ^{quil} de agua. Estas dos sustancias se mezclan con la mano durante cinco minutos ; en seguida se les trasvasa á un arcaduz y se les agrega 7 ^{quil} 1/2 de salitre tamizado. Esta mezcla se coloca en el mortero. La carga de cada mortero será por consiguiente de 11 ^{quil}.

Se comienza por moler esta mezcla suavemente dando solo 30 á 40 golpes por minuto con el pilon y en seguida se aumenta la velocidad de la rueda hydraúlica hasta llegar á dar 55 ó 60 golpes por minuto. La mezcla se trasvasa de hora en hora á otros morteros y se continúa así la operacion durante 11 horas agregando frecuentemente agua.

Se llama galleta á la mezcla de las sustancias batidas de este modo. Este cambio de morteros tiene por objeto impedir que la galleta se adhiera fuertemente al fondo del mortero y que bajo la influencia del pilon llegue á un estado de calor que puede ser peligroso.

Estas galletas se dejan al aire libre durante dos ó tres dias con el objeto de que sé sequen.

Cuando la pasta ha adquirido la consistencia necesaria, pasa á ser graneada.

Esta operacion se hace con la ayuda de un tamiz BO (fig. 18), sobre el cual se mueve un disco de madera dura C mas grueso en el centro que á los bordes. El operario rompe la galleta con este disco de madera y los fragmentos atraviesan los agujeros del tamiz. Se comprende que los agujeros del tamiz determinan el grueso del grano de la pólvora.

Los granos de pólvora formados por el paso de los fragmentos á través de la criba se escapan por los conductos *o*, *o*.

Si se quieren obtener granos de pólvora mas pequeños, se coloca otra criba IH, de agujeros mas pequeños, debajo de la primera.

Para pavonar la pólvora se hacen jirar los granos en unos bar-

riles A, A' (fig. 19), montados sobre un eje horizontal DB. En el interior de estos barriles se encuentran dispuestas unas piezas de madera clavadas á lo largo, allí se colocan los granos de pólvora

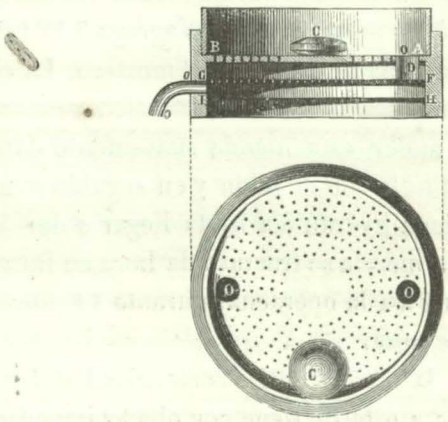


Fig. 18. — Tamiz corte horizontal y corte vertical.

humedecidos con doce por ciento de agua. Esta agua tiene por objeto disolver un poco el salitre. El frotamiento imprimido á los granos les dá brillo y los pule.

Las aberturas y los embudos *o*, *o* están destinadas á dejar correr la pólvora y pasar á los barriles *k*, *k* cuando se ha terminado la operacion. Las pólvoras de guerra no reciben sino un lijero pavon. La duracion de la operacion es mas larga para la pólvora de fusil que para la pólvora de cañon y mucho mas aun para la pólvora de caza. La última operacion que se hace con la pólvora es secarla, lo cual se efectúa al aire libre si el tiempo es bueno, de lo contrario es necesario secarla artificialmente : esto se hace estendiéndola sobre unos paños colocados encima de grandes cajas por las cuales se hace pasar una corriente de aire caliente. Esta operacion presenta algunos inconvenientes vista la dificultad que hay de mantener la corriente de aire caliente á una temperatura igual.

La pólvora al secarse deja una cantidad de polvo, la cual se quita por medio de la refinacion. Esta es la última operacion que

sufre la pólvora, despues de lo cual no queda ya sino embarrilarla.

El trasporte y almacenaje de la pólvora son operaciones sumamente delicadas y aun peligrosas.

Para trasportar la pólvora se le encierra en barriles de 50 ó 100 ^{kil}; estos barriles están encerrados dentro de otros mayores

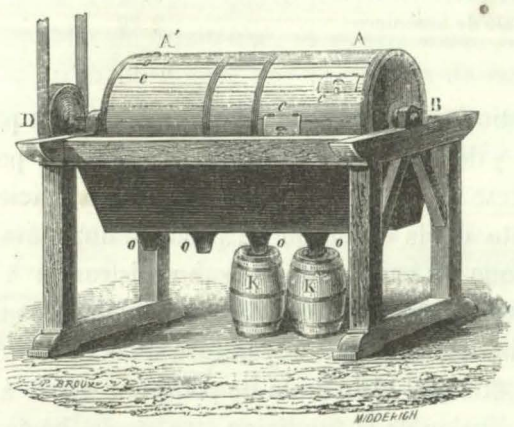


Fig. 19. — Aparato para pavonar la pólvora.

llamados *capas*. Los cuerpos gazeosos ó sólidos que se forman durante la esplosion de la pólvora han sido analysados por los químicos con un estremo cuidado. Se ha determinado la cantidad de los gases formados por un peso dado de pólvora, la composicion de estos gases, su temperatura y la fuerza elástica que los anima.

Segun los esperimentos hechos en 1859 por M. Bunsen, los productos de la combustion de 100 gramos de pólvora son los siguientes :

PRODUCTOS GENERALES.	GRAMOS.		LITROS.
Acido carbónico	20.20	=	10.171
Azoe	9.98	=	7.940
Oxido de carbon	0.94	=	0.749
Hydrógeno	0.02	=	0.234
Acido sulfurico	0.18	=	0.116
Oxígeno	0.14	=	0.100
	31.38	=	19.310

PRODUCTOS SÓLIDOS.	GRAMOS.	
Sulfato de potasa	42.27	»
Carbonato de potasa	12.64	»
Hyposulfito de potasa	3.27	»
Sulfuro de potasio	2.13	»
Sulfucianurio de potasio	0.30	»
Acetato de potasa	3.72	»
Carbon	0.73	»
Azufre	0.14	»
Carbonato de amoniaco	2.86	»
	68.06	

La combustion es incompleta puesto que de una parte queda oxígeno libre y de otra carbon y azufre que habrian podido quemarse si hubiese existido el oxígeno en cantidad suficiente.

Al momento de la esplosion se produce una elevacion tal de temperatura que los gases dilatados subministrarian 4,000 veces el volúmen de la carga de pólvora ; si los elementos del agua se separan, se desasocian á la temperatura de la fusion de la plata, es decir, á 1,000°; si el hydrato de potasa no existe á la temperatura de la fusion de la fundicion, es decir, hácia 1,200°, es probable que, no solamente el volúmen subministrado por los gases deba aumentarse á consecuencia de la separacion de sus elementos, sino aun que los productos sólidos deben ser volatilizados y descompuestos como los productos gaseosos; de tal suerte que seria preciso apreciar en mucho mas alto el volúmen subministrado por la gasificacion de la pólvora que detona.

Lo que prueba aun mas que los productos sólidos son volatilizados al momento de la esplosion, es que cuando se inflama una buena pólvora sobre una hoja de papel blanco, no deja, despues de haberse quemado ninguna traza de materia sólida.

La evaluacion precisa de la temperatura producida por la esplosion de la pólvora, es muy difícil, porque esta temperatura varía en los esperimentos segun la cantidad de pólvora sobre la cual se opera. Como quiera que sea, debe ser colocada esta entre la temperatura de fusion del cobre amarillo y del cobre rojo porque algunas partículas del primer metal mezcladas con la

pólvora se encuentran constantemente fundidas miéntras que, las del segundo lo son rara vez. Esto es lo que ha hecho evaluar la temperatura de la esplosion de la pólvora á mas de 2400°.

Las diverjencias de opinion que reinan sobre el volúmen gazeoso producido por la inflamacion de la pólvora, tienen por consecuencia diferencias semejantes en la apreciacion de la fuerza balística. Si no se tratase mas que de los gases *permanentes*, es decir, no susceptibles de liquidarse, se podria tener una apreciacion muy aproximada puesto que la tension de estos es mas ó ménos proporcional al aumento de temperatura; pero aquí se trata de una mezcla de gases y de vapores en relaciones desconocidas pues se ignora si estos vapores están ó no descompuestos en sus elementos gazeosos. En la hypótesis en que los cuerpos subsisten en el estado de vapores no descompuestos en sus elementos, la tension de estos no puede ser avaluada sino muy difícilmente, puesto que, hasta el presente ningun esperimento nos ha hecho conocer cómo se dilatan los vapores á tan altas temperaturas. En fin, en la hypótesis en que se admite que los vapores se reducen ellos mismos á sus elementos constitutivos, que son trasformados en sus componentes gazeosos se ignoraria todavía á qué temperaturas, y en qué órden se operaria la destruccion de los diferentes vapores.

Las mas pequeñas circunstancias tienen una influencia considerable sobre la fuerza de espansion de la pólvora. Muchas libras de pólvora inflamadas sobre una mesa de tablas delgadas no producirian sino una lijera impresion sobre esta ; miéntras que si á la misma cantidad de pólvora se la envuelve en una hoja de papel la mesa se romperá completamente.

De este modo se esplican las diverjencias de opiniones entre los hombres del arte sobre la cuestion de la fuerza mecánica que se desarrolla por la esplosion de la pólvora.

Robins por ejemplo, estimaba en 1,000 atmósferas solamente la tension de los gases de la pólvora ; miéntras que, Rumford la calcula en 29,000 atmósferas.

En el fondo es, si se quiere, indiferente conocer la tension exacta, la fuerza absoluta de los productos gazeosos de una carga de pólvora; lo que interesa conocer es el efecto que ella puede producir sobre un proyectil empleado en una arma. Muchos instrumentos se han construido para avaluar la fuerza de las diferentes pólvoras, solo describiremos aquí el mortero probeta y el fusil péndulo.

CAPÍTULO X

FUERZA DE LA POLVORA.

El mortero probeta (fig. 20) es un mortero de artillería fundido de una sola pieza con su pedestal. Su recámara es muy pequeña y su proyectil muy grande. Cuando el pedestal está dispuesto sobre un plano horizontal, el mortero hace la puntería á un ángulo de 45° que es aquel que dá la separacion mayor de las ramas

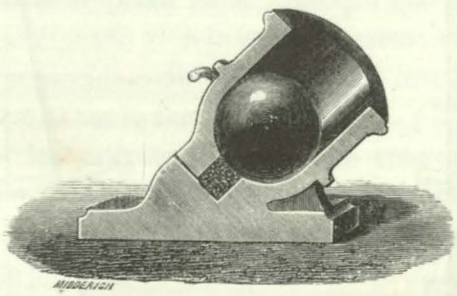


Fig. 20. — Mortero probeta.

de la parábola descripta por el proyectil y que por consiguiente dá el mayor alcance. La recámara se llena de la pólvora que se quiere probar y de una bala de bronce de dimensiones rigurosamente establecidas. Se dá fuego á la pieza y la distancia mas ó ménos considerable á la cual esta lanza el proyectil sirve para marcar su calidad.

Fórmulas teóricas, comprendiendo el peso de la pólvora, el del

proyectil y los otros elementos del aparato, dán la velocidad inicial, y la velocidad media del proyectil. De aquí se deduce la accion de la pólvora esperimentada en otras armas; pero por matemáticas que sean estas ellas no dán sino evaluaciones muy poco aproximadas y pueden conducir á un error sobre la calidad de una pólvora destinada á una arma cualquiera. Para tener resultados exactos es preciso esperimentar la pólvora en el arma misma para la cual se destina esta y con el proyectil que está en uso. Partiendo de este principio se ha construido el fusil péndulo.

El *fusil péndulo* se compone de dos aparatos distintos, el uno comprende el cañon del fusil AB (fig 21), y el péndulo C que lo

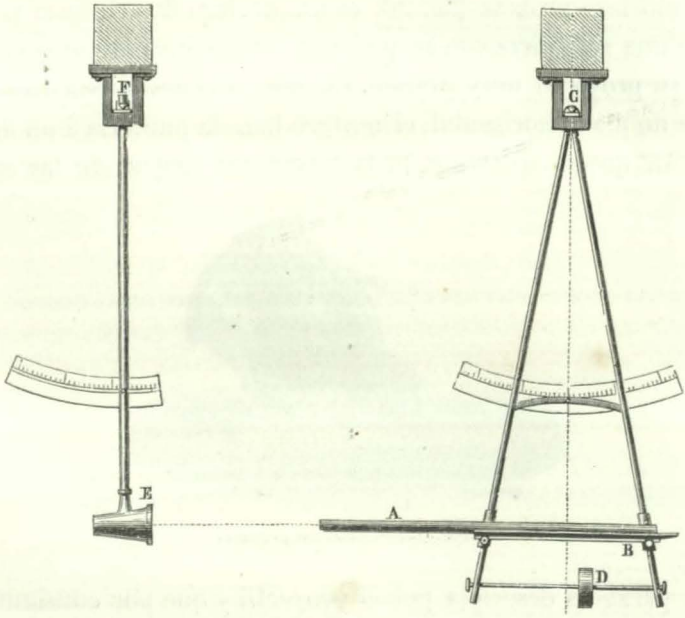


Fig. 21. — Fusil péndulo.

sostiene, el otro el *receptor* E cono hueco en su interior y lleno de plomo destinado á recibir el choque de la bala y que está tambien suspendido á un péndulo F. Cada uno de estos péndulos desaloja en su movimiento una corredera sobre un arco de cír-

culo graduado. Los dos péndulos se mueven exactamente sobre el mismo plano. Aquel al cual está asegurado el cañon de fusil lleva en su parte inferior un disco metálico D que al desalojarse cambia la posicion del centro de gravedad del aparato y al mismo tiempo la línea de tiro. Por medio de este mecanismo es fácil apuntar directamente sobre el receptor.

Cuando sale el tiro, los dos péndulos están puestos en movimiento, el del receptor E por la accion del proyectil que lo ha golpeado y el del cañon AB por el efecto del retroceso. Este último efecto es un elemento importante que se debe tomar en consideracion pero no el que lo es mas. El efecto que ha esperimentado el receptor con el choque directo de la bala es aquel que debe reconocerse como verdaderamente útil.

Debe marcarse con cuidado la inclinacion que han tomado el uno y el otro de los arcos graduados.

Hay fórmulas matemáticas calculadas sobre estos dos datos para representar el poder balístico de la pólvora esperimentada.

Antiguamente se aceptaba como principio que el poder de la pólvora es proporcionado al retroceso del arma; pero esta relacion ha sido reconocida como falsa. Hasta la invencion del fusil péndulo que dá á la vez la fuerza del retroceso y la velocidad del proyectil todas las antiguas probetas eran construidas bajo el mismo principio. El fusil péndulo es pues el único instrumento en el cual se puede tener confianza para determinar el verdadero poder de la pólvora.

Sobre este mismo principio se ha construido la *pistola péndulo* y el *cañon péndulo*. La forma del aparato es la misma que para el fusil péndulo; solo varía el arma que se quiere probar. Será pues inútil dar mas detalles sobre ellos.

Hay una manera muy simple de probar la pólvora: se coloca una muy pequeña cantidad sobre una hoja de papel blanco teniendo cuidado ántes de ver si todos los granos son del mismo grueso y si no hay polvo, condiciones de una combustion regular. Deben estar muy secos y no poderse pulverizar fácilmente con

los dedos ni manchar el papel. Si en la masa se encontrasen manchas blancas, seria una prueba de que, bajo la influencia de la humedad, una parte del salitre habia desaparecido. Esta pólvora se inflama. Una buena pólvora debe quemarse muy pronto y no dejar sino una lijera mancha en el papel. Si quedasen algunos granos intactos, esto probaria que el salitre no ha sido purificado suficientemente y si hubiesen manchas amarillas ó negras quiere decir que hay demasiado azufre ó carbon.

Este medio puede servir sobre todo para conocer si una pólvora dada no ha perdido sus calidades despues de su fabricacion.

CAPÍTULO XI

OBSERVACIONES GENERALES.

El mayor enemigo de la pólvora es la humedad; por consiguiente es preciso preservarla de ella. Los pólvorines en tierra y las Santa Barbaras abordo deben ser construidos en lugares secos y bien ventilados.

La pólvora que se usa abordo debe conservarse en cajas de metal cerradas herméticamente.

Si se hace fuego con la pólvora despues de calentarla sus efectos aumentan considerablemente.

Teniendo en consideracion la manera con la cual la rapidez de la esplosion, y por consiguiente la fuerza de la pólvora están en relacion con el tamaño del grano, debe fijarse la atencion en dos puntos: 1° El tiempo que se necesita para la combustion de cada grano, y 2° la facilidad con la cual la llama resultante puede atravesar la carga de pólvora.

En el primer punto es claro que los granos de una carga de pólvora fina se consumirán individualmente en ménos tiempo desde el momento de su ignicion que los de una pólvora mas gruesa; pero en el segundo caso á consecuencia del pequeño tamaño de los intersticios, una oposicion considerable se hará al paso de la llama de una parte á otra de la carga.

Ahora pues, en la pólvora de grano grueso á pesar de que cada grano necesita un mayor espacio de tiempo para consumirse, la llama atraviesa toda la carga con mas rapidez en razon á el mayor tamaño de los intersticios. De donde resulta que, en cargas pe-

queñas, la pólvora fina hace su esplosion con mayor rapidez y es mas fuerte, miéntras que en cargas grandes la pólvora gruesa lleva la ventaja.

La pólvora gruesa es ademas mucho mas barata que la fina puesto que se emplea ménos tiempo en su fabricacion, por esta razon se usa esta para cañon.

La operacion de prensar y pavonar la pólvora reduce su fuerza un 25 por 100, pero al mismo tiempo se le hace mas duradera y ménos susceptible de deteriorarse.

La pólvora que no ha sido ni prensada ni pavonada no conserva su fuerza sino muy poco tiempo, y á pesar de que cuando es nueva es superior á aquella que ha pasado por estas dos operaciones, se deteriora rápidamente y muy pronto llega á ser inferior.

La combustion de una carga de pólvora de cañon á pesar de ser rápida es progresiva y no instantánea, y la utilidad que de ella se saca es en gran parte debida á esta propiedad. Si la esplosion de la pólvora fuese instantánea como por ejemplo el fulminico de mercurio, ninguna arma podria construirse bastante fuerte para resistir sus efectos destructores.

La pólvora puede prenderse por medio de la percusion: puede inflamarse por la percusion de cobre contra cobre y otras sustancias.

La cantidad de gas generado por la esplosion de un peso dado de pólvora puede encontrarse fácilmente, y si su temperatura fuese la misma que la que tenia ántes de la esplosion, la presion se obtendria inmediatamente; pero esto no es lo que sucede puesto que la temperatura de los gases se ha elevado á un muy alto grado y su presion aumentada en proporcion.

CAPÍTULO XII

PÓLVORA DE ALGODON.

Como la pólvora de algodon ha llamado últimamente la atencion, haremos algunas observaciones sobre esta sustancia.

En el año de 1836 el profesor Schönbein sometió á la Asociacion Británica en Southampton un descubrimiento de la manera como la pólvora de algodon podia hacerse esplosiva y formar con ella un excelente sostituto para la pólvora de cañon. A esta sustancia la llamó *ozone*.

En octubre de 1846 se dió en Inglaterra una patente para la pólvora de algodon de Schönbein con el título de « Una patente para los adelantos de compuestos esplosivos. »

La pólvora de algodon se prepara de este modo: mezclense juntas tres partes de ácido sulfúrico de gr. 1.85 y una parte de ácido nítrico de gr. de 1.45 á 1.50; esta mezcla se deja enfriar entre 50° y 60° de Fahrenheit; tómese algodon limpio de todo cuerpo estraño y colóquese en una vacija de barro vidriada y empápese el algodon en dicho liquido.

Cuando este se encuentre perfectamente embebido en el liquido, cuya operacion se facilita moviéndolo con una barilla de vidrio, se sacará de la vacija el exceso del liquido y el algodon comprímase con una planchuela de tierra cocida de manera de separar la parte principal del ácido, cubrase entónces el algodon y dejésele en este estado durante una hora, despues de la cual se vuelve á prensar y se lava completamente con agua corriente hasta llegar á un grado en que no afecte al papel tornasol. En

seguida se le seca parcialmente por medio de la presion y con el objeto de quitarle la parte de ácido que le hubiese quedado, lavésele en una solucion de carbonato de potasa hecha disolviendo una onza de carbonato de potasa en un galon de agua. En seguida coloquésele bajo una prensa para estraerle la solucion alcalina y al mismo tiempo secarlo. Esta sustancia es en seguida bañada en una solucion que consiste en una onza de nitrato de potasa puro en un galon de agua. Despues de pressarlo nuevamente se le pone á secar en un cuarto calentado por medio del vapor ó agua caliente á una temperatura de 150° á 170° Fahrenheit.

El nitrato de potasa parece que aumenta la fuerza esplosiva del algodon, pero no es absolutamente necesario.

Tres partes de pólvora de algodon preparada así, son iguales á la fuerza esplosiva de ocho partes de pólvora de buena calidad.

Tambien se puede preparar la pólvora de algodon usando solamente ácido nítrico, pero la mezcla del ácido nítrico con el ácido sulfúrico es la mejor. El algodon preparado de este modo se puede atacar en un cañon ó bien humedecido lijeramente y acuñado en un molde, y como despues de secarse conserva esta forma se puede con él hacer fácilmente cartuchos.

El comité de artillería en Woolwich en agosto del año 1846 al dar su opinion sobre el algodon de Schönbein se espresa del modo siguiente :

1° Es mas inflamable que la pólvora comun, pero apesar de esto no se inflama á una temperatura de 400° Fahrenheit.

2° No se inflama por la friccion ó concusion que tiene lugar al cargar los cañones, morteros, rifles ó cualesquiera otra arma de fuego y minas.

3° La pólvora de algodon se inflama por todos los medios que se emplean para inflamar la pólvora comun.

4° Por fuerte que sea su preparacion no produce humo ni olor alguno, ni tampoco deja ningun residuo. Preparada ménos fuer-

temente produce un poco de humo, pero mucho ménos que la pólvora comun, y en este caso el residuo que deja es insignificante, por lo cual las armas se podrán descargar el número de veces que se quiera sin que se necesite limpiarlas.

5° Las armas se calientan muy poco con el uso de la pólvora de algodon, así como sus metales son muy poco afectados ó corroidos.

6° El agua no ejerce ninguna accion sobre el algodon preparado fuertemente; porque al secarse de nuevo, reasume toda su fuerza esplosiva primitiva.

7° La pólvora de algodon puede usarse en todos los casos en que se emplea la pólvora comun sin que se necesite un cambio en las armas que hoy están en uso.

8° De un gran número de esperimentos hechos por el profesor Schönbein aparecia que en los cañones y morteros así como en los rifles en Suiza, la fuerza de propulsion de la pólvora de algodon es á lo ménos dos veces mayor que la de la pólvora comun (peso por peso). En América con rifles de una cierta construccion (ánima pequeña y balas cónicas), el poder del algodon esplosivo es á lo ménos cuatro veces tan grande como el de la mejor pólvora. Los mismos resultados se obtuvieran haciendo saltar rocas y minas. Con cuatro onzas de algodon esplosivo, el profesor Schönbein hizo por ejemplo saltar un fragmento muy duro de una torre vieja de 250 pies cúbicos de tamaño. Para obtener el mismo resultado con la pólvora comun se habrian necesitado á lo ménos dos libras.

9° La preparacion del algodon esplosivo no espone á ningun peligro o esplosion; es la mas simple y lijera y en el término de 24 horas á lo sumo se hace toda la operacion. Los aparatos para la preparacion son así mismo de la mas simple descripcion y muy poco costosos.

10° Los materiales que se necesitan para hacer pólvora de algodon son baratos, se obtienen fácilmente y hay razon para creer que la misma cantidad de poder propelente producido por

esta pólvora se obtendrá con ménos costo que aquel para la pólvora comun.

Esta fué la opinion bien fundada aparentemente de los hombres prácticos y científicos en el año de 1846. Debemos sin embargo añadir que estas opiniones no han sido plenamente verificadas. Desde aquella época se ha visto que el gasto de la pólvora de algodon, en Inglaterra, es considerablemente mayor que de la pólvora comun.

En la primavera de 1847 una comision especial se reunió en Vincenne (Francia) presidida por S. A. R. el duque de Montpensier con el objeto de hacer una serie de esperimentos sobre el efecto relativo de la pólvora de algodon y la pólvora comun. De los resultados aparece que las siguientes cantidades proporcionales de gases se produjeron por la combustion de una cantidad igual de cada material, á saber :

Pólvora de guerra (para armas pequeñas y artillería).	0.474 ó 4.74
— de mina.....	0.509 ó 5.09
Pyróxylo (pólvora de algodon).....	1.299 ó 12.99

CAPÍTULO XIII

CAÑONES, DE ANIMA LISA Y RAYADOS.

Antes de pasar adelante, y para evitar confusiones daremos la nomenclatura de las partes que componen un cañon (fig. 22).

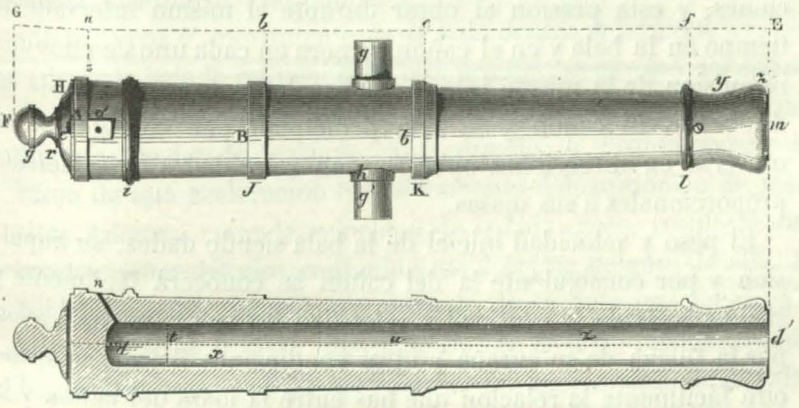


FIG. 22.

G á E	longitud absoluta del cañon.	*g' g*	muñones.
G á *a*	culata.	*h' h*	embaces.
a á *b*	primer cuerpo.	*l*	tercera moldura.
b á *e*	segundo cuerpo que contiene mu-	D *m ó f* E	brocal.
	ñones, embace y azas.	K	collarino.
e á *f*	caña ó tercer cuerpo.	*m*	espejuelo.
f á E	brocal.	*d d'*	ánima del cañon.
p q r	cascabel.	*d*	fondo del ánima.
H	lámpara ó buche de paloma.	*dt*	alojamiento del cartucho.
A	faja alta de culata.	*d u d'*	ege del ánima.
i	primera moldura.	*x x'*	paredes del ánima.
AB	primer cuerpo.	*n*	oido ó fogon.
j	segunda moldura.	*z z'*	joyas.

Los puntos mas importantes que deben tomarse en conside-

racion en la construccion de los cañones son : 1°, el ánima, su forma y largo ; 2°, la forma esterior, que depende del peso y de la distribucion del metal ; y 3°, la preponderancia y posicion de los muñones.

El objeto de un cañon es imprimir sobre una bala, ó bomba de un peso dado, una cierta velocidad inicial fija y el cañon que llena este objeto con la menor carga de pólvora será el mejor.

Supongamos ahora, lo cual en realidad no sucede, que la carga de pólvora no tenga peso y que su combustion sea instantánea. La esplosion de la pólvora genera en el interior del cañon una cantidad de gas altamente condensada ejerciendo en la superficie interior del cañon una presion igual en todas direcciones, y esta presion al obrar durante el mismo intervalo de tiempo en la bala y en el cañon, genera en cada uno de ellos una impulsion de la misma intensidad exactamente pero opuesta en direccion. El cañon y la bala principian por consiguiente á moverse en direcciones opuestas con velocidades inversamente proporcionales á sus masas.

El peso y velocidad inicial de la bala siendo dados, su impulsion y por consiguiente la del cañon se conocerá fácilmente y siendo limitada la cantidad y velocidad del retroceso del cañon por la fuerza de su cureña y otras condiciones físicas, se deducirá fácilmente la relacion que hay entre la masa del cañon y la de la bala.

Se ha visto prácticamente que en cañones de grueso calibre que se necesita que impriman una gran velocidad á sus balas, la masa del cañon debe exceder á la de estas en la proporcion de 200 á 1, miéntras que, en la artillería lijera que arroja sus proyectiles con menor velocidad, es suficiente una proporcion de 180 á 1.

Conocida la masa, es decir, el peso de metal de un cañon, surge la cuestion del modo de distribuirla : esto es, qué largo debe tener la pieza y cual será su forma esterior para satisfacer las condiciones requeridas.

Con el objeto de llegar á un resultado satisfactorio, es necesario investigar en cuanto lo permitan las circunstancias, las condiciones bajo las cuales una bala es arrojada por un cañon.

Supongamos que una carga de pólvora se inflame detras de una bala en un cañon sumamente largo ; esta carga se convierte gradualmente aunque con mucha rapidez, en una gran cantidad de gas en un estado de estrema condensacion el cual ejerce una presion en la superficie trasera de la bala y en el interior del cañon, variando contínuamente de magnitud pero siempre proporcional en cualquier momento dado á su densidad y temperatura en este instante. Durante el primer momento de ignicion, la presion crece rápidamente de nada á su mayor magnitud y de nuevo disminuye gradualmente miéntras mas se aumenta su volúmen por el movimiento de la bala dentro del ánima.

La bala bajo la influencia de esta presion, se moverá del estado de descanso en que se encontraba con un movimiento contínuo aunque accelerado variado, aumentando ó disminuyendo la razon de esta aceleracion con el aumento ó disminucion de presion. Ademas, como la velocidad de la bala crece, resultará una condensacion del aire contenido en el ánima delante de ella, lo cual producirá una presion enfrente de la bala que igualará y aún excederá á la de la superficie trasera de ella ; cuando sucede lo primero, cesa toda la aceleracion del movimiento de la bala, y cuando lo último su velocidad es retardada. De estas consideraciones pueden sacarse las siguientes deducciones.

1° Para cada carga dada hay un largo particular de cañon que imprimirá sobre la bala un máximo de velocidad inicial; es decir, la velocidad inicial de la bala de un cañon de este número particular de calibres de largo excederá á la de una bala de un cañon mas largo ó mas corto ;

2° Que cuando un cañon ha casi alcanzado este límite, una alteracion considerable en su largo produce una muy pequeña alteracion en la velocidad inicial de la bala ;

3° Que en cañones de diferentes calibres siendo las cargas la

misma parte proporcional del peso de la bala, este largo efectivo mucho mayor será proporcional al producto del diámetro de la bala por su gravedad específica, por que la fuerza motriz que obra en la bala es proporcional á la superficie espuesta á su accion; esto es, al cuadrado de su diametro; y la masa de la bala movida, es proporcional al cubo de su diámetro por su gravedad específica. De donde resulta, que el espacio que debe pasar bajo la accion de dicha fuerza constante con el objeto de adquirir una cierta velocidad definida, será proporcional al producto de su diámetro por su gravedad específica. Por cuya razon los cañones de fusil para arrojar balas de plomo de las cuales la gravedad específica es mucho mayor que la del hierro, se hacen proporcionalmente mas largos que los cañones para arrojar balas de hierro; miéntras que, en morteros y cañones bomberos que sirven para arrojar bombas las cuales son equivalentes á las balas sólidas de ménos gravedad específica, el largo del ánima debe ser disminuido proporcionalmente.

TABLA

De largos de cañones y cargas para las velocidades máximas.

LARGO DEL ÁNIMA en calibres.	LARGO DE LA PÓLVORA en calibres.	PESO DE PÓLVORA en 100 partes DE LA BALA.	MAYOR VELOCIDAD de la bala.	LARGO DEL ÁNIMA en calibres.	LARGO DE LA PÓLVORA en calibres.	PESO DE PÓLVORA en 100 partes DE LA BALA.	MAYOR VELOCIDAD de la bala.
2	0.63	12	810	32	5.96	113	2614
4	1.20	23	1122	34	6.17	117	2668
6	1.72	33	1348	36	6.37	121	2719
8	2.20	42	1529	38	6.56	125	2767
10	2.64	50	1681	40	6.75	128	2813
12	3.05	58	1813	42	6.93	132	2857
14	3.43	65	1929	44	7.10	135	2899
16	3.78	78	2033	46	7.27	138	2939
18	4.11	71	2127	48	7.43	141	2978
20	4.42	84	2213	50	7.58	143	3015
22	4.71	90	2292	52	7.72	146	3051
24	4.99	95	2366	54	7.86	149	3085
26	5.25	100	2434	56	8.00	152	3118
28	5.50	105	2498	58	8.13	155	3150
30	5.73	109	2558	60	8.26	157	3181

Entre dos cañones de igual calibre y largo, conteniendo las mismas cantidades de metal pero de formas externas diferentes, será mas fuerte aquel en el cual el metal está dispuesto de tal manera que su espesor en todos los puntos del cañon sea exactamente proporcionado á la fuerza que debe resistir; porque cualquier exceso de espesor en un punto, solo se puede obtener por una disminucion en el espesor y por consiguiente se debilita en otra parte.

Sabemos que el espesor de metales que se necesita en un cilindro para soportar una presion interna dada está indicado por la siguiente fórmula $x = \frac{dp}{rp}$, siendo x el espesor buscado, d, el diámetro interior del cilindro, p, la presion por pulgada cuadrada en su superficie interna y r, el peso que una barra de metal de una pulgada cuadrada, podrá soportar.

Es pues evidente que, con el objeto de llegar á la ley de alteraciones en el espesor de metales de la culata á la boca, ó mejor dicho, para determinar la forma esterior de un cañon es indispensablemente necesario encontrar la ley de variacion de la presion interna durante el tránsito de la bala por el ánima del cañon. Hasta ahora solo se sabe que la presion es mayor inmediatamente despues de la ignicion de la carga y que gradualmente disminuye al aproximarse la bala á la boca del cañon. El cañon se hace de forma cónica, es decir, que va en disminucion de la culata hácia la boca con el objeto de que su fortaleza en diferentes puntos pueda ser de algun modo proporcionada á la resistencia que se ha calculado que debe soportar.

Hemos dicho ya, que la ignicion de una carga de pólvora impele al cañon y á la bala en direcciones opuestas con velocidades inversamente proporcionales á sus masas. La presion que produce este retroceso es equivalente á una fuerza simple obrando en la direccion del ege del cañon. Por consiguiente, si el ege de los muñones sobre los cuales descansa el cañon, pasa por entre el ege de esta, dicha fuerza no tenderá á alterar la direccion del mo-

vimiento y el retroceso será igual y uniforme. Si á pesar de esto el ege de los muñones pasa por entre un punto encima ó debajo del ege del cañon, parte de esta fuerza se empleará en producir el retroceso y parte tendrá una tendencia á causar una rotacion del cañon alrededor del ege de los muñones, y á pesar de que la estencion del retroceso puede aumentar ó disminuir, solo se logrará el efecto sacrificando la tranquilidad del retroceso, y por consiguiente no se podrá tener gran exactitud en el tiro y la cureña será de poca duracion. En los cañones de las naciones europeas el ege de los muñones está mas ó ménos abajo del ege del cañon, miéntras que, en los de la marina de los Estados Unidos el ege de los muñones intercepta á el del cañon.

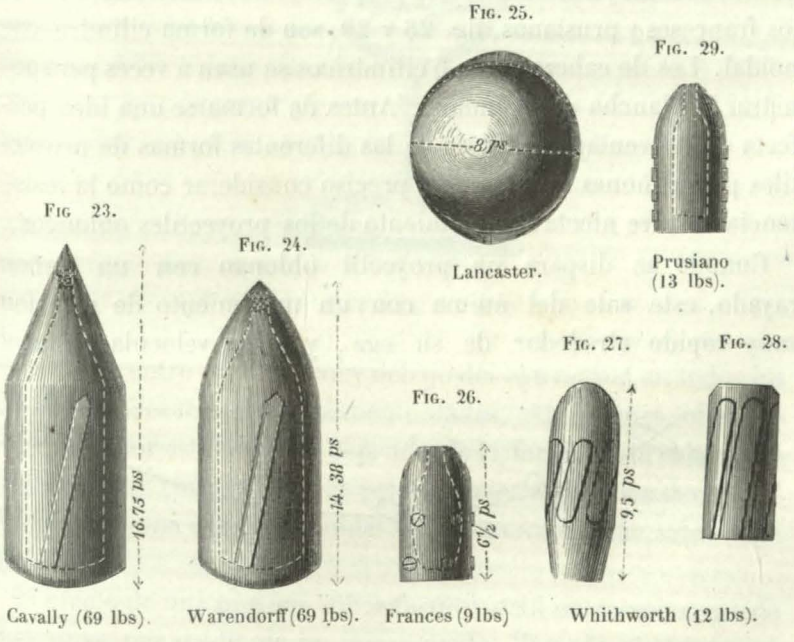
Si este pasa por el centro de gravedad del cañon ó por un punto arriba ó abajo de él, es decir, que si el cañon se balanza en los munoñes, saltará al hacer fuego y disminuirá la exactitud de la puntería en la práctica. Para obviar este inconveniente, los muñones se colocan de manera que la parte del cañon detras de ellos exceda en peso á la parte que está delante. Este exceso en el peso de una porcion sobre la otra se llama *preponderancia* y generalmente es de $\frac{1}{20}$ de todo el peso del cañon.

El objeto de rayar el anima de un cañon es el dar al proyectil un movimiento de rotacion paralelo al de dicha ánima, ó que coincida con la línea de tiro. Al dar esta rotacion á la bala, la friccion ó presion del aire será distribuida igualmente á su alrededor, salvando de este modo la principal causa de desviacion, y asegurando de ese modo una mucho mayor exactitud en el tiro.

Hay dos modos de dar el movimiento rotatorio necesario al proyectil, á saber: por medio del mecanismo dentro del ánima de la pieza y por la accion del aire sobre el proyectil mismo ántes de que este haya salido de la boca de aquella. Con el objeto de obtener un movimiento de rotacion en este caso, el proyectil está armado de unas aletas, canales en espiral ú otros aparatos para que el aire obre sobre él; pero como ninguno de estos ha dado

un buen resultado en la práctica, solo trataremos lijeramente del primer método. Dos ó mas canales en espiral se han practicado en todo el largo del ánima de la pieza y el proyectil debe tener una proyeccion en su superficie para adaptarse á las mismas canales, ó bien una porcion ó todo del proyectil debe ser compuesto de un material blando de manera que este por la fuerza de la esplosion sufra una espansion ó sea comprimido entre las canales y de este modo pueda seguir su direccion al pasar por el ánima de la pieza.

Las tres consideraciones mas importantes en la aplicacion de las rayas á las armas de fuego son: la forma del proyectil, el sistema de rayas en el ánima de la pieza y la carga de pólvora. Los proyectiles estirados ú oblongos se usaron por primera vez para



la guerra en el año de 1846. En aquella época se obtuvieron excelentes resultados por el ejercito francés en Africa con una bala cilindro-cónica inventada por M. Delvigne. La forma de esta bala

fué despues modificada y se le dió la de cilindro-ogiva, que era una aproccimacion del cuerpo sólido de sir Isaac Newton cuyo sistema es que, un cuerpo al pasar por un fluido esperimentará menor resistencia que otro de igual magnitud pero de distinta forma. Esta forma propuesta por sir Isaac Newton, es cilindro-cónica y su inventor se propuso aplicarla para la construccion naval apesar de que tambien puede aplicarse para la teoria de los proyectiles.

Los proyectiles oblongos que se usan hoy generalmente tanto para rifles y armas portatiles, como para cañones, son de forma cilindro-cónoidas modificada segun el sistema que se ha adoptado para las rayas del arma.

En las fig. 23 y 24 se podrá observar la diferencia entre las puntas cónicas y conoidales. Los proyectiles de Armstrong, fig. 50, los franceses y prusianos, fig. 26 y 29, son de forma cilindro-conoidal. Los de cabeza chata ó cilíndricos se usan á veces para penetrar la plancha del blindage. Antes de formarse una idea perfecta de las ventajas relativas de las diferentes formas de proyectiles para cañones rayados, será preciso considerar como la resistencia del aire afecta al movimiento de los proyectiles oblongos.

Cuando se dispara un proyectil oblongo con un cañon rayado, este sale del ánima con un movimiento de rotacion muy rápido alrededor de su ege, y si la velocidad inicial

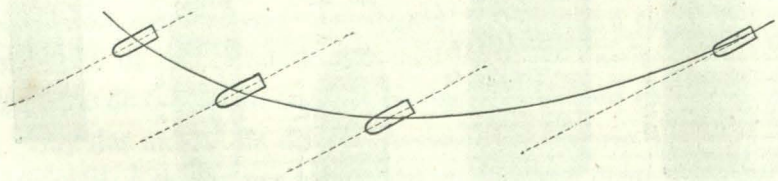


Fig. 30.

fuese muy pequeña, como el proyectil solo esperimenta muy pequeña resistencia de la atmosfera, el ege mas largo permanecerá durante toda la duracion de su trayectoria paralelo ó casi pa-

ralelo á su primera direccion, como se ve en la fig. 30. Esta teoria se puede corroborar con la práctica.

Al esplicar el efecto complicado producido por la resistencia del aire sobre un proyectil oblongo que se mueve con gran velocidad, el proyectil debe suponerse tener un movimiento de rotacion hácia la derecha, esto es, que la parte superior gire de izquierda á derecha con relacion á un observador colocado detras del cañon, porque la direccion de las rayas en las piezas se hace con el objeto de imprimir esta clase de movimiento.

Despues que el proyectil ha salido del ánima de la pieza, la resultante de la resistencia del aire obrará sobre un punto en

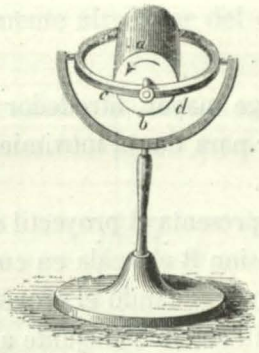


Fig. 31.

frente del centro de gravedad y debajo del ege mayor en todos los ángulos de elevacion generalmente dados. Ahora pues, el efecto producido por esta presion, depende de la forma de la cabeza del proyectil; por consiguiente en primer lugar debe considerarse el efecto sobre una cabeza conoidal y en segundo lugar sobre una chata.

El efecto de una presion sobre un proyectil en rotacion puede observarse por medio de un instrumento, llamado giróscopo, el cual para este objeto deberá tener un pequeño proyectil oblongo que sustituya al disco que se usa para esperimentos ordinarios; este proyectil debe hacerse con el mayor cuidado de manera que

su centro de gravedad coincida exactamente con el de los dos anillos entre los cuales se coloca; estos anillos están dispuestos de tal modo que uno pueda girar alrededor de un ege vertical y el otro alrededor de uno orizontal, quedando por consiguiente el proyectil libre para girar en cualquiera direccion. Una porcion cilíndrica de metal se estiende mas allá de la base del proyectil en

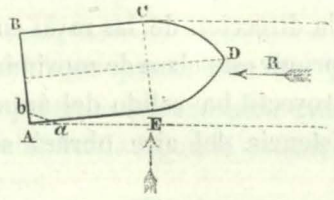


FIG. 32.

prolongacion de su ege mayor, alrededor de la cual se envuelve el hilo que vá a servir para dar el movimiento de rotacion requerida á la bala, fig. 31.

Si ABC, fig. 32, representa el proyectil oblongo del giróscopo, se verá que una presion R ejercida en cualquier parte entre E y D, levantará, el punto D (cuando el proyectil no está en movimiento) ó producirá un efecto semejante al de una presion hácia arriba ejercida en el punto E. Suponiendo sin embargo que el proyectil esté girando rápidamente en la direccion indicada por la flecha en la fig. 27 y que la estremidad puntiaguda esté dirigida hácia el observador; si se ejerce una presion *b* correspondiente á E en la fig. 32 la punta del proyectil no se levantará (al ménos de un modo perceptible), si no se moverá lateralmente en la direccion C, esto es, á la derecha con relacion á un observador colocado detras del giróscopo; si se ejerciese una presion en *d*, la punta caerá; si en *a*, la punta se moverá lateralmente en la direccion *d*, ó hácia la izquierda del observador colocado detras del giroscopo; por ultimo, si una presion obra sobre el cuerpo en rotacion en C, la punta se levantará. Ahora, en caso de ejercerse una presion en cualquier parte intermedia del circulo *abcd*,

como por ejemplo entre *b* y *d*, el movimiento de la punta del proyectil será compuesto por los movimientos causados por las respectivas presiones en *b* y *d*, esto es, la punta se moverá lateralmente hácia la derecha y al mismo tiempo se va debilitando (1). Si se dirigiese un fuerte soplo de aire sobre la parte delantera del proyectil, cuyo ege estuviese lijeramente inclinado hácia la direccion del soplo del aire como lo indican las líneas tildadas de la fig. 32 de manera de representar la resistencia del aire contra un proyectil que se mueve con gran velocidad, la estremidad puntiaguda se moverá primero despacio hácia la derecha (hácia C), y se produciran en seguida sucesivamente efectos por el soplo de aire semejantes á aquellos que serian causados por una presion que obraria gradualmente alrededor del círculo *acbd* (fig. 31).



FIG. 33.

Si se ejerciese presion atrás del centro de gravedad en vez de adelante ó en la parte delantera de un proyectil con una rotacion hácia la izquierda, se producirán los efectos anteriores.

(1) La razon que hay para que el movimiento de la punta tenga lugar de este modo se esplicará mas claramente de la manera siguiente : si se pusiese en contacto un cilindro en rotacion con una superficie resistente, este se envolverá sobre dicha superficie en la direccion de la rotacion de la porcion superior.

Apliquemos á la práctica estas observaciones. Si un proyectil ABCDE (fig. 32,) se arrojase con gran velocidad teniendo un movimiento de rotacion hácia la derecha, la resultante de la resistencia R del aire, que tenderá á levantar la punta si el proyectil no estuviese rotando, será evidente que, por lo que puede observarse por el giróscopo, dará á la punta D un movimiento lateral hacia la derecha, como lo demuestra la fig. 33 (1). Como este movimiento lateral de la punta continua, la resultante obrará mas y mas á la izquierda del plano vertical, pasando por entre el ege mas largo del proyectil; por consiguiente, como sucede con el soplo de aire que hemos descrito ó con la presion que obra entre *b* y *d* en la fig. 31, la punta pronto principiará á debilitarse. Sin embargo debe recordarse que, una cierta cantidad de tiempo y una considerable resistencia serán necesarias para producir este abatimiento de la punta; que esta cae de manera que el ege mayor corresponde con la tangente de la trayectoria y es mas que probable bajo ciertas circunstancias, puesto que, en la práctica se ha encontrado que los agujeros hechos en un blanco con proyectiles oblongos arrojados con gran velocidad y a ángulos mayores que 6° de elevacion son generalmente esféricos, de donde se puede deducir que el proyectil golpeó con la punta hácia adelante á no ser que el choque en el blanco mismo, habiendo golpeado el proyectil algo oblicuo, hubiese causado el levantamiento de su parte posterior. Del mismo modo debe recordarse que los eges mayores de los proyectiles arrojados bajo las mismas circunstancias, permanecen durante todo el trascurso de la trayectoria, casi paralelos á su primera direccion; esto se ha inferido del hecho de haberse encontrado la parte baja y trasera del proyectil cortada por el roce ó rebote de este, como lo de-

(1) Muchas veces se ha creido que la resistencia del aire, levantaria la parte trasera del proyectil, pero esto no es así puesto que la resultante de la resistencia obra al frente del centro de gravedad en un proyectil que tiene este centro, cerca del de la figura; y si la resultante obrase atrás del centro de gravedad no levantaria la parte trasera, sino produciria un movimiento lateral contrario á la punta.

muestra la línea *ba*, fig. 32 : la forma peculiar de este roce tambien viene en apoyo de la última idea. Si se colocase el centro de gravedad de un proyectil cerca de la punta, el ege mas largo corresponderia probablemente con la tangente de la trayectoria en toda la estension de ella, pero los proyectiles de Armstrong y otros que tienen su centro de gravedad muy cerca de su centro de figura, casi siempre golpean con la punta primero á los ángulos de elevacion necesarios, y sus desviaciones no son tan variables como las de los proyectiles que tienen su centro de gravedad cerca de la punta.

Se ha encontrado en la práctica que proyectiles oblongos con cañones que dan un movimiento de rotacion hácia la derecha, siempre se desvian á la derecha del producto del ege del ánima y las pocas veces que se han provado cañones con un movimiento de rotacion hácia la izquierda, la desviacion ha sido hácia la izquierda de la misma línea. Esta desviacion peculiar de los proyectiles de cañones rayados, es llamada por los franceses « *derivacion.* » Es muy probable que, durante la duracion de la trayectoria de un proyectil arrojado con gran velocidad en circunstancias ordinarias y teniendo este un movimiento de rotacion hácia la derecha, el ege mayor esté inclinado á la direccion á la cual se mueve el proyectil (como en la fig. 33), á consecuencia de girar la punta á la derecha como ántes se ha explicado; por consiguiente, la desviacion lateral hacia la derecha debe tener lugar por la resistencia del aire, que obra mas sobre el costado izquierdo que sobre el derecho. Si el proyectil tiene una rotacion hacia la izquierda, la punta girará hacia este mismo lado y producirá una « *derivacion* » en este sentido.

El efecto producido en un proyectil cilíndrico ó de cabeza chata, se esplica de este modo. Una presion ejercida sobre la cabeza y bajo el ege mayor, como en R, fig. 34, cuando el proyectil no está rotando, hará que la cabeza caiga ó producirá un efecto semejante á una presion hácia abajo, obrando en C, efecto

enteramente opuesto á aquel producido y observado con el proyectil de punta conoidal; por consiguiente sucederá que, la parte delantera de un proyectil de cabeza chata arrojado con una rotacion hácia la derecha, á consecuencia de la resistencia del aire, no girará á la derecha sino á la izquierda, y esto se verá palpablemente si se dirige un soplo de aire sobre un proyectil de esta forma en un giróscopo, estando el ege del proyectil ligeramente inclinado hácia arriba como anteriormente. Se ha demostrado que los proyectiles de cabeza chata (1), arrojados con una

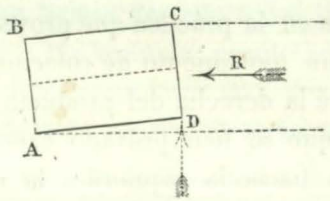


FIG. 34.

rotacion hácia la izquierda, desviarán á la izquierda y esto solo puede tener lugar á consecuencia de estar volteada la punta hácia este lado, pero aun no se ha podido demostrar prácticamente y decidir sobre si esta es realmente la causa positiva.

De las anteriores consideraciones se puede deducir que, como una punta conoidal está girada por la resistencia del aire hácia la derecha, con un movimiento de rotacion hácia este lado y la cabeza chata hácia la izquierda, se puede adoptar una forma de proyectil que no desvie á ninguno de los dos lados; y apesar de que habria gran dificultad para construir prácticamente proyectiles con esactitud necesaria, y que errores en la forma producirian desviaciones que no podrian preveerse ni corregirse, parece que seria mejor que la forma del proyectil fuese tal,

(1) Aquí tratamos de los proyectiles cylíndricos y no de aquellos con puntas conoidales achatadas, porque en ciertos casos la resultante de la resistencia del aire puede caer sobre la parte conoidal.

que pudiera contarse con una desviacion pequeña y constante al mismo lado.

El método de rayar los cañones deberia ser tal que el proyectil al salir del ánima, no se deforme por largas proyecciones en su superficie interior sobre las cuales pueda obrar el aire de un modo desigual y por consiguiente causar desviaciones inciertas. Tambien se cree que el centro de gravedad del proyectil debe estar cerca del de la figura. Es de la mayor importancia que el ege del proyectil corresponda con el del ánima de la pieza con la cual se arroja, porque de otro modo el ege de rotacion será variable y la desviacion del proyectil incierta puesto que esta depende de la posicion de su ege al salir del ánima.

La ventaja que se obtiene en el alcance al aumentar el largo y disminuir el diámetro del proyectil, es que, siendo el diámetro del proyectil oblongo, mas pequeño que el de una bala, este no pondrá tanta resistencia á la superficie del aire, como aquella. Al aumentar el largo del proyectil, la velocidad de rotacion debe ser mas rápida, con el objeto de impedir la tendencia mayor que el de volcarse durante su vuelo. Se cree que se aumente el alcance hasta cierto punto, dando á la parte trasera de los proyectiles una forma cónica ó haciendo ambas estremidades de forma conoidal.

Con el objeto de vencer la « *desviacion* » y de conservar el ege del proyectil tangente durante toda la duracion de la trayectoría M. Tamisier propuso colocar varias canales circulares en la parte cilíndrica, de manera que la resistencia del aire al obrar sobre estas canales detrás del centro de gravedad de la bala, tendiese á hacer bajar su punta sobre la curva de la trayectoría; si la punta cae mas abajo de esta curva, la resistencia obrando entonces encima, tenderia á hacerla bajar. Estas canales, se ha encontrado sin embargo que no vencen la « *derivacion* » de una bala, apesar de disminuirla; porque aumentando la presion detras del centro de gravedad de « *derivacion*, » probablemente no la harán desaparecer, puesto que, la punta del proyectil como ántes se ha

esplicado, se mueve en direccion opuesta á consecuencia de esta presion y causa « *derivacion* » al lado contrario.

Sir W. Armstrong y otros han sentado como principio que, á ciertas elevaciones bajas el alcance de un proyectil oblongo es mayor en la atmósfera que en el vacio, y la siguiente, es la esplicacion dada por el primero de esta paradoxa aparente. « En un vacio, la trayectoria será la misma sea el proyectil oblongo ó esférico, miéntras el ángulo de elevacion y la velocidad inicial sean constantes; pero la presencia de una atmósfera resistente hace esta notable diferencia, que miéntras que se acorta grandemente el alcance de la bala esférica, se prolonga el del proyectil oblongo, con tal que el ángulo de elevacion no exceda ciertos límites, que en mi esperimento he encontrado que es 6°, esto parece á primera vista paradóxico, pero se puede esplicar fácilmente. La bala oblonga, si es bien formada y tiene suficiente rotacion, mantiene la misma inclinacion al plano orizontal, durante todo su trayecto y por consiguiente adquiere una continua oblicuidad creciente á la curva de su trayectoría. Ahora, el efecto de esta oblicuidad es, que el proyectil está hasta cierto punto, sostenido por el aire del mismo modo que *una cometa* está sostenida por la corriente de aire que se encuentra con la superficie inclinada, y el resultado es que, su descenso es retardado de manera que tiene tiempo para llegar á gran distancia. »

Cuando se dió la anterior esplicacion, la velocidad inicial del proyectil arrojado con un cañon de 12 libs de Armstrong, se supuso ser de ménos de 1,100 pies por segundo; desde entonces sin embargo, se han hecho esperimentos de los cuales se ha encontrado que la velocidad inicial es hasta 1,191 pies y abajo se verá, que con esta última velocidad, la anterior teoría no puede tener lugar á dos grados.

	1°	2°
Alcance en el vacio.....	512	1023
— en el aire.....	620	966

El mayor alcance á un grado puede que haya tenido lugar por haberse levantado la boca de la pieza con la accion del retroceso ántes que el proyectil haya salido del ánima.

NÚMERO, FORMA É INCLINACION DE LAS RAYAS.

Es absolutamente necesario tener dos rayas, por que una sola daria muy mala direccion. Algunos rifles se hacen hasta con 40 rayas; el ancho de estas, depende por supuesto del número. Las rayas no deben ser muy profundas por que en este caso se formarian proyecciones en la bala, sobre las cuales la resistencia de la atmósfera obraria de un modo dañoso; las rayaduras muy profundas hacen al ánima de la pieza muy difícil de limpiarse, ademas de debilitar el metal del cañon. Si las rayas son superficiales y numerosas en vez de profundas y en poco número, se producirá menor resistencia al proyectil que se dilata ó es forzado dentro de ellas por la esplosion de la carga, al mismo tiempo que la parte cilíndrica de la bala, saldrá del ánima ménos deforme, y por consiguiente ménos espuesta á los efectos dañosos de la atmósfera, conservará su velocidad de rotacion mayor tiempo y es muy probable que su desviacion sea reducida.

La inclinacion de las rayas es un punto de la mayor importancia y hay muchas y diversas opiniones respecto á la velocidad de rotacion necesaria para los proyectiles de diferentes largos y formas. Si el proyectil girase lentamente durante un espacio de su carrera, el movimiento del ege mayor llegaria á ser muy irregular y por consiguiente la esactitud en el tiro seria muy inesacta y aun perdida. Una velocidad de rotacion muy grande es perniciosa por las siguientes razones: 1° Que el esfuerzo sobre el metal del cañon seria muy grande, porque la carga debe ser comparativamente grande y las rayas necesitarian tener una curva de muy poco diámetro, causando por consiguiente al proyectil una gran resistencia en su movimiento; 2° Que el proyectil, despues de

rebotar se desviaria considerablemente; y 3° Que siendo este metraya ó bomba de segmentos, las piezas se estenderian en una direccion muy lateral y á muy grande distancia, para que el tiro pudiese ser eficaz.

La velocidad de rotacion de una bala dependerá de su velocidad inicial y de la inclinacion de las rayas. Con el objeto de encontrar la velocidad de rotacion de un proyectil al salir del ánima, dividase la velocidad inicial (en pies), por el número de pies en el cual la bala hace una vuelta completa ó revolucion; así, en el cañon de 12 lib. de Armstrong, la vuelta es 1 en 38 calibres (1 calibre es igual á 3 pulg.) ó 9.5 pies, y como la velocidad inicial es 1,191 pies por segundo, la velocidad de rotacion será $= \frac{1,191}{9.5} =$ 1253 revoluciones por segundo.

En una relacion francesa sobre esperimentos hechos con balas largas, se encuentra la siguiente opinion. « A proporcion que crece la bala en largo y por consiguiente en peso, deben usarse rayas de mayor inclinacion y cargas pequeñas; con pequeñas cargas la vuelta de las rayas debe ser muy grande; con grandes cargas, la inclinacion debe ser muy pequeña. » Las anteriores observaciones son hechas con referencia á las balas llenas las cuales están sujetas á desnudarse de las capas que las cubren ó á ser forzadas por entre las rayas no recibiendo por consiguiente la rotacion necesaria.

La velocidad de rotacion debe aumentarse al aumentar el largo del proyectil, como ántes se ha dicho, pero no se cree que deba disminuirse la carga, por que con iguales cargas la velocidad del proyectil mas largo y por consiguiente mas pesado, será menor que la de otro mas corto. Parece que no hay objeto en aumentar la inclinacion de las rayas, á ménos de no mantener la velocidad ó bien aumentarla.

En algunos rifles, la espiral de las rayas tiene una muy pequeña inclinacion en la parte de la culata, pero esta va aumentando regularmente al aprosimarse á la boca; esto sucede con

los cañones rayados de Lancaster. El inconveniente de este sistema de rayas, es que una resistencia creciente continua se opone al progreso de la bala, al mismo tiempo que su velocidad va tambien en aumento; por consiguiente habrá muchas probabilidades para que la bala se despoje de la capa que la cubre, sobre todo si esta es de un material blando como el plomo; y si este fuese duro, como sucede en los proyectiles de hierro batido, que se usan con los cañones de Lancaster, habrá peligro de fractura tanto para el cañon, como para el proyectil.

Siendo determinada la forma y peso de este, así como la inclinacion de las rayas, tambien debe arreglarse la carga para dar la necesaria velocidad inicial de rotacion; ó si se ha determinado la naturaleza del proyectil y la carga, la inclinacion de las rayas debe ser tal, que dé los resultados convenientes. La consideracion mas importante es, el peso y forma del proyectil, la inclinacion de las rayas, la carga, peso y metal en el cañon, etc., las cuales están arregladas casi enteramente por él. Las cargas que se usan para cañones rayados, son mucho menores que las usadas para cañones de ánima lisa, porque en los primeros hay muy poco ó ningun escape de gas, y como un proyectil oblongo arrojado con un cañon rayado, no está puesto en movimiento tan pronto, como una bala de un cañon de ánima lisa, habrá mas tiempo para la combustion de la pólvora, la mayor parte de la cual, muy probablemente se convierte en gas en muchos cañones rayados, ántes que el proyectil se mueva sensiblemente; en la práctica se ha encontrado que con velocidades iniciales comparativamente pequeñas, los proyectiles oblongos mantienen sus velocidades y llegan á un gran alcance, pero en ciertos casos, como por ejemplo cuando se necesita penetracion, mayores velocidades serán sin duda ventajosas. Al presente sin embargo muy pocos cañones pueden soportar mayores cargas que aquellas generalmente usadas, siendo el esfuerzo sobre un cañon rayado, comparativamente mucho mayor que sobre uno de ánima lisa. Las cargas para diferentes cañones rayados son las siguientes:

Para el cañon de Whitworth $\frac{1}{6}$ del peso del proyectil;

Para el cañon Armstrong $\frac{1}{8}$;

Para el francés $\frac{1}{9}$;

Para el prusiano $\frac{1}{10}$.

CAPÍTULO XIV

VIENTO.

Se llama *viento* la diferencia entre el diámetro del proyectil y la del ánima de la pieza que lo arroja.

Este *viento* se hace con el objeto de que la bala pueda atravesar el ánima del cañon bajo las siguientes circunstancias:

1° Cuando el diámetro de la bala ha sido aumentado ligeramente por una incrustacion de emmohecimiento en su superficie.

2° Cuando la bala está adherida á un zoquete de madera por medio de fajas de lata. En este caso su diámetro debe considerarse aumentado de dos veces el espesor de la lata.

3° Cuando el ánima del cañon se ha ensuciado despues de un fuego contínuo y prolongado.

4° Cuando se arrojan balas rojas, el diámetro de la bala se aumenta por la espansion que sufre al calentarse.

Bajo todas estas circunstancias á excepcion de la última, el *viento* requerido es enteramente independiente del diámetro de la bala y en el último caso la espansion es excesivamente pequeña.

De donde se deduce que, el *viento* debe en todo caso ser una fraccion de pulgada y no una fraccion del diámetro de la bala. Un *viento* de $1^{m},20$ será suficiente concesion para cualquier aumento que pueda surjir de alguna de estas causas en el tamaño de una bala de mayor calibre, miéntras que, para todos los cañones de ménos de 18^{lbs} 0.1 de pulgada de *viento* será suficiente.

El *viento* es un mal imprecindible que debe limitarse lo mayormente posible; sus efectos perniciosos son los siguientes:

1° Los gases condensados que resultan de la ignicion de la carga se escapan por el espacio que hay entre la superficie de la bala y la del ánima, ocasionando, ó bien una pérdida de velocidad inicial en la bala, ó un gasto innecesario de pólvora. Ademas, la pérdida de velocidad inicial en la bala ó el gasto inútil de pólvora es proporcional á la diferencia entre las áreas de las secciones de la bala y del ánima y por consiguiente aumenta muy rapidamente con muy pequeños incrementos de *viento*.

2° Descansando la bala sobre la parte inferior del ánima del cañon, el impetu del gas sobre su superficie superior la empuja hácia abajo sobre la superficie del ánima del cañon con gran fuerza, causando la formacion de una cavidad al frente del lugar de la bala.

3° Habiendo sido deprimida la bala, é impelida violentamente contra la superficie inferior del ánima al principio de su movimiento, rebota de allí y pasa por entre el ánima con una serie de botes que dañan á la pieza y causan un detrimento en la práctica. Al principio se daba un $\frac{1}{20}$ del diámetro de la bala al *viento*, cantidad excesiva y basada sobre principios falsos. Mas habiendo Sir Howard Douglas pedido la reduccion importante del *viento* y demostrado los verdaderos principios por los cuales debe arreglarse esta cantidad, se nombró una comision de oficiales para tratar este asunto, y se decidió reducir á 0.1 de pulgada el *viento* de los cañones de montaña y 0.15 para todos los cañones que pasen de 21 libs de calibre.

CAPÍTULO XV

ÁNIMA.

Las ánimas de los cañones que deben arrojar balas sólidas con grandes cargas de pólvora son cilíndricas en toda su longitud; pero cuando el calibre es grande en comparacion del peso del proyectil y cantidad de pólvora como en los cañones bomberos, morteros, etc. se ha encontrado ventajoso construir una recámara en el fondo del ánima para colocar allí la carga de pólvora. El largo del ánima de un cañon debe ser tal, que dé tiempo á la completa combustion de la carga. Si el ánima no fuese bastante larga para el objeto, una porcion considerable de la carga se quemaria fuera de la pieza y por consiguiente se desperdiciaria su efecto. Varias formas se han dado en distintas épocas á las recámaras de los cañones. En la primera mitad del siglo pasado la forma de esta era en figura esférica ó de pera; pero estas han sido remplazadas por las de forma cilíndrica ó cónica que son las que hoy están en uso.

Muchos esperimentos se han hecho con el objeto de determinar la forma mas adaptable para las recámaras de los cañones y morteros. Las de forma esférica se han encontrado que producen mayores velocidades iniciales que otras de construccion mas simple. Sin embargo, ciertos defectos de una naturaleza práctica resultando principalmente de un aumento de dificultad para cargar y limpiar, condiciones indispensables para su adopcion

y por las cuales sus ventajas están mas que compensadas, han decidido á no adoptarlas.

Las figuras 35 y 36 representan las dos formas de recámaras que estan hoy en uso, la figura 35 es la llamada Gomer, nombre que toma de su inventor y la figura 36 la cilíndrica. La segunda de estas figuras que es la generalmente usada por los franceses tiene algunas ventajas sobre la otra cuando la carga es pequeña; pero la dificultad de cargar es considerable. En la primera generalmente usada en los cañones ingleses, el centro de la bala ó bomba, cuando está perfectamente en su lugar, coincide con el ege del cañon y en esta posicion no hay *viento* alguno; pero, cuando las cargas son pequeñas, el cartucho está espuesto á resbalar en

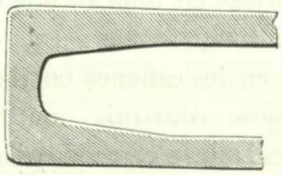


Fig. 35.

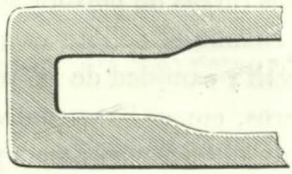


Fig. 36.

la parte inclinada de la recámara y quedar así colocado fuera del alcance del estopin y espuesto á no dar fuego. Este defecto puede sin embargo rectificarse agregando al cartucho unos tacos de corcho ó madera adaptados en forma y figura, al espacio ocupado por la carga de pólvora.

Hemos dicho ya que cuando una bala es lanzada por un cañon, principia á descender hácia la tierra con una velocidad uniformemente acelerada desde el momento que sale de la boca del cañon. Para que una bala pues, golpee un objeto deseado, el ege del cañon debe dirijirse á un punto colocado verticalmente encima del objeto en cuestion; esto es, el ege del cañon debe estar inclinado á la línea de tiro á un ángulo vertical cuya magnitud crece con la distancia del objeto. Este ángulo es llamado de ele-

vacion. Con los resultados obtenidos de una gran práctica se han construido tablas, las cuales dan la elevacion que debe tener cada cañon cuando este hace fuego con una carga determinada con el fin de que su bala pueda golpear un objeto á una distancia dada.

CAPÍTULO XVI

ALZAS.

El alza de un cañon es una barra de bronce pequeña que resbala en una canal en la culata del cañon, siendo la direccion de su movimiento perpendicular al plano que pasa por entre el ege del cañon y es paralelo al ege de los muñones.

De la estremidad superior de esta barra, la cual puede fijarse en cualquiera posicion por medio de un tornillo que tiene en su parte trasera, se han marcado los espacios iguales en longitud á las tanjentes de los arcos 1°, 2°, 3°, etc., hasta 10°, calculados para un rádio cuyo largo es la distancia de la boca del cañon á la canal de la *mira*.

En la mayor parte de los cañones (aquellos que no tienen una mira en el brocal) siendo el metal en la faja alta de la culata mas espeso que el de la trompeta del brocal, la línea que une la canal del fogon con la joya tiene un ángulo de 1° de inclinacion con el ege del ánima, de manera que cuando se dirije la punteria con solo estos dos puntos el cañon tendrá una elevacion de 1°. Con el objeto pues de que el alza pueda dar una elevacion exacta, debe disminuirse el primer espacio de la diferencia de espesores entre el metal de la faja alta y el de la joya, esto es, de la semi-diferencia entre los diámetros del cañon en estos puntos. Esta cantidad se llama, *ángulo de mira*, *vivo*, *ó punto*.

Para hacer la punteria con un cañon á 3° de elevacion por ejemplo, se levanta el alza hasta que la línea que corresponde á 3° esté en la superficie de su canal, allí se ajusta por medio del

tornillo y dirijiendo una visual de la canal de la pínula á aquella que hay en el brocal de la pieza se obtendrá la elevacion requirida.

Las distancias que deben grabarse en la pínula de cualquier cañon se obtendrán del modo siguiente : el largo del cañon desde la faja alta de culata hasta la joya, se toma como rádio, el cual multiplicado por la tanjente natural del número de grados que puede necesitarse; ó como la tanjente de 1° para el rádio de un pié es 0.2094 de pulgada, si la distancia en pies entre el refuerzo de culata y el brocal se multiplica por este número, el producto será el largo de la tanjente de 1°, al cual sustrayéndole el vivo del cañon quedará el largo del alza sobre el refuerzo de culata para 1° de elevacion del cañon con el cual se ha hecho el cálculo. Para los cañones que tienen *mira*, los grados solo pueden comenzar en el alza en el lugar endonde concluye el vivo de la pieza, que es generalmente de 1° mas ó ménos.

Para graduar un alza es necesario tener una tabla de tanjentes naturales para cada grado de elevacion y como en la práctica los grados generalmente usados son de 1/2 à 10 las tanjentes naturales siguientes convendrán á todos los casos ordinarios.

TOMANDO EL RÁDIO COMO 1,			LAS TANJENTES SERÁN :		
1/2°	=	0.00872	5° 1/2	=	0.09629
1°	=	0.01745	6°	=	0.10510
1° 1/2	=	0.02168	6° 1/2	=	0.11393
2°	=	0.03492	7°	=	0.12278
2° 1/2	=	0.04366	7° 1/2	=	0.13165
3°	=	0.05240	8°	=	0.14054
3° 1/2	=	0.06116	8° 1/2	=	0.14945
4°	=	0.06992	9°	=	0.15838
4° 1/2	=	0.07870	9° 1/2	=	0.16734
5°	=	0.08748	10°	=	0.17632

Ejemplo. Tomese un cañon de 5 pies de largo ó sea 60 pulgadas; multipliquese cada una de las tanjentes anteriores por 60 y el resultado será el largo de los respectivos grados que deben grabarse en el alza; así, para 5° de elevacion $0.8748 \times 60 = 5.2488$

ó 5.25 pulgadas que deberá tener un cañon ó un obús con punto de mira; pero si no lo hubiese, el vivo mismo debe deducirse de este resultado, esto es, si el vivo de un cañon de 5 pies de largo fuese 1 pulgada, la distancia que deberá quitarse desde el estremo del alza hasta la línea que marca 5° de elevacion es 5.25 — 1 ó 4.25 de pulgada.

CAPÍTULO XVII

METALES ADECUADOS PARA LA CONSTRUCCION DE CAÑONES

Los metales empleados generalmente en la construccion de cañones son el hierro colado y el bronce.

Cuando el hierro es puro, es blando, flexible, muy tenaz y de difícil fusion; pero en combinacion con un 3 á 5 por ciento de carbon, su dureza y fusibilidad aumentan de una manera notable al mismo tiempo que su tenacidad es grandemente reducida. En este estado toma el nombre de hierro colado.

La dureza, tenacidad, ductilidad y elasticidad del hierro colado están sujetas á variaciones considerables atribuidas principalmente á la presencia del carbon en diferentes proporciones y mas ó ménos influenciados por la naturaleza del metal que lo ha producido, así como del método que se ha empleado para producirlo. Estas variaciones son por supuesto graduales, de modo que, el hierro de una calidad pasa por grados insensiblemente á ser hierro de otra calidad. Sin embargo se acostumbra dividir el hierro colado en seis variedades distintas mas ó ménos diferentes la una de la otra en calidad y apariencia.

El hierro colado para cañones debe ser de grano fino, mas ó ménos gris, dúctil y dulce.

La gravedad específica del hierro colado es mas ó ménos 7.6; su calor específico unos 0.134 siendo el del agua 1.

Su poder conductor 0.374 siendo 1 el del oro.

Una barra de hierro de una pulgada cuadrada debe aguantar de 5 á 10 toneladas segun su fabricacion y calidad.

La elasticidad y extensibilidad del hierro colado son muy considerables.

El hierro colado es de estructura cristalina, estando los eges de los cristales generalmente en ángulos rectos con las superficies de las masas. En hierro de la misma calidad el grueso de los granos es mayor miéntras mayores son las proporciones de la pieza fundida.

El bronce empleado en la construccion de cañones es una liga de cobre y estaño en proporciones que están sujetas á considerables variaciones; generalmente de 9 á 12 partes del peso de estaño para 100 partes de cobre. El bronce para la manufactura de cañones en Francia y Bélgica consiste de 100 partes de cobre y 11 de estaño. Sus calidades dependen en gran parte de la pureza de sus ingredientes.

La gravedad específica del bronce es mayor que la del cobre ó estaño. El bronce es un tanto ménos tenaz y dúctil aunque mas duro y mas fusible que el cobre. Su fractura exhibe una estructura fina y cristalina.

Las ligas de cobre y estaño son instables, esto es, que cuando los metales están en estado de fusion tienen una tendencia á separarse el uno del otro. Por consiguiente, llega á ser casi imposible obtener grandes piezas fundidas de estructura uniforme pues el estaño siempre se encuentra en exceso en unas partes y en otras el cobre, de modo que si se funde un cañon en una posicion vertical y de la manera acostumbrada se puede decir que no hay dos partes que tengan exactamente la misma constitucion pues siempre se encuentra el máximo de cobre en la parte exterior y hácia la culata del cañon, ó sea la parte inferior de la columna de metal; y el máximo de estaño en el interior y parte superior del cañon.

Una liga de invencion reciente, el *metal sterró* que ha sido descubierto por el baron Rothon de Viena parece reunir en el mas alto grado todas las calidades exigidas. Su composicion es variable entre ciertos límites. Entra en ella cobre y zinc en pro-

porciones casi iguales con un poco de hierro y estaño (1). Su precio es inferior al bronce. Sin embargo, esta liga no ha sido aun suficientemente esperimentada para que se pueda dar un fallo definitivo sobre sus ventajas.

La gravedad especifica del metal para cañones varía de 8.76 á 8.87.

Su calor específico unos 0.11.

Su poder conductor unos 0.898.

Una barra de este metal de una pulgada cuadrada debe resistir una fuerza de 10 toneladas.

El hierro colado empleado en la construccion de cañones, en dureza y elasticidad es superior, y en tenacidad inferior al bronce.

Las cantidades de calor absorbidas por los cañones de hierro y bronce por las esplosiones de iguales cantidades de pólvora, son proporcionales á sus respectivos poderes conductores, y la extension á la cual las temperaturas de iguales cantidades de estos metales, se elevan por iguales cantidades de calor, son inversamente proporcionales á sus calores especificos. De donde resulta que de dos cañones el uno de hierro y el otro de bronce, el último á cada descarga absorbe casi tres veces tanto calor como el primero. Ademas, la superficie negra y comparativamente áspera del cañon de hierro, radia calor mucho mas rápidamente que la superficie lisa y pulida del cañon de bronce; así es que si fuesen los dos del mismo tamaño y se encontrasen ambos bajo las mismas condiciones, el primero se enfriará en la tercera parte del tiempo que se necesitaria para que se enfriase el segundo.

El costo de los cañones de hierro es de unas 30 libras esterlinas, ó sean 150 duros por tonelada y el de los de bronce de unas 180.

(1)

Cobre	53.04
Zinc	42.36
Hierro	1.77
Estaño	0.83
	98.00

ó 900 duros; de donde se infiere que : — Los cañones de hierro deben ser mucho mas pesados que los de bronce de igual calibre.

Los cañones de hierro resisten mejor los choques de la bala durante su paso por el ánima, y por consiguiente son mas durables. En un fuego vivo y continuo los cañones de hierro se calientan mucho ménos rápidamente que los de bronce, al estremo que pueden hacer fuego 3 veces mas ligero que estos.

Los cañones de hierro son mucho ménos costosos que los de bronce.

Los cañones de bronce son ménos durables puesto que, por la falta de dureza de ese metal, el ánima sufre con los choques de las balas de hierro, su ánima llega á cambiar de forma y al fin se llena de agujeros por los repetidos choques que sufre, al mismo tiempo que la falta de uniformidad en la composicion de sus partes al causar variaciones en el grado de espansion y contraccion en las diferentes partes de los cañones ocasiona rajaduras y fisuras por las cuales se destruyen rápidamente.

Los cañones de bronce son mas ligeros que los de hierro de igual calibre y por consiguiente superiores á estos en las circunstancias en que se necesitan movimientos rápidos. Por esta razon son apropiados para la artillería de montaña.

Pero el metal que en razon de su resistencia superior á la de todos los demas metales ó ligas tiende á sostituirlos, es el acero. El perfeccionamiento á que se ha llegado en estos últimos tiempos en la fabricacion del acero, permite obtener este admirable metal en cantidades suficientes y á precios bastante bajos para que se le pueda hacer entrar en la fabricacion ordinaria de las piezas de artillería.

Entre los diferentes aceros se hace uso sobretodo del acero *puddlé* de las fabricas de Inglaterra ó de Francia, del acero Besmer, del acero Aboukoff (de Rusia) y en Prussa del acero Krupp que es el mas resistente de todos, pero cuya preparacion es un secreto de M. Krupp proprietario de la fábrica.

Es difícil formarse una idea de la cantidad de acero y de los trabajos mecánicos que son necesarios para la fabricacion de los cañones de la nueva artillería de grueso calibre destinada á lanzar proyectiles de 200 y 400 libras. Es preciso despues de haber fundido el acero menearlo con instrumentos y aparatos particulares que la fábrica de M. Krupp ha reunido despues de muchos años. Las fábricas metalúrgicas de Inglaterra tambien están hoy en condiciones de poder trabajar estas enormes masas metálicas.

La conversion de hierro colado en hierro forjado se llama « pudelage ».

La operacion se ejecuta del modo siguiente : unos 3 ó 4 quintales de hierro colado refinado se colocan en un horno endonde está espuesto á una temperatura muy elevada. Al cabo de media hora el hierro principia á fundirse y el obrero introduce una herramienta de hierro con la cual agita constantemente la masa esponiendo las partes no fundidas á las partes mas calientes del horno y retirando las fundidas al lado mas frio hasta que toda llega á ser un fluido. Entónces con mucha viveza lo mueve en todas direcciones, esponiendo cada parte á la accion de la llama y cambiando constantemente el instrumento de que se sirve para la operacion tan pronto como se calienta. Durante este procedimiento el metal líquido borbollonea y hierve produciendo un gas elástico, y gradualmente se vuelve mas espeso y mas tieso. Habiéndolo conservado en constante movimiento hasta que ha llegado á ser una masa blanda y consistente lo divide en 5 ou 6 bolas separadas de 60 ó 70 libras de peso cada una, las cuales estando en su mayor grado de calor reciben succesivamente unos 20 golpes de un poderoso martillo que pesa 4 ó 5 toneladas. Esta pasta aun caliente se hace pasar varias veces por entre los cilindros de una prensa para darle la forma de una barra. Habiéndose producido de este modo un número de barras, se les enrojece de nuevo y despues de darles algunos golpes con el martillo se les vuelve á hacer pasar por entre los cilindros. Las barras que resultan de de esta segunda operacion son hierro forjado.

El hierro forjado es fibroso, muy dúctil y mucho mas fuerte que el hierro colado. Es tambien mucho mas duradero y capaz de soportar choques que maltratarian al segundo. Posee ademas la propiedad de poderse soldar, esto es, de unirse estando en una temperatura elevada; de manera que si dos pedazos de hierro forjado se calientan hasta estar casi blancos, colocándolos juntos y golpeándolos con un martillo se unirán y formarán solo una pieza siendo la union tan fuerte como las otras partes.

Todos los artículos construidos de hierro forjado, con excepcion de aquellos que se hacen pasándolos por los cilindros, se forjan con un martillo y como los efectos de aun los mas poderosos martillos de vapor son mas ó ménos superficiales, la manufactura de piezas forjadas, grandes y pesadas, se hace con gran dificultad y poca seguridad. Ademas, las grandes masas de hierro forjado cuando se les tiene por algun tiempo espuestas á la temperatura elevada que es necesaria para forjarlas, frecuentemente pierden su composicion fibrosa, llegan á ser de estructura cristálina y por consiguiente deterioradas y débiles; de manera que generalmente se debe considerar que la calidad del hierro en piezas forjadas del mismo metal será inversamente proporcional al tamaño de la pieza forjada.

De donde se vé claramente que hay un límite para las dimensiones de las piezas forjadas pues en la práctica se ha visto que no deben excederse estas dimensiones sin esponerse á producir una pieza defectuosa.

CAPÍTULO XVIII

PRINCIPIOS GENERALES; FORMAS Y PROPORCIONES.

La forma exterior de los cañones es generalmente la de tres conos truncados unidos el uno al otro y teniendo sus bases del lado de la culata (1) ; á estos tres conos se agrega el cascabel, y el brocal y la culata.

La figura 37 representa un cañon de forma ordinaria : AB se llama el primer cuerpo y es uno de los conos de que hemos

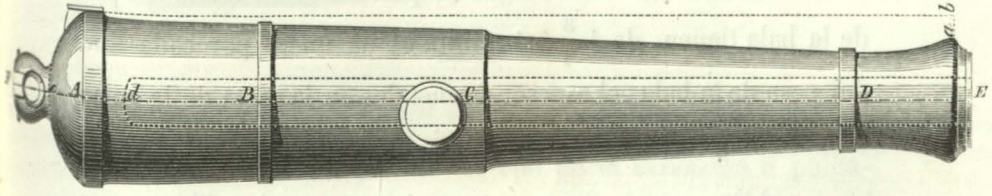


Fig. 37.

hablado ; BC, segundo cuerpo y es otro cono ; CD caña o tercer cuerpo y tercer cono ; F*c*, es el cascabel, *c*A la culata, y DE el brocal.

La razon que hay para dar esta forma á la construccion de los cañones es que la fuerza de los gases producidos por la esplosion de la pólvora es inversamente proporcional al espacio en el

(1) El cañon de Armstrong y algunos otros de hierro forjado no son de forma cónica sino compuestos de varios cilindros de diferentes espesores, sin embargo algunos de ellos son ligeramente cilíndricos y su espesor de metales va disminuyendo de la culata hasta la boca.

cual está encerrada y por consiguiente esta fuerza disminuyendo gradualmente de la culata á la boca permite reducir el espesor de metales en proporcion y por consiguiente disminuir el peso del cañon sin afectar en nada su fortaleza.

En primer lugar es necesario tratar de determinar qué espesor de metales se necesita para aquella parte de la culata que rodea á la pólvora porque allí es endonde se ejerce la mayor fuerza al hacer esta su esplosion. No pueden darse reglas fijas para arreglar el espesor de metales en las diferentes clases de cañones que hoy construyen puesto que mucho depende de las propiedades físicas del material que se emplea; solo la esperiencia nos puede dar los resultados que buscamos. Para la construccion de cañones se toma el calibre como unidad de medida.

El espesor de metales de un cañon depende principalmente de la carga de polvora que se le destina, así como del peso y forma del proyectil. Los cañones comunes de hierro colado de construccion antigua con cargas de pólvora de un tercio del peso de la bala tienen, de 1 $\frac{3}{4}$ á 4 quintales de metal por cada libra del peso de la bala, el espesor de metales en la parte de la culata que limita el ánima es el siguiente :

42 lbs.....	1 calibre.
32.....	1 1/16
24.....	1 2/16
18.....	1 3/16
12.....	1 4/16
9.....	1 5/16
6.....	1 6/16
3.....	1 7/16

Como se vé se aumenta $\frac{1}{16}$ segun va disminuyendo el calibre. El espesor en el collarino en estos cañones es la mitad que en la culata.

En cañones de hierro colado de construccion mas moderna el metal está distribuido sobre principios diferentes, á saber : en

dar mayor espesor de metales y por consiguiente mas fortaleza al primero y segundo cuerpo, especialmente al primero que es el que rodea á la carga al mismo tiempo que se disminuye la cantidad de metal en la caña puesto que esta parte solo esperimenta una pequeña porcion de la fuerza en la descarga de la pieza. Por este principio tambien se aumenta proporcionalmente el espesor de metales miéntras mayor es el calibre del cañon.

Muchos anillos, molduras, etc., se han suprimido ademas en la construccion moderna de cañones.

En el cañon bombero introducido en el servicio de la marina inglesa por el general Millar en el año 1824, el espesor de me-

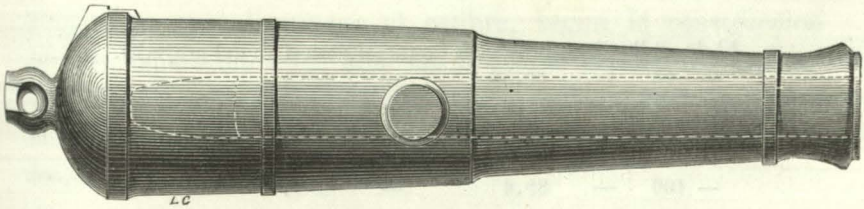


Fig. 38.

tales en la culata es considerable y comparativamente ligero en la caña ; el metal del primer cuerpo en el cañon de 8 pulgadas de 65 libras de peso es de forma cilíndrica, siendo el del segundo cuerpo ligeramente cónico y el de la caña aun mas. El cañon de 10 pulgadas tiene una carga de pólvora de mas ó ménos un séptimo del peso de su bomba y el de 8 pulgadas como un sesto. En el de 10 pulgadas hay como un quintal de metal por una libra de la bomba, en el de 8 pulgadas, de 65 quintales unas 145 libras para una libra de la bomba, como está representado en la figura 38.

M. Monk propuso aumentar el espesor de metales de los cañones en la culata y disminuirlo en la caña conservando sin embargo el mismo peso á la pieza. En 1838 se fundieron algunos cañones de 56 libras segun su principio y poco despues

algunos de 32 libras. Los primeros de estos cañones han sido abolidos por considerárseles faltos de resistencia.

El coronel Dundas introdujo cañones casi semejantes á los de M. Monk pero no tan cónicos, los cuales tenian mayor espesor de metales en el primero y segundo cuerpo. Su cañon de 68 libras, de 65 quintales de peso, es considerado como el cañon de ánima lisa mas eficaz en el servicio de la marina y su cañon de 32 libras de 58 quintales se propuso que remplazase al de 32 libras de 56 quintales de Blomfield.

En los cañones de Armstrong que son de hierro batido la distribucion ó cantidad de metales en cada uno de ellos es como sigue:

	El de	6 lbs	tiene	59.83 lbs	de metal	para 1 lb	del proyectil.
	—	12	—	80.58	—	1	—
(L. S.)	—	25	—	73.4	—	1	—
(S. S.)	—	25	—	55.84	—	1	—
	—	40	—	86.25	—	1	—
	—	100	—	89.6	—	1	—

De donde se vé, que con excepcion de los cañones de 12 libras y de 25 libras (S. S.), hay un peso proporcional mayor de metal en una pieza segun va aumentando el calibre. Habiendo el cañon de 12 lb. sido construido ántes que los otros tiene probablemente mas metal que el que se necesita para su fortaleza; apesar de esto, si fuese mas ligero se aumentarian sus efectos destructores sobre la cureña.

El de 25 libras (largo) es igual al de 25 libras (corto) con la sola diferencia de ser mas corto por lo cual pesa ménos. La carga para estos cañones es generalmente $\frac{1}{8}$ del peso del proyectil y como no hay VIENTO toda la carga se inflamará probablemente ántes de que el proyectil haya salido de la boca del cañon, no escapándose por consiguiente ninguna cantidad de pólvora sin quemarse.

Miéntras mayor es el calibre del cañon mayor será tambien

algunos de 32 libras. Los primeros de estos cañones han sido abolidos por considerárseles faltos de resistencia.

El coronel Dundas introdujo cañones casi semejantes á los de M. Monk pero no tan cónicos, los cuales tenian mayor espesor de metales en el primero y segundo cuerpo. Su cañon de 68 libras, de 65 quintales de peso, es considerado como el cañon de ánima lisa mas eficaz en el servicio de la marina y su cañon de 32 libras de 58 quintales se propuso que remplazase al de 32 libras de 56 quintales de Blomfield.

En los cañones de Armstrong que son de hierro batido la distribucion ó cantidad de metales en cada uno de ellos es como sigue:

	El de	6 lbs	tiene	59.83 lbs	de metal	para 1 lb	del proyectil.
	—	12	—	80.58	—	1	—
(L. S.)	—	25	—	73.4	—	1	—
(S. S.)	—	25	—	55.84	—	1	—
	—	40	—	86.25	—	1	—
	—	100	—	89.6	—	1	—

De donde se vé, que con excepcion de los cañones de 12 libras y de 25 libras (S. S.), hay un peso proporcional mayor de metal en una pieza segun va aumentando el calibre. Habiendo el cañon de 12 lb. sido construido ántes que los otros tiene probablemente mas metal que el que se necesita para su fortaleza; apesar de esto, si fuese mas ligero se aumentarian sus efectos destructores sobre la cureña.

El de 25 libras (largo) es igual al de 25 libras (corto) con la sola diferencia de ser mas corto por lo cual pesa ménos. La carga para estos cañones es generalmente $\frac{1}{8}$ del peso del proyectil y como no hay VIENTO toda la carga se inflamará probablemente ántes de que el proyectil haya salido de la boca del cañon, no escapándose por consiguiente ninguna cantidad de pólvora sin quemarse.

Miéntras mayor es el calibre del cañon mayor será tambien

Los resultados de estos esperimentos se indican á continuacion en partes decimales:

Á un calibre hácia atrás del centro de la bala	0.9758
Hácia el centro de la bala	1.0000
Á un calibre en frente de la bala	0.8149
Á dos	0.6767
Á tres	0.6163
Á cinco	0.5291
Á siete	0.4391
Á nueve	0.3988
Á once	0.3667
Á quince	0.2858

Estos decimales demuestran la resistencia relativa necesaria en las diferentes partes para resistir á la esplosion.

El almirante Dahlgren, introdujo en la marina de los Estados Unidos un cañon de hierro fundido de grueso calibre (11 pulg.), cuya forma esterior fué determinada por unos esperimentos semejantes á los anteriores. De A á B (fig. 38), el metal es cilíndrico y de B hácia el brocal hay una disminucion gradual, siendo la caña casi imperceptible.

Se dice generalmente que el esfuerzo sobre el metal de un cañon aumenta con el ángulo de elevacion al cual se ha hecho el fuego, por que se ha encontrado que si un cañon se dispara « punto en blanco » ó con su ege orizontal la fuerza de gravedad solo causará una friccion entre la bala y el fondo del ánima (fig. 39).

Pero en caso de tener la pieza una considerable elesacion como sucede en un mortero (fig. 40), si la fuerza de gravedad se resolviese entre los dos componentes *a* y *b*, *b* obrará directamente contra la fuerza del gaz de la pólvora, causando una friccion el componente *a*. Debe observarse sin embargo que *b* es tan pequeña en comparacion á la inmensa fuerza ejercida sobre el proyectil por el gaz que no es posible que cause suficiente aumento de resistencia para aumentar el esfuerzo en el cañon de manera que este se pueda apreciar. No hay duda que la razon

para que el esfuerzo aumente con el ángulo de elevacion es que

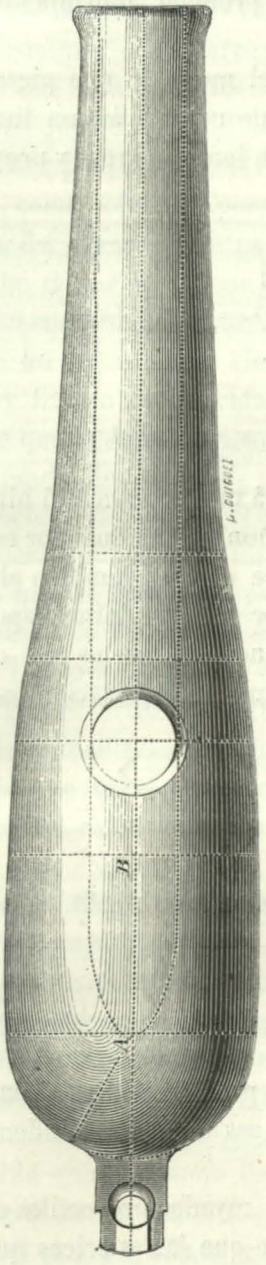


FIG. 38.

mientras mayor es este, es ménos susceptible de retroceso en el

cañon, por consiguiente, una parte del trabajo que un pequeño ángulo emplearia en producir movimiento se ejerce sobre el cañon.

El esfuerzo sobre el metal de una pieza rayada será mucho mayor que sobre el de una de ánima lisa de igual calibre, si ambos se disparan con iguales cargas y proyectiles ; por que con

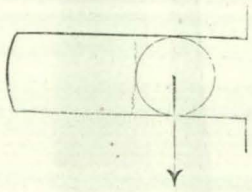


Fig. 40.

la primera pieza habrá ménos VIENTO ó ninguno segun el modo como está rayado el cañon, habiéndose por consiguiente impedido ó disminuido el escape de gaz ; tambien el proyectil en vez de rodar simplemente por entre el ánima esperimentará una considerable friccion en aquellas partes que entran en las ranuras y debe tener un movimiento de rotacion así como otro de pro-

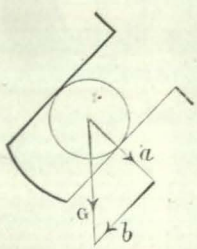


Fig. 41.

gresion necesitándose por consiguiente mayor fuerza para moverlo, puesto que el gas está mas condensado y ejerce mayor presion en el cañon.

Usando los cañones rayados proyectiles de formas cilindricas de mucho mayor peso que las esféricas que se emplean en las

piezas de ánima lisa, este esfuerzo sobre el metal será mucho mayor si no se disminuye la carga ; esto es pues lo que se hace, por que ademas de disminuir el esfuerzo sobre el metal de la pieza se ha encontrado que una carga menor da exactamente la misma velocidad, puesto que un proyectil de forma elíptica mantiene su velocidad mas tiempo que una bala esférica de menores dimensiones ; ademas, como solo una porcion muy pequeña ó puede decirse ninguna del gas se escapa por el VIENTO, un efecto útil proporcional mucho mayor se obtiene de la pólvora.

Considerando el esfuerzo sobre una cureña veremós mas tarde que es necesario que un cañon tenga cierta cantidad de peso, por que si fuese muy liviano la velocidad del retroceso de la pieza seria tan grande que la cureña no solo retrocederia á una distancia mas que necesaria sino que muy pronto seria destruida por los choques producidos en ella por el cañon.

El espesor de metales se aumenta en los cañones y obuses en el brocal formando lo que se llama la JOYA ; este espesor es indispensable para protejer la pieza en aquella parte, de las balas del enemigo. La joya tambien ofrece ventajas para hacer la punteria. Algunos artilleros han encontrado que el espesor de metales debe aumentarse en el brocal con el objeto de resistir á la tendencia que tiene el gas á escaparse en todas direcciones en la boca del cañon impidiendo allí la bala estos efectos del gas.

Los cañones de hierro batido de construccion moderna se hacen generalmente sin trompetilla.

Si un cañon se fundiese de una sola pieza como sucede con los comunes de hierro colado, las porciones esternas del metal no sufririan el mismo grado de esfuerzo que las internas en el acto de descargar las piezas. Si ABC representa la seccion de un cañon de un pié de largo, supongamos que el espesor de metales AD esté dividido en un número de anillos concéntricos, es evidente que mientras mayor sea la distancia de cualquiera de estos anillos al eje del cañon E, ménos se estirará por la espan-

sion del ánima cuando se descarga la pieza y por consiguiente ménos contribuirá este á la fortaleza del cañon. Si el esfuerzo sobre el ánima producido por la descarga se considera puramente como una presion (fuerza estática), la resistencia que ofrece á este esfuerzo cualquiera de los anillos será inversamente proporcional á los cuadrados de sus circunferencias ó distancias del eje del cañon.

De donde aparece que hay un cierto límite, pasado el cual, es enteramente inútil aumentar el espesor de metales, esto es, cuando la fuerza ejercida sobre la superficie del ánima sea suficiente para romper las porciones interiores del metal antes que el esfuerzo obre de manera alguna sobre el interior.

Con el objeto de obtener la fortaleza deseada con un espesor moderado de metales, seria necesario igualar en cuanto sea posible los esfuerzos sobre cada porcion del metal ; esto se obtendria dando á las porciones esteriores una cierta tension inicial que fuese disminuyendo gradualmente y pasase á ser una compresion hácia el interior. Considerables dificultades prácticas surgen para llevar á cabo este principio, pero muchos esperimentos se han hecho con este objeto durante los últimos años. Este igualamiento de esfuerzo sobre el metal de un cañon ha sido ensayado de varias maneras, á saber : introduciendo anillos de hierro batido calientes sobre un cilindro ó ánima de hierro colado ó simplemente torneando un cañon ordinario de hierro colado á la forma de un cilindro desde la culata hasta los muñones é introduciendo anillos de hierro batido sobre esta porcion, ó bien envolviendo alambre de hierro sobre un tubo interior de hierro forjado ú otro material ; ó tambien construyendo el cañon de dos materiales diferentes, como hierro batido sobre un ánima de acero. Al introducir anillos calientes de hierro, este se contrae al enfriarse, por consiguiente comprime las porciones interiores del metal sobre el cual están colocados al mismo tiempo que estos anillos esteriores estarán evidentemente en un estado de tension.

Los cañones construidos en época remota, como por ejemplo los de Monselleg de Escocia en el siglo XV, se hacian muchas veces introduciendo aros calientes de hierro sobre barras longitudinales ó duelas del mismo metal. Esta construccion es defectuosa puesto que las duelas longitudinales tienen muy poco esfuerzo y tienden á separarse por la penetracion del gas entre ellas.

En el año de 1857 M. Mallet construyó un mortero monstruo de36 pulg. de calibre colocando un número de anillos de hierro caliente el uno sobre el otro y reforzándolos esteriormente por medio de barras longitudinales. En el primer esperimento el mortero se rajó despues de unos cuantos tiros con una carga bastante pequeña, á consecuencia de la imperfeccion de las uniones de los anillos. En el segundo esperimento los anillos aguantaron bien, pero no siendo suficientemente fuertes los pernos que aseguraban las barras longitudinales, estos saltaron.

Para encontrar la posicion del eje de los muñones segun la preponderancia requerida se observa la siguiente regla : suponiendo que la preponderancia requerida sea un décimo, divídase la distancia del centro de gravedad hasta el espejuelo entre $10+1=11$ partes (*fig.* 41), y por el principio de las reglas de la palanca la posicion del eje de los muñones estará á la distancia de una parte del centro de gravedad.

En los cañones generalmente usados, la preponderancia varia entre una undécima parte y una décima quinta del peso total de

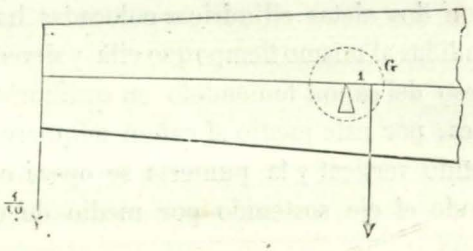


Fig. 42.

la pieza, excepto en los cañones de Monk que solo tienen un noveno. Cualquiera cantidad de preponderancia arriba de aquella que es absolutamente necesaria para conservar el cañon en una posicion fija, es perjudicial para la pieza especialmente en cañones de grueso calibre, pues serian necesarios grandes esfuerzos para levantar ó bajar la puntería.

En el Manual de Artilleria Norte-Americana, en una obra de « Gunnery and Steam » por el Teniente Ward y en el « Aide-mémoire de Gassendi, » la definicion de preponderancia es la misma que hemos dado antes; pero en las obras francesas « Traité d'Artillerie » par Piobert y el « Aide-mémoire de la Artillería Francesa » (edicion 1856) se da la siguiente definicion : « En cañones y obuses la preponderancia es la presion que se ejerce sobre el tornillo de puntería cuando la pieza descansa sobre sus muñones, estando su ege orizontal y sin tener en consideracion

la friccion. Esta preponderancia en los cañones franceses y para la cual se han hecho unas tablas, se ha calculado en la hipótesis que el metal sea de uniforme densidad en toda la estension del largo de la pieza y es como sigue :

1/20 del peso de la pieza para cañones de sitio y de fortificaciones,
1/14 — para cañones de montaña.

A pesar de todo, la preponderancia real excede á este, puesto que es un $\frac{1}{17}$ del peso de la pieza para cañones de sitio y $\frac{1}{12}$ para cañones de montaña.

Los muñones deben ser de igual diámetro y tener un ege comun perpendicular al del cañon. Son generalmente de un calibre de diámetro y largo.

En cañones de ánima lisa, el ege de los muñones está colocado abajo del ege de la pieza, lo cual es causa de que el impulso ejercido sobre el tornillo de puntería, y de que el efecto destructivo sobre la cureña al momento de descargar la pieza, sea mucho mayor que si fuesen colocados en el mismo plano que el eje de ella. Esto se esplicará claramente cuando se considere el efecto de la descarga de un cañon sobre su cureña.

Muchas esplicaciones se han dado para esplicar las razones por las cuales se han colocado los ejes de los muñones abajo del de la pieza, daremos algunas de ellas : que los muñones colocados así son mucho mas fuertes ; que el cañon se puede apuntar mejor por medio de un cuadrante de puntería y que se disminuye mucho el retroceso de la cureña. Al presente estas razones son de muy poca ó ninguna consideracion.

En Norte America, Francia, y muchos otros paises, el ege de los muñones se coloca en el eje de la pieza y en Inglaterra el Coronel Eardly Wilmot propuso adoptar el mismo sistema. En los cañones de Armstrong el ege de los muñones pasa por dentro del ege del cañon.

CAPÍTULO XX

OIDO.

El oido de un cañon es una pequeña canal por medio de la cual se le da fuego: esta atraviesa el metal desde la joya de la culata hasta el ánima. El oido está en un plano formando ángulos rectos con el eje de la pieza pero ligeramente inclinado á este.

Los oidos de todas las piezas de ánima lisa tienen $\frac{2}{9}$ de pulgada de diámetro y los estopines con los cuales se da fuego $\frac{2}{10}$ de pulgada.

El agujero llamado oido ó fogon no está perforado en el metal del cañon sino en una pieza de cobre entornillada en él. Se usa el cobre por resistir mejor la accion de la pólvora inflamada.

CAPÍTULO XXI

CUREÑAS: SU CONSTRUCCION, ETC.

Hay varias especies de cureñas para la artillería las cuales pueden clasificarse del modo siguiente: cureñas para la artílleria de montaña, para cañones en posicion, para cañones de sitio, para fortificaciones y por último las cureñas para la artílleria naval.

Una cureña debe ser de la construccion mas simple posible de manera de poderse reparar con facilidad; debe tener suficiente movilidad para el servicio á que se le destina y su centro de gravedad debe estar colocado de manera que no pueda volcarse al pasar por un terreno desigual.

Debe haber la menor variedad posible de cureñas, y las diferentes partes de la misma clase de estas deben ser hechas por el mismo modelo. Ademas es de desearse, en cuanto sea posible asimilar las construcciones generales, tamaños de las ruedas, etc., de aquellas cureñas que se hacen para trabajar juntas como por ejemplo las de una batería de montaña; tambien las partes que se designan para el mismo fin en cureñas de diferentes construcciones deben tener en cuanto sea posible las mismas formas y dimensiones.

Una cureña generalmente consiste de dos partes, un cuerpo y un avantren; la primera soporta todo ó la mayor parte del peso y la segunda que lleva solo una porcion de este sirve como un medio por el cual se comunica el movimiento y forma con la primera parte una especie de coche de cuatro ruedas. El sistema por el cual estas dos partes están unidas varia segun el objeto á que se destina la cureña.

La construccion del cuerpo de una cureña y avantren depende mucho de la naturaleza y cantidad del peso que va á soportar; esto se esplicará cuando se describa cada clase de cureña.

Los siguientes puntos deben tomarse en consideracion con el objeto de disminuir en cuanto sea posible el trabajo necesario para la forma de una cureña; primero, las ruedas deben tener la altura necesaria; segundo, el diámetro medio del ege debe reducirse á un minimum pero que tenga la suficiente fortaleza; los eges y centro de las ruedas deben ser construidos de materiales entre los cuales haya muy poca friccion.

El ángulo de traccion debe ser el mas favorable para la fuerza motriz.

Respecto al primer punto, se ha considerado generalmente que el alto de las ruedas para las cureñas que deben moverse con gran velocidad, no debe exceder de 5 pies puesto que haciéndolas mayores se aumentaria su peso y su carga aumentaria á una altura que espondria la cureña á volcarse á ménos que no se aumentase su ancho ó se variase la construccion. Para las cureñas que deben movese muy despacio y sobre un terreno desigual, puede aumentarse el diámetro de las ruedas hasta 7 pies.

Siendo el ege formado de hierro colado que es un material fuerte, puede hacerse de pequeño diámetro y de este modo la friccion será muy pequeña comparada con el diámetro de la rueda y se disminuirá el tamaño del cubo así como el peso de esta.

Las espigas de los eges en las cureñas inglesas tienen un pedazo de acero incrustado en la parte que descansa sobre la caja del eje de las ruedas la cual es hecha de hierro colado; antiguamente se hacian estas cajas de bronce, pero se ha visto que el hierro es de mas duracion y mas barato. Por consiguiente, se tiene hierro trabajando contra acero entre los cuales hay poca friccion, especialmente cuando se tienen bien engrasados.

La figura 42 representa una cureña comun de marina.

En esta cureña las gualderas son de roble, muy macizas y fuer-

temente unidas por medio de la testera, los eges de las ruedas,

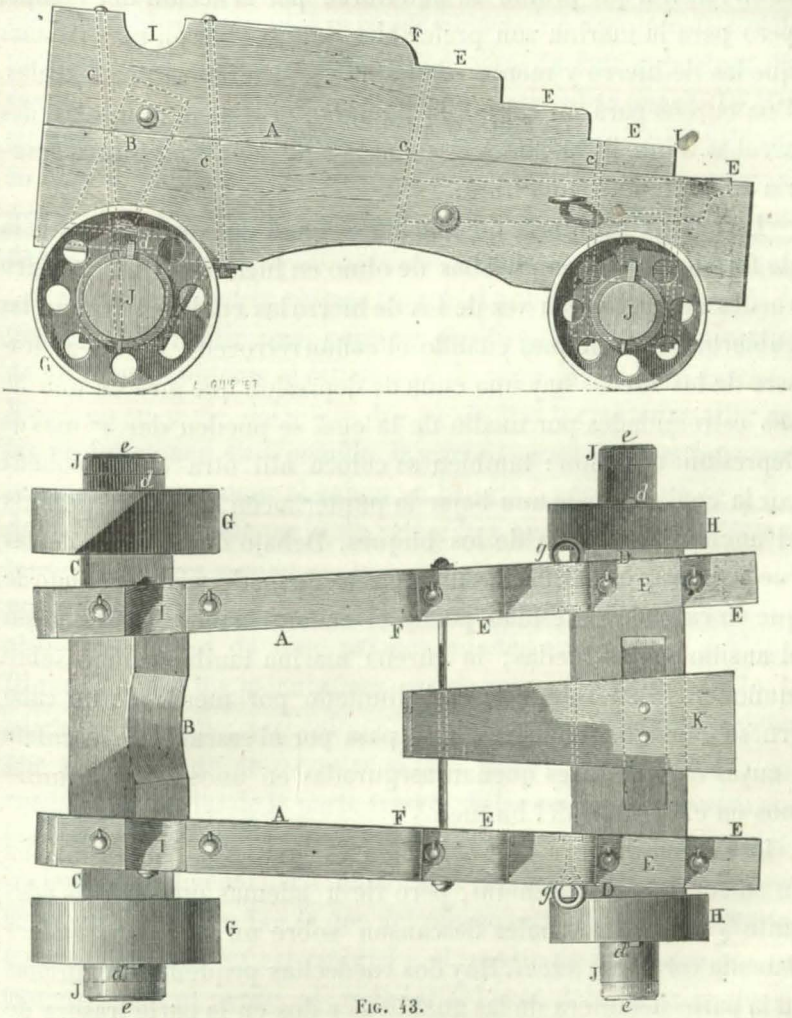


FIG. 43.

NOMENCLATURA DE LAS CUREÑAS DE MADERA PARA LA MARINA Ó FORTALEZA.

A gualderas.
B telera, teleron.
C ege delantero de las ruedas.
D ege trasero de las ruedas.
E escaletas.
G ruedas traseras.
H ruedas delanteras.
I muñones.
I manga del ege.
K solera.
L cuña de puntería.
a perno de la telera.
b perno de la almohada.
c perno de gotas de cebo.
d sotrozos.
e zunchos del ege
g pernos capuchinos.

pernos, etc. Las cureñas de madera son poco usadas hoy en tierra en razon á que pronto se deterioran por la accion del tiempo, pero para la marina son preferibles puesto qne son mas livianas que las de hierro y ménos espuestas á ser averiadas por las balas. Una cureña para un cañon de 24 largo pesa siete quintales dos arrobas veinte libras, mientras que la equivalente en hierro pesaria 20 quintales, una libra.

La cureña ordinaria de marina es igual en construccion á la de fortaleza, pero son hechas de olmo en lugar de roble y tienen ruedas de madera en vez de las de hierro las cuales maltratan las cubiertas de los buques cuando el cañon retrocede. En el ege trasero de las ruedas hay una cuña de depresion que gira en una de sus estremidades por medio de la cual se pueden dar 5° mas de depresion al cañon: tambien se coloca allí otra cuña pequeña por la cual se puede aun bajar la puntería con tal que lo permita el ancho de la porta de los buques. Debajo de los eges de las ruedas llevan estas cureñas unas piezas de madera con el objeto de que en caso de necesidad pueda el cañon correr sobre ellas sin el ausilio de las ruedas; la cureña marina tambien tiene sobre muñoneras; su retroceso está limitado por medio de un cabo grueso llamado braguero el cual pasa por el cascabel de la culata y cuyas estremidades quedan aseguradas en unos fuertes cáncamos en el costado del buque.

La cureña de corredera tambien es igual á la cureña marina en su construccion general, pero lleva ademas unas piezas adelante y atras las cuales descansan sobre un marco de madera llamada *corredera naval*. Hay dos ruedecitas pequeñas aseguradas en la parte delantera de las gualderas y dos en la parte trasera de estas, cada una de las cuales lleva una palanquita de hierro; cuando se desea hacer correr el cañon hácia arriba, se engancha un aparejo pequeño á cada palanca el cual levanta la parte trasera de la cureña sobre las dos ruedecitas y al mismo tiempo pone á las ruedas traseras en movimiento; en este estado el cañon corre sin ninguna dificultad. La corredera naval es formada de dos

piezas paralelas unidas la una á la otra por medio de un atravesaño en la parte delantera y dos calzos ó cuñas, hay dos tablas centrales sobre las cuales se puede colocar un espeque de rodete para poner el cañon en batería en caso de descompostura del aparato ordinario. Esta cureña puede girar sobre una de las dos estremidades; unos rieles de bronce entornillados sobre la cubierta en forma semi-circular facilitan estas evoluciones. Numerosos sistemas de cureñas de correderas se conocen : hablaremos solo de dos de ellos.

Cureña de corredera sistema francés. La cureña está dispuesta de manera de permitir una puntería positiva de 25° y una negativa de 10°. Las gualderas se estienden á lo largo de todo el marco y llevan en su parte delantera dos ruedecitas incrustadas allí; estas no funcionan sino cuando la parte trasera de la cureña está levantada. Para poner el cañon en batería ó para el retroceso hay de cada lado un palanquin de retenida y uno de costado dispuestos de la manera siguiente : uno de los motones se engancha en un cáncamo del marco, el otro en un anillo colocado arriba ó abajo del perno de una palanca que termina en una roldana. Obrando sobre los palanquines, sea de retenida sea de costado, la palanca se levanta verticalmente y se mantiene en esta posicion por medio de un taco contra el cual viene á encontrarse, y sus ruedas que son las de la parte trasera de las cureña, descansan entónces sobre el marco; al mismo tiempo dicha parte se encuentra levantada, lo cual hace funcionar á las ruedas delanteras como ántes hemos dicho. Los la dos del marco están ligados por dos teleras colocadas á su estremidad y al medio de las cuales hay un agujero para el perno al rededor del cual debe girar la corredera. La distancia de los pernos se marca siempre sobre el buque mismo de manera de poder hacer pasar el cañon de su posicion de mar á la de tiro por un simple movimiento circular. En fin el marco está provisto de cuatro ruedecitas, con eges curvos que permiten dar á estas dos posiciones, la una paralela á los lados del marco cuando se quiere trasportar la pieza de adelante á atras por

ejemplo, y la otra perpendicular al radio de la circunferencia cuyo centro seria un perno opuesto cuando se quiere hacer girar la cureña. Las ruedas llevan en su centro una caja con un agujero que tiene la misma curvatura que el ege; esta caja presenta interiormente una forma cilíndrica al rededor de la cual gira la rueda, estas están aseguradas al ege por medio de una chaveta y un sotrozo.

El marco está ligeramente inclinado hácia adelante de 2 ó 3° á fin de disminuir el retroceso; el braguero se enrolla alrededor de la estremidad del marco y viene á hacerse firme en la telera delantera de la cureña en unos grilletes que están allí fijos. Los rieles circulares á bordo de las cañoneras están establecidos únicamente con el objeto de que la pieza se diriga por un solo movimiento á sus puntos de tiro, al traves de su puesto de mar de uno ú otro bordo; ademas se disponen unos puntos para que gire la cureña adelante ó atras con el objeto de evitar la posibilidad de poner de antemano la pieza en esta posicion si fuese necesario. Estos rieles circulares tienen su superficie superior en un mismo plano, de manera que los eges de los pernos estén siempre paralelos entre ellos y normales á este plano así como al marco de la corredera. Para las piezas de caza se ha adoptado á bordo del « Volta » una plataforma orizontal que la eleva encima del castillo de proa y le da una gran facilidad para maniobrarla, pero de aquí resulta una carga considerable en la proa del buque.

Á fin de asegurar la estabilidad de la pieza en su puesto de mar se remplazan los pernos al rededor de los cuales gira la pieza por otros del mismo diámetro pero bastante largos para que sobrepasen el espesor de la cubierta, estos son de terraja en su estremidad y reciben allí una roldana y tuerca de rosca para asegurar el marco de la corredera contra la cubierta. Una especie de torno reune la cureña al marco ademas de los medios generalmente empleados.

Sistema americano. En la cureña de este sistema la puntería

positiva es de 25°; el braguero pasa como en las cureñas marinas ordinarias; bajo la parte de adelante y de atras de las gualderas hay dispuestas unas ruedecitas de bronce con eges eccéntricos de acero. Los lados del marco descansan sobre dos soportes que tienen un agujero central para el perno; á cada una de las estremidades de este se encuentra una muesca un poco oblicua que recibe una roldana troncónica de bronce cuyas generatrices concurren al centro del agujero del perno del soporte opuesto. Estas roldanas tambien están sobre eges eccéntricos; un travesaño está colocado bajo el marco al medio del intervalo que separa los dos soportes; en su parte inferior lleva una ruedecilla de rozamiento de bronce lo cual aumenta el número de los rieles que deben colocarse sobre la cubierta. Ademas hay dos eges adaptados sobre los lados del marco los cuales reciben unas ruedecillas de madera cuando se quiere trasportar la pieza de la popa á la proa y recíprocamente. Las ruedecillas de eges eccéntricos se maniobran con la ayuda de llaves de palanca. Las cuñas y los bragueros de retenida destinados á moderar los movimientos de la pieza completan esta cureña.

CUREÑA PROTEJIDA DEL CAPITAN MONCRIEFF.

Esta cureña la describe su autor del modo siguiente:

Ántes de definir la parte mecánica de esta invencion, será bueno esplicar los resultados que se esperan obtener con ella y las principales dificultades que se encontrarán.

Las condiciones deseadas fueron simplemente obtener un sistema de hacer fuego sobre un parapeto sólido, conservando al mismo tiempo una línea de tiro lateral libre sin esponer el cañon y sus tripulantes, ni dar mucho trabajo para levantar y bajar la pieza; en una palabra, obtener todas las ventajas de una batería barbeta sin sus defectos.

Por otro lado las dificultades eran mecánicas, pero dificultades mecánicas muy serias y las cuales no dudo que han desalen-

tado á aquellos que han estado en el mismo camino que yo, pues es imposible suponer que esta idea no haya sido sugerida por otros muchos. Las ventajas que deben obtenerse son demasiado importantes para que no se haya con frecuencia pensado en esta invencion.

Era este pensamiento el que me estimulaba á perseverar en mis esperimentos á considerable costa y bajo gran desaliento y atraso.

Ántes del final de la campaña de Crimea principié á dibujar *elevadores* para cañones y en el curso de la obra me ocurrió la idea que he adoptado, tan luego que esto sucedió sentí que tenia un agente apropiado para el objeto.

Un mecanismo para levantar y bajar el cañon con poco trabajo comparativamente, se puede delinear donde hay esfuerzos estáticos, pero estos son muy diferentes y aquellos que conocen mejor todas las dificultades que hay para dominar el retroceso de la artillería moderna de grueso calibre en las plataformas y correderas que hoy están en uso y los efectos destructivos que las grandes cargas de pólvora producen en los pernos, podrán mas fácilmente apreciar la dificultad á que me refiero en donde como sucede en el caso mio, el esfuerzo del retroceso no viene á encontrarse cerca del plano de su propia accion, como sucede en las plataformas y correderas, sino mucho mas abajo.

El peligro de un esfuerzo repentino sobre la plataforma, está evitado interponiendo una alza prima movible entre esta y el cañon recibiendo al mismo tiempo la fuerza del retroceso en un contrapeso ú otra fuerza de un poder equivalente. Esta instalacion reduce la velocidad inicial del contrapeso á un minimum, sin destruir el equilibrio. La fuerza del retroceso está transferida al cañon en el momento que tiene lugar la descarga. La fuerza generada de ese modo, en una palabra, el poder destructivo se mide por el peso del cañon multiplicado por el cuadrado de su velocidad. Si por consiguiente la velocidad trasferida al contrapeso es al principio casi toda empleada, la *vice inertie* de este contra-

peso no tendrá ya una accion destructiva en las partes intermedias. Es pues por estos medios que tan enormes masas y pesos pueden combinarse en una estructura que poseé muy poca mas fuerza que aquella que seria necesaria para un descanso estático. Ademas se puede contar con mucha mas duracion en un material que tiene accion continua, que aquella que se obtiene en cureñas cuyo retroceso está contenido por medio de la friccion.

En el mecanismo propuesto se contiene el retroceso sin un esfuerzo perjudicial por medio de una combinacion de fuerzas análogas á aquellas que contienen el balance de un buque, endonde el alzamiento gradual del centro de gravedad de todo el aparato pone un límite al movimiento en una direccion. La curva de los *alzadores* puede hacerse de manera que domine el meta-centro y producir el mismo movimiento con casi los mismo resultados.

La figura 44 representa el mecanismo general de una cureña

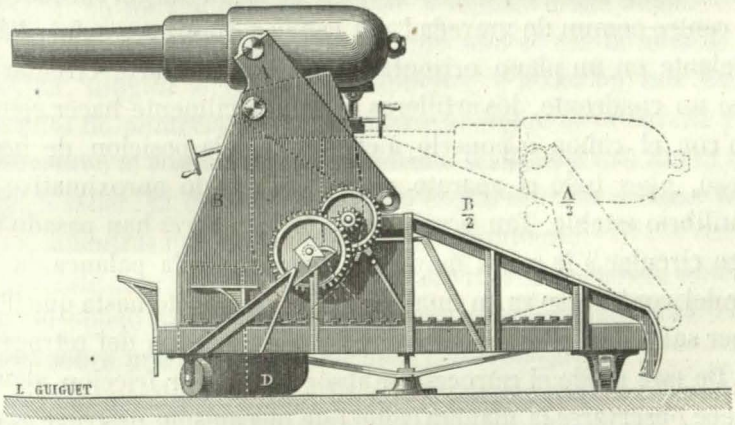


Fig. 44. — Cureña de Moncrieff.

de Moncrieff para un cañon de siete toneladas. Consiste este en tres partes principales, á saber:

A, la cureña propiamente dicha; B los alzadores y C la plataforma.

$\frac{A}{2}$ y $\frac{B}{2}$ representa la cureña y alzadores en la posicion de ser cargado el cañon.

Está atrevado en un perno central y una simple *racer*, corredera circular de 14 pies de diámetro; la plataforma tiene unos 16 pies y 6 pulgadas de largo. Entre los dos alzadores hay colocado un contrapeso D para servir de balanza al peso del cañon.

En la posicion de hacer fuego, el centro de gravedad del contrapeso y la plataforma sobre la cual descansan los alzadores, están casi coincidentes y ambos están mas ó ménos en el mismo plano vertical que los muñones del cañon.

Al descargar la pieza, los alzadores ruedan hácia atras en la plataforma haciendo que el cañon baje formando una curva cicloide, al mismo tiempo que el contrapeso se levanta (al principio con una velocidad creciente). El centro de gravedad del cañon y del contrapeso juntos es tambien el centro de la parte circular de la perisferia de los *alzadores;* siendo esta la porcion sobre la cual los *alzadores* ruedan primero despues de hacer fuego, sucede, que el centro comun de gravedad del cañon y contrapeso viaja hácia adelante en un plano orizontal; y como esta parte circular es casi un cuadrante, los artilleros podrán facilmente hacer ejercicio con el cañon ó ponerlo á cubierto de la posicion de hacer fuego, pues todo el aparato estará en estado aproximativo de equilibrio estable. Tan pronto como los *alzadores* han pasado del arco circular á la curva mayor, la potencia de la palanca en favor del contrapeso va en una progresion creciente hasta que llega á ser suficiente para contrarrestar la mayor fuerza del retroceso. — De este modo el retroceso se absorbe sin usar friccion alguna y debe observarse la manera como este mecanismo destruye aquel choque y vibracion que es tan fatal y destructor para los pernos y albañilería en la cureña ordinaria, lo cual ha causado últimamente tanto gasto en hacer fundamentos bastante fuertes para las plataformas de cañones de grueso calibre.

Cuando un cañon ha retrocedido todo lo que debe, se sostiene en esta posicion por medio de un linguete de movimiento propio, y allí se le carga bajo cubierta. Tambien si se desea se le

puede dar la elevacion en esta posicion, puesto que hay una escala de segmento de puntería en la gualdera de la cureña.

Si se retira el linguete, la fuerza del retroceso levanta el cañon y lo coloca en la posicion de hacer fuego, siendo regularizado su movimiento de ascension por un artillero el cual aguanta el manubrio de la faja de friccion. De este modo se ha dominado un agente destructor sacando de él un partido útil.

Cuando el cañon está en la posicion de hacer fuego se puede apuntar con la MIRA comun, del modo generalmente usado ó con MIRA de reflexion desde abajo. En el primer caso el nº 1 se retira de la plataforma que está atras del cañon y pasa á otra colocada al lado de la corredera, en donde puede permanecer mientras que se da fuego al cañon y el tiempo que emplea este en pasar de una á otra plataforma es ménos que el que necesitaria en una de *dwarf traversing*. Si estuviese colocada la mira de reflexion, su movimiento podria ser arreglado desde abajo.

En el último caso, es decir, cuando solo se usa la mira de reflexion, ningun sirviente está espuesto, y como en este caso el tornillo de punteria puede manejarse al frente de la cureña y del atravesaño al costado de la plataforma, se obtiene una nueva ventaja, á saber: la de poder seguir un objeto movible y hacer fuego á él, mientras que el cañon esté en movimiento.

En este caso el nº 1 no necesita adivinar la distancia ántes de que el objeto pase delante de él como sucede en un cañon colocado sobre una plataforma de *dwarf traversing*.

En este panfleto no trato de entrar en muchos detalles ni de hacer la descripcion de ninguna otra clase de cureña, pues la descripcion de una clase de ellas es bastante para ilustrar un principio que es comun á todas. Sin embargo, al abstenerme de ello dejo un terreno interesante puesto que no debe tocarse una cuestion que se relacione con los cañones de sitio. En estos las ruedas sirven de alzadores y en algunos casos se prescinde del contrapeso cuando se cree que su peso sea un inconveniente para el trasporte.

CAPÍTULO XXII

MUNICION DE GUERRA

El término municion de guerra se aplica no solamente á las cargas de pólvora para los cañones y armas pequeñas si no que tambien incluye toda clase de proyectiles, y los varios mecanismos para dar fuego á las cargas, etc.

Los proyectiles usados comunmente en artillería son los siguientes : bala, sólida, hueca, metralla, metralla en botes, bombas, esféricas y oblongas, granada de metralla y granada incendiaria.

Las balas esféricas son simplemente esferas de hierro fundidas, sean sólidas ó huecas.

Las balas sólidas se disparan con toda clase de cañones excepto con los bomberos, son muy usadas contra las tropas en columnas ó en masas compactas, así como para destruir palisadas, edificios, etc., para desmontar artillería y para abrir brechas, en cuyo caso las balas huecas ó bombas harian muy poco efecto ; calientes en el estado rojo son muy eficaces contra los buques ó cualquier otro combustible. Las balas sólidas pueden usarse para cualquier depresion.

Algunas veces se acostumbra en la marina hacer fuego con dos balas sólidas ó con una bala y una bomba cuando los buques están comprometidos en accion á cortas distancias (ménos de 200 yardas), para la cual se usa cargas de pólvora reducidas puesto que con la carga entera se aumentaria demasiado el esfuerzo sobre el metal del cañon.

Grandes irregularidades tienen lugar en la trayectoria descrita por las dos balas, tanto en el alcance como en la divergencia lateral, lo cual resulta sin duda de la disminucion de velocidad inicial, que hace necesaria una mayor elevacion, así como de que las dos balas golpen la una contro la otra dentro del ánima de la pieza. Se ha visto por esperiencia que las dos balas estarian en contacto á pesar de estar separadas por el taco ó el implemento de madera en los cartuchos ó que la primera seria probablemente fracturada por el choque de la otra. Las dobles balas no se permiten en cañones taladrados ó con los de 8 pulg. de ménos de 60 quintales.

Segun la opinion de Sir H. Douglas, se ha observado que al aproximarse al costado de un buque enemigo la primera descarga puede darse con triple bala y se supone que esta carga sea muy eficaz contra flotillas de cañoneras á distancias que no eccedan de 400 ó 500 yardas. Á pesar de esto hay un gran peligro en que revienten los cañones si se disparan con tres balas á la vez.

Balas eccéntricas. Si el centro de gravedad de una bala no coincide con el centro geométrico de su figura la bala se llama eccéntrica. Casi todas las balas que se funden son un tanto eccéntricas, por que de la concentracion del metal al enfriarse se forma una cavidad en alguna parte del interior, rara vez en el centro y se encontrarán irregularidades en la superficie esterior. Si se colocase una bala en el ánima de una pieza con su centro de gravedad encima y en el mismo plano vertical con el centro de la figura, se aumentaria su alcance. Con el objeto de aprovechar de estas circunstancias, los prusianos y algunas otras naciones han hecho las balas espresamente eccéntricas, pero los ingleses han rechazado esta clase de bala para su artillería en razon á que el aumento de alcance obtenido de este modo es variable y por consiguiente no hay plena seguridad en él, ademas se necesita un gran cuidado para cargar la pieza y si como con frecuencia sucede la bala girase en un ege vertical, las desviaciones laterales serian mucho mayores que con una bala ordinaria.

Las balas huecas se disparan con cañones bomberos y se introdujeron principalmente para el servicio de la marina siendo sus ventajas sobre las balas sólidas las siguientes : Un gran diámetro con un peso comparativamente pequeño; pueden dispararse con cañones mas livianos y necesitan una carga de pólvora menor.

Sus alcances y esactitud en el tiro á distancias considerables son inferiores á las de las balas sólidas de igual diámetro, puesto que en razon de su menor peso están mas espuestas á la retardacion ó desviacion causada por la atmósfera. En un tiempo las balas huecas eran un proyectil especial, pero en el dia son simplemente bombas comunes vacias, con tapones de tornillo de metal. El comodoro Dahlgren en su obra sobre bombas y cañones bomberos rechaza enteramente el empleo de las balas huecas, asegurando que se pueda perfectamente llenar con pólvora y usarse como bombas comunes. Dice, « Es verdaderamente difícil comprender cual es el objeto que se propone al adoptar la bala hueca, si la cavidad no se llena con pólvora de manera de obtener las ventajas de la esplosion. »

Respecto al efecto que produce en las balas huecas contra los buques H. Douglas dice : « Mientras que por su magnitud pueden hacerse fracturas ó aberturas de gran estension en el costado de un buque enemigo, su ímpetu bajo relativamente, que resulte de la disminucion de peso, la hace mas apropiada para la formacion de astillas que las balas sólidas de igual diámetro. » Es sin embargo evidente que si se les carga con pólvora se aumentarán inmensamente sus efectos destructores.

La metralla consiste en un número de balas de hierro colado colocadas en hileras por medio de tres planchas circulares del mismo metal, y otra que sirve de fondo, de hierro batido, el todo está firmemente asegurado por medio de un perno del mismo hierro que pasa por el centro de las planchas. El número de balas en cada hilera varia de 3 á 5 segun la naturaleza del cañon al cual se destina la metralla (fig. 45).

La metralla antigua llamada colchada consistia en un número de barras de hierro colocadas en un saco de lona al rededor de un perno central que estaba asegurado á un fondo de hierro; la boca del saco estaba asegurada á la parte baja del estremo superior del perno y el todo unido por medio de una piola ó merlin. El número y peso de las balas variaba segun la naturaleza de la metralla.

Las ventajas de la metralla en hilera usada hoy, sobre la

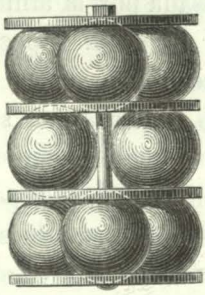


Fig. 45.

antigua, son : la rapidez con la cual se puede formar, la facilidad para estivarse y la mayor duracion, siendo la lona y la piola espuestas á deteriorarse por la accion del tiempo. Tambien el efecto producido por está clase de metralla se considera generalmente ser mayor que aquel producido por la metralla antigua.

La metralla se usa para el servicio de la marina y para el ataque y defensa de fortificaciones; es eccesivamente destructora si la distancia no eccede de 300 yardas y puede usarse con muy buen efecto hasta 600 yardas á ménos que el terreno no sea muy desigual ó muy interrumpido por obstáculos tales como bancos, promontorios, etc. Nunca se arroja con cañones de bronce por que daña las ánimas de estos.

La metralla comun ó en botes (fig. 46) consiste en un número

de barras de hierro colado colocadas en un cilindro de lata que tiene un fondo de madera, excepto para el cañon de 10 pulgadas en cuyo caso el cilindro es de láminas de hierro y tiene tapa y fondo del mismo metal. Las balas varian en peso y diámetro y el núme-

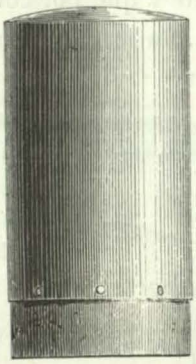


Fig. 46

ro de ellas difiere segun la naturaleza del cañon con el cual se deben usar. Esta clase de proyectiles es muy eficaz á cortas distancias á saber de 10 á 300 yardas, á mayor distancia la dispersion de las

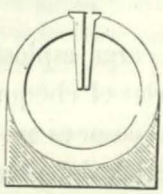


Fig. 47.

balas es muy grande para que haga un buen efecto (el cilindro de lata se rompe con el choque de la descarga).

Las bombas comunes (fig. 47) son esferas huecas con un agujero circular practicado en el metal para la incersion de una espoleta y en su centro van llenas con pólvora de cañon; hasta últimamente esta carga de pólvora solo llenaba una pequeña parte del interior de la bomba porque se consideraba que la carga mas

pequeña romperia la bomba en fragmentos mayores, sin embargo ahora se cree que esto es de ménos importancia que el efecto que produce la esplosion de mayores cargas de pólvora; ademas de que la bomba llena será probablemente ménos eccéntrica que una cargada parcialmente y que por consiguiente habrá mas seguridad en su trayectoria. La ignicion de la pólvora en el interior de las bombas á un instante deseado se produce por medio de una espoleta.

El espesor de metales en una bomba comun, debe ser tal que

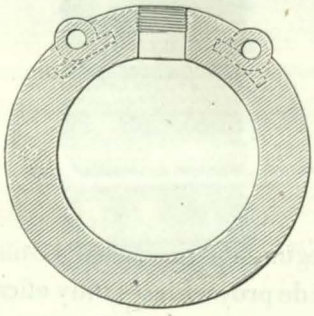


Fig. 48.

esta contenga la mayor carga esplosiva posible, pero debe ser bastante fuerte para soportar el choque de la descarga dentro del ánima del cañon. Este espesor es un sesto de su diámetro y la bomba pesa uno o dos tercios del peso de una bala sólida de igual diámetro. Las bombas esféricas comunes son de tres clases, á saber: bomba para morteros; bombas comunes para el servicio de tierra y bombas para la marina.

Las bombas para morteros (fig. 48) se disparan sin los calzos de madera que se usan en las bombas comunes, y las de gran calibre como las de 10 y 13 pulg. tienen dos pequeños anillos uno á cada lado de la boquilla con el objeto de poderlos levantar con mas facilidad y colocarlos correctamente en el ánima del mortero. Las bombas grandes para morteros de 13, 10 y 8 pulg. se

usan generalmente para bombardear ciudades y fortificaciones, y para este objeto es de desearse que la bomba penetre y en seguida reviente; para lo cual la espoleta va perforada. Las bombas pequeñas para morteros se usan generalmente contra tropas apostadas detras de un parapeto, por consiguiente deben ser hechas de manera que hagan su esplosion al instante que tocan en

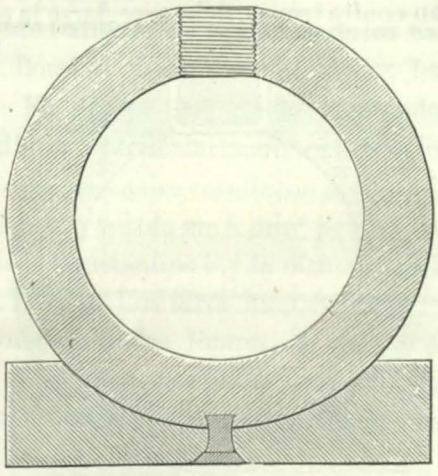


Fig. 49.

la tierra puesto que si ellas penetrasen un tanto y reventasen enseguida, las astillas harian muy poco efecto y el suyo destructor seria muy pequeño.

Las bombas comunes para el servicio de tierra (fig. 49) no tienen anillos, pero sí estan provistas de unos calzos de madera adheridos á ellas por medio de remaches en el fondo de la bomba hacia la parte opuesta de la espoleta; estos calzos son indispensables para que la espoleta se conserve en el ege del ánima cuando se carga la pieza, y no hay duda que sirven para disminuir los rebotes de la bomba dentro del ánima pues que los gaces ejercen su accion mas uniformemente sobre el calzo que sobre la superficie de una bomba que no lo tiene. Cuando las bombas se conservan

cargadas, llevan estas un taquito de cauchú en la boquilla para mantener la pólvora seca; ademas están aseguradas por un taco de metal entornillado en la boquilla; el todo cubierto por un tornillo hembra. Estas bombas se emplean contra tropas en línea ó masas, especialmente cuando estas están apostadas detras de un parapeto, así como para destruir edificios de madera ó trabajos de mamposteria, para incendiar materias combustibles, etc. Cuando se las emplean contra tropas, debe arreglarse la espoleta de ma-

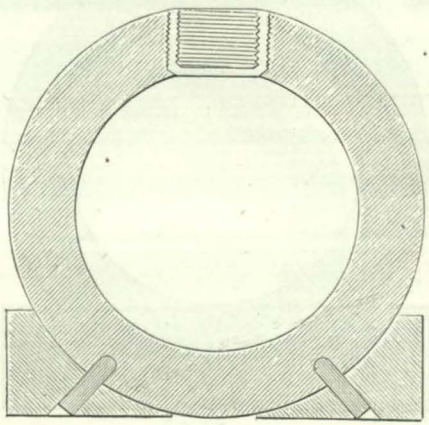


Fig. 50.

nera que haga su esplosion inmediatamente ántes de tocar la tierra y entre las dichas tropas. Contra casas, trabajos de mamposteria, etc., es conveniente que las espoletas sean de una duracion algo mas larga.

Las bombas para la marina (fig. 50) son semejantes á aquellas usadas para el servicio de tierra con las solas excepciones siguientes, á saber: que siempre se llevan cargadas con sus espoletas las cuales son de metal fijas, estando la boquilla cerrada por medio de cilindros de hierro colado preparados para recibir á estos.

Las bombas marinas se emplean principalmente contra buques y con el objeto de que produzcan un mayor efecto destructor, deben penetrar un tanto en el costado de estos y en seguida

hacer la esplosion, en cuyo caso sus efectos serán terribles sobre la cubierta y muy probablemente causarán el incendio á bordo.

Un número de pruebas se hicieron en Francia para determinar los efectos producidos por el fuego orizontal de las bombas contra los buques, dichas pruebas las describe el capitan Simmons del Ejército Inglés en su tratado de la Gruesa Artillería (*Heavy Ordnance*, páginas 91 á 98).

El comandante Dahlgren de la marina de los Estados Unidos en su tratado de Bombas y cañones bomberos hace la siguiente descripcion : « En Sinope sus efectos (tratándose de bombas) fueron maravillosos, particularmente con relacion á sus propiedades incendiarias las cuales resultaron ser formidables. Una fragata fué incendiada y volada en 5 min^{s} por las bombas de la batería baja de la « Constantine » y la otra siguió la misma suerte por la de la « Paris ». Los otros buques fueron despues succesivamente envueltos en las llamas, y los Oficiales turcos que sobrevivieron, á las preguntas del general Paixhans respondieron que todos ellos estaban acordes en atribuir aquella conflagracion á los efectos de las bombas. »

Ademas de este se pueden citar otros muchos ejemplos sobre los efectos destructivos é incendiarios de las bombas contra los buques.

M^{r}. Martin ha presentado una bomba con el objeto de sustituir la bala roja que se emplea contra los buques. El interior de esta lleva una capa de una sustancia no conductora, para separar el hierro fundido con el cual se llena el proyectil ántes de arrojarla con la pieza, del metal de la bomba ; es necesario que esta al golpear el costado del buque se rompa por el choque del hierro fundido sobre la superficie interior, y que el metal recalentado al desprenderse produzca la conflagracion ; en el caso de penetrar el costado del buque producirá sin duda las mas terribles heridas en los tripulantes. Para este caso será necesario tener un horno pequeño para calentar el metal y se ha visto que, cuando el hierro fundido se derrama dentro de la bomba se

deposita inmediatamente en la boquilla y por consiguiente no es necesario el tapon en esta parte.

Para los cañones rayados de Armstrong se usan bombas oblongas de hierro colado con una capa de plomo; en el año de 1860, se hicieron experimentos en Eastbourne con esta clase de bombas y con las siguientes cargas explosivas :

8 lbs	para bombas	de.....	100 lbs
5 1/2	—	de.....	80
2 1/2	—	de.....	40

Una granada tiene ménos espesor de metales que la bomba comun, esto es, un décimo de su diámetro, y su peso es mas ó ménos la mitad de la bala sólida de igual diámetro. La carga de una granada debe estar, si es posible, simplemente en la superficie del casco de la bomba y dejar libre á las balas con la cual está cargada.

La bomba se llena con balas y una pequeña carga esplosiva, esta es tan solo suficiente para abrir la bomba al momento deseado, dándose fuego por medio de una espoleta; las balas se escapan entonces en casi la misma direccion y con la misma velocidad que tenia la bomba al reventar. Las condiciones que deben llenarse en una granada deben ser por lo tanto las siguientes :

El espesor de metales debe ser tal que pueda resistir la explosion de la carga dentro del ánima del cañon, pero suficientemente frágiles para reventar con una pequeña cantidad de carga explosiva.

Esta carga debe ser simplemente suficiente para abrir la bomba sin afectar en nada la velocidad de las balas.

En las primeras bombas introducidas por el general Shrapnel, la carga explosiva se derramaba simplemente entre las balas ántes de fijar la espoleta; pero la esperiencia ha demostrado que con este sistema resultan frecuentemente esplosiones prematuras especialmente cuando se usan la carga entera, esto sin duda

tiene lugar por la friccion de las balas una contra otras y en la superficie interior de la bomba.

El capitan Boxer propuso una granada modificada para obviar el defecto arriba mencionado; en esta bomba la carga explosiva está enteramente separada de las balas puesto que está colocada en un cilindro de metal que se estiende desde la boquilla hasta el fondo de la bomba y los intersticios entre las balas están llenos de resina fundida para impedir que estas se desfiguren por el choque de la descarga ó para que no rompan el cilindro que con-

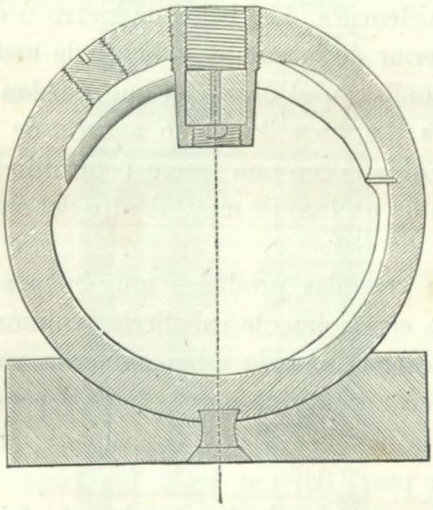


Fig. 51.

tiene la pólvora. Á consecuencia de la completa separacion de la carga explosiva, se necesita mucho menor cantidad de pólvora para hacer reventar la bomba y estas se pueden arrojar con cargas enteras sin que haya peligro de una explosion prematura, lo cual es de grande importancia puesto que la velocidad y penetracion de las balas sufren un aumento considerable. Los norte-Americanos y muchas naciones Europeas usan hoy esta bomba modificada.

La bomba Diafragma (fig. 51) inventada por el capitan Boxer tiene un compartimiento ó *diafragma* que separa la carga explosiva de las balas. La carga en ésta bomba tambien es muy reducida y en el interior hay una capa con el objeto de asegurar una completa separacion entre la pólvora de la carga y la ceniza con la cual se llenan los intersticios entre las balas, en vez de la resina de la granada de Shrapnel. La esplosion de la bomba por medio de la carga se opera por cuatro canales formados en su superficie interior los cuales van de la boquilla á unos puntos cerca del fondo de la bomba, formando así una serie de líneas de « menor resistencia ». Las balas de hierro ó de plomo colocadas en el interior de la bomba se hacen de metal duro, como plomo y antimonio con el objeto de que puedan mantener su forma primitiva. La boquilla, como aquella de la granada de Shrapnel está cubierta con una tuerca ó tornillo hembra y cerrada por medio de un taco de metal dentro del cual se coloca la espoleta.

Esta clase de granadas producen muy buenos efectos contra tropas en línea, especialmente caballería, columnas ó masas de cualquier naturaleza, cuando están cubiertas y á considerable distancia. El efecto producido por las balas dependerá principalmente de que la bomba reviente esactamente en el momento deseado. No se puede dar una regla fija respecto á la distancia á que debe reventar la bomba delante del objeto puesto que mucho dependerá de la velocidad de la bomba inmediatamente ántes de reventar, así como de otras muchas circunstancias. Generalmente se cree que una granada de Shrapnel debe ser construida en cuanto sea posible para reventar de 20 á 80 yardas ántes de llegar al objeto, ó en los ejercicios deben procurar arreglar á la espoleta de manera que la bomba haga su esplosion á unas 50 yardas ántes del objeto, esto es, el promedio entre 20 y 80. La esplosion de una granada Shrapnel á la distancia conveniente del objeto es de la mayor importancia.

Si ella reventase muy pronto (por estar la espoleta muy corta)

todas ó la mayor parte de las balas tocarán en tierra ántes de llegar al objeto, por consiguiente la velocidad y fuerza de penetracion habrán sido considerablemente disminuidas; si la espoleta estuviese muy larga, esto es, si la granada pasa mas allá del objeto sin reventar, el efecto de esta bomba como granada estará completamente perdido (fig. 52).

La bomba de segmentos de Armstrong ha sufrido frecuentes modificaciones. La siguiente descripcion ha sido hecha por el

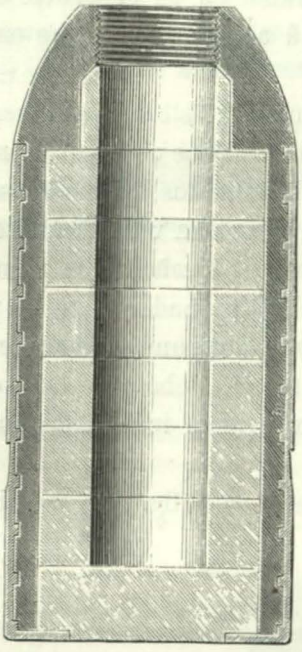


Fig. 52.

mismo autor. « El proyectil consiste en una bomba muy delgada de hierro colado, cuyo interior se compone de 42 segmentos ó piezas del mismo metal, colocadas en bástagos al rededor de una cavidad cilíndrica la cual en el centro contiene la carga de pólvora y el mecanismo para la concusion. El exterior lleva una ligera capa de plomo que se le aplica colocando la bomba en un molde y derramando plomo fundido al rededor de ella; se deja

que el plomo penetre entre los segmentos de manera de llenar los intersticios dejando abierta la cavidad central por medio de un tarugo de acero. En este estado el proyectil es tan compacto que se le puede hacer pasar, arrojado por el cañon, por entre una pieza de 6 pies de madera dura, sin que sufra el menor daño, al mismo tiempo que su resistencia contra una fuerza explosiva es tan pequeña que, ménos de una onza de pólvora es suficiente para romperla en pedazos. Es capaz de resistir una fuerza muy considerable en su superficie exterior, pues es un principio semejante á aquel que se sigue en la construccion de un arco.

Por consiguiente usando este proyectil como un Shrapnel, su carga hará muy poco mas que abrir solamente la bomba y dejar libres los diferentes fragmentos los cuales se moverán entonces hácia adelante con la misma velocidad que tenia la bomba al reventar. El proyectil para cañones de montaña se puede usar como bala Shrapnel, ó granada; para el primero no se hace uso de espoleta, para el segundo debe arreglarse esta segun la distancia, y para la tercera debe arreglarse de tal manera la espoleta que la bomba reviente inmediatamente despues de salida de la pieza.

Las bombas incendiarias (fig. 53) son simplemente proyec-

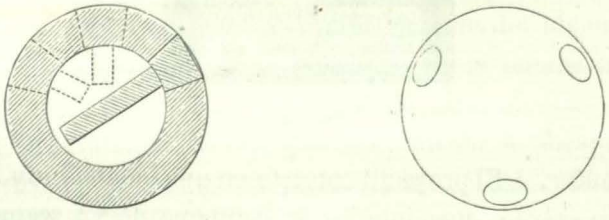


FIG. 53.

tiles de mayor espesor de metales que los comunes del mismo diámetro, pero con tres oidos en vez de una boquilla; el aumento del espesor de metales es necesario para que esta pueda resistir

la esplosion de la carga con la cual se arroja, por que al mismo tiempo los tres oidos debilitan considerablemente la bomba. El interior de esta está lleno de una composicion en estremo inflamable, la cual siendo prendida por la descarga de la pieza no fractura la bomba pero, produce una llama poderosa que sale de los oidos por el espacio de 8 ó 10 minutos, y las cuales al caer la bomba sobre un edificio ó alguna materia combustible producirán el incendio; la naturaleza de la composicion es tal que continua ardiendo en el agua y no se puede apagar sin gran dificultad. Las bombas incendiarias se emplean principalmente para bombardear ciudades y se pueden arrojar con morteros, obuses ó cañones, pero en general con los primeros. Las bombas incendiarias se arrojan con las cargas reglamentarias eccepto aquellas de 10 y 13 pulg. para las cuales se emplean 9 lib. de pólvora para las primeras y 16 para las segundas.

CAPÍTULO XXIII

ESPOLETAS

Las espoletas se usan para las bombas, el objeto de ellas es dar fuego á la carga interior en un momento deseado. Hay una gran variedad de espoletas en la artillería de las naciones Europeas, pero las principales que son las que se usan en el servicio Inglés son las siguientes :

ESPOLETAS DE MADERA.	ESPOLETAS DE METAL.
Espoletas de Boxer para bombas comunes,	Espoletas navales de tiempo de Boxer,
Espoletas de Shrapnel,	Espoletas de percusion de Moorsom,
— de mortero,	— de tiempo de Armstrong,
— de concusion de Freeborn.	— de percusion de Armstrong.

Las espoletas de Boxer incluyendo las navales son las llamadas espoletas de tiempo y estas consisten en un tubo de metal ó madera de forma cónica, dentro del cual se introduce la composicion bastante comprimida; esta composicion se quema progresiva y regularmente á razon de una pulgada en 5 segundos, de manera que se les puede dar cualquier largo que corresponda con el tiempo que emplea la bomba en recorrer su trayectoria abriéndole un agujero pequeño al tubo dentro de esta composicion, haciendo de esta manera una comunicacion para que pase la llama dentro de la carga de la bomba. Estas espoletas, así como las de concusion, se prenden por medio de la llama que produce la descarga de la pieza. Las espoletas de percusion no se

prenden de la manera arriba mencionada sino por medio del choque de la bomba contra el objeto, para cuyo efecto tienen estas un mecanismo interior.

Las condiciones que deben llenar estas espoletas son las siguientes:

1° Deben prender con seguridad;

2° Deben quemarse con regularidad;

3° Cuando están prendidas no deben ser espuestas á apagarse al tocar la tierra, agua ó madera. Las espoletas comunes de Boxer (fig. 54) para bombas y shrapnel son semejantes en construccion

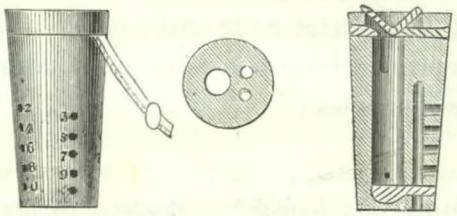


Fig. 54.

á las otras, eccepto que son mas cortas y que contienen dos pulgadas de composicion en vez de una. En estas espoletas el taladro en la composicion se hace eccéntrico respecto al interior, y hay dos canales de pólvora paralelos á la composicion en el lado en el cual hay mayor espesor de madera. En las canales de pólvora hay unos agujeros á la distancia de 2 pulg., aquellos que están dentro de una canal de pólvora indican el número entero y los otros la fraccion de composicion de la espoleta; el agujero del centro de cada fila se prolonga dentro del ege del taladro de la composicion, con el objeto de que la bomba reviente en el caso de que el taladro que se ha practicado en el agujero necesario ántes de disparar la bomba, no haya sido ejecutado con propiedad. Tambien en el cebo se hace un agujero de 4 pulg. de profundidad para por este medio asegurar la ignicion de la espo-

leta, puesto que habrá una superficie mucho mayor de la composicion espuesta á la llama del cebo.

Con el objeto de preparar la espoleta para una distancia dada, se introduce una barrena en el agujero marcado con el número de décimos, correspondiente al tiempo de la duracion de la trayectoria forzando el gusanillo á penetrar dentro de la composicion; de este modo se hace una comunicacion para la llama dentro del canal y la pólvora fina con la cual este está lleno la comunica instantáneamente á la bomba. Estas espoletas tienen un sombrerillo de metal para preservar el cebo, dentro de este hay un disco de carton al cual se encuentra adherido un pedazo de cinta; cuando se introduce la bomba en el cañon este sombrerillo se puede sacar con facilidad tirando de la cinta hácia arriba.

En la espoleta de mortero (fig. 55) el ege del ánima de la com-

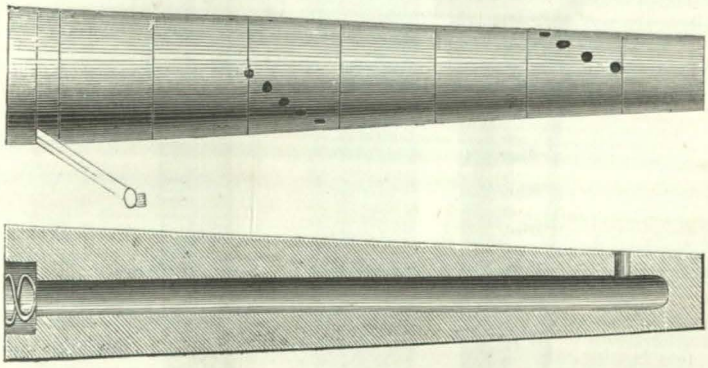


Fig. 55.

posicion es el mismo que el de la espoleta y en esta no hay canales para la pólvora; estos no son necesarios puesto que cualquier boquilla á la cual pueda adherirse la espoleta siempre caerá al interior de la bomba, siendo la duracion de las trayectorias mayor para bombas de morteros que para las comunes arrojadas á pequeños ángulos y por consiguiente tambien mas largo el

tiempo que debe durar la composicion de la espoleta. Las espoletas que contienen 6 pulg. de composicion tienen una sucesion de agujeros colocados en espiral á su alrededor; esto se hace con el objeto de que la madera no se astille en el momento en que se ataca con el misto. En la parte superior de la composicion tienen un taladro y otro en el agujero inferior del costado, como sucede en las bombas comunes y de Shrapnel. Esta espoleta tambien lleva un sombrerillo, cinta, etc.

Las espoletas para la marina se hacen de metal, sea bronce ó laton y van entornilladas dentro de las boquillas de las bombas; son mas fuertes que las de madera y no se salen con tanta facilidad al golpear alguno objeto duro, tal como el costado de un buque (fig. 56). Las principales objeciones que presenta el metal

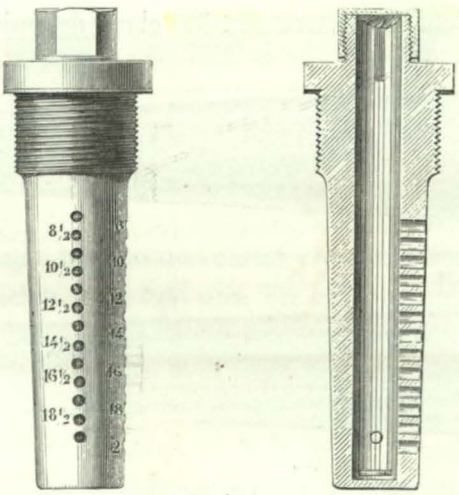


Fig. 56.

en vez de la madera para los tubos de las espoletas son : que el metal tiene un efecto pernicioso sobre la composicion á ménos de no estar enteramente separado de él, así como que el metal es un material mas costoso y necesita mayor tiempo para trabajarlo.

Estas espoletas son de dos clases, á saber : la espoleta de

gran alcance, cuya duracion es de 20″ y la de corto alcance de 7″ y $\frac{1}{2}$. El misto que se emplea en la espoleta de gran alcance es de 4 pulg. de largo, y para las de corto alcance 3 pulg.; el primero es una composicion de espoleta ordinaria y el segundo polvorin; la espoleta de 20″ solo puede emplearse cuando la duracion de la trayectoria de la bomba es 7″ y $\frac{1}{2}$ ó mas, estando en este caso el primer agujero del lado perforado á 1 y $\frac{1}{2}$ pulg. desde la parte superior del misto. Ambas están provistas de dos hileras de agujeros en el costado pero no tienen canales para la pólvora; el misto está separado del metal por medio de un cilindro de

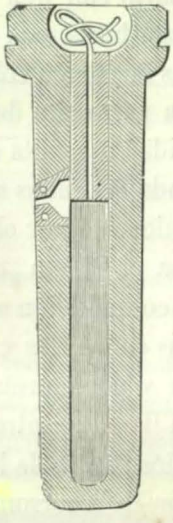


Fig. 57.

papel enroyado que se ha introducido dentro de la espoleta ántes de este. El largo deseado del misto se da forzando una barrena dentro del agujero conveniente, atravesando con ella el misto y el cilindro de papel. Estas espoletas tienen tapas de metal entornilladas en la boca; la de corta distancia tiene un anillo rojo para distinguirlo de la de 20″.

Las espoletas de percusion y de concusion se dedican principalmente al servicio de la marina, su accion depende del golpe que da la bomba contra una sustancia que ofrece considerable resistencia tal como el costado de un buque.

Las condiciones que debe llenar una buena espoleta de percusion son las siguientes : no debe prender fuego por el choque de la descarga; debe resistir un choque contra cualquier material sobre el cual accidentalmente pudiese rebotar y por último que cuando golpee el objeto la fuerza del choque pueda producir la accion deseada. Las dos últimas condiciones tambien se aplican á las espoletas de concusion.

La espoleta de concusion de Freeborn (fig. 57) es simplemente un tubo de madera ordinario con una composicion en sus paredes interiores, el cual está hasta mas de la mitad lleno de un misto; tres cuñas pequeñas de hierro colado están incrustadas en la madera alrededor de la parte alta de la composicion estando del lado de esta la estremidad mas alta de dichas cuñas. Cuando se dispara la bomba, estando las cuñas sostenidas por la composicion, no podrán ser desalojadas por el choque de la descarga; pero al golpear la bomba el objeto que se encuentra á una distancia considerable, la composicion se habrá consumido hasta cierta distancia bajo de las cuñas, las cuales quedarán entonces sin nada que las sostenga y por consiguiente caerán dentro del tubo de composicion y la llama se introducirá al mismo tiempo por entre los espacios vacios dentro de la bomba.

La espoleta de percusion de Moorsom es hecha de metal y está entornillada dentro de la bomba del mismo modo que lo está la espoleta naval ordinaria. En su parte interior tiene tres cámaras cilíndricas en cada una de las cuales hay un martillo de bronce suspendido de un alambre de cobre y uno ó dos fulminantes que contienen composicion detonante. Las dos cámaras superiores están arregladas de la misma manera y ambas se cruzan en ángulos rectos. En la fig. 58 AB y A'B' son las cámaras superiores, a', a' los martillos suspendidos en el alam-

bre $b'b'$; c', c' son los fulminantes los cuales solo pueden ser vistos de la cámara superior. Por dentro de cada fulminante hay una perforacion que sirve como comunicacion para los gases del cebo al interior de la bomba. En la cámara inferior A″ B″, a'' es el martillo,

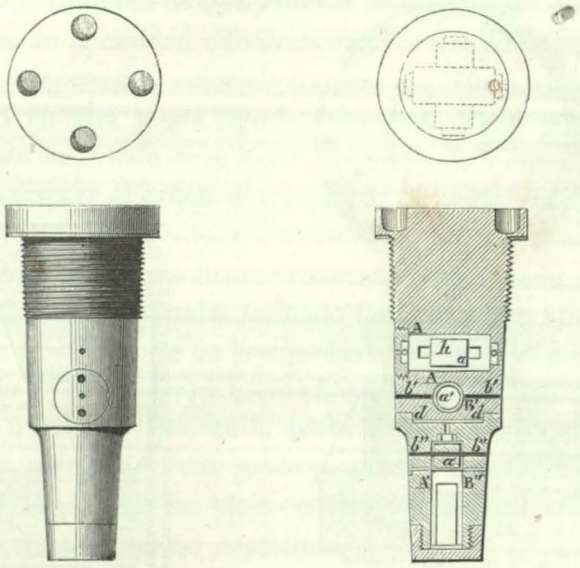


Fig. 58.

b'' los alambres (hay dos para este martillo) y c'' el fulminante que comunica con el canal d, el cual tiene un déposito de pólvora en cada una de sus estremidades. La espoleta ejerce su accion del modo siguiente :

Los alambres de cobre se rompen por el choque de la descarga del cañon y los martillos quedan libres y pueden fácilmente resbalar dentro de las cámaras ; cuando la bomba golpea contra cualquier objeto duro, uno ó mas de los martillos vendrá á ponerse violentamente en contacto con su respectivo fulminante y producirán la esplosion de la bomba. Se han adoptado tres cámaras con el objeto de que la ignicion de la espoleta se produzca por cualquier lado que la bomba toque el objeto.

Como en el cañon Armstrong no hay *viento* y por consiguiente escape de gas alrededor del proyectil, la espoleta de tiempo ordinario no prenderia, por consiguiente en esta espoleta hay una instalacion por medio de la cual prende el misto por el choque de

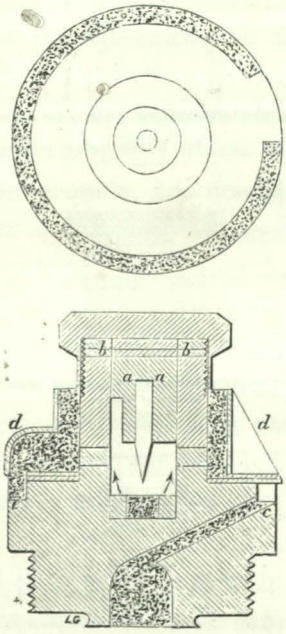


Fig. 59.

a a representa el martillo.
b b pinzote suspendido.
c composicion detonante.
d d cavidad.
e e misto.

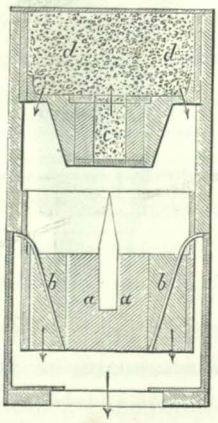


Fig. 60.

a a martillo.
b b pinzote.
c composicion detonante.
d d cámara del cebo.

la descarga. El principio general de esta espoleta es semejante al de Breithaupt de la cual hablaremos despues; pero ademas hay otra instalacion especial para la percusion.

Sir W. Armstrong describe del modo siguiente sus espoletas (fig. 59 y 60). « El cuerpo de la espoleta de tiempo está hecho de una mezcla de plomo y estaño al cual se le da la forma deseada en un molde. El misto está depositado en una canal que forma casi un círculo perfecto alrededor del cuerpo de la

espoleta, este está en seguida preparado y barnizado en sus superficies esternas. Como la bomba se adapta perfectamente al cañon, no habrá un pasage por el cual la espoleta pueda prender fuego, por consiguiente el efecto se produce de la siguiente manera : una pequeña cantidad de composicion detonante está depositada en el fondo de la cavidad cilíndrica en el centro de la espoleta y sobre esta se encuentra colocado un peso pequeño ó martillo que se termina en una punta aguda presentada hácia abajo. Este martillo está asegurado en su lugar por medio de un perno el cual cuando se dispara el cañon se rompe por la *vicenertia* del martillo; el detonador será entonces atravesado instantaneamente por la punta y dará fuego. La llama producida de este modo pasa por dentro de un espacio anular formado hácia la parte interior de la cubierta que descansa en la superficie superior del misto y de este espacio anular se dirige hácia afuera por entre una abertura que viene á prender este en la parte conveniente del círculo. La espoleta prendida de este modo se quema en ambas direcciones, pero solo produce su efecto en una estremidad, cuando se comunica con un pequeño depósito de pólvora en el centro. La espoleta está rodeada de una escala de papel graduada en relacion con la elevacion del cañon, de manera que cuando con la práctica se ha encontrado la trayectoria de un objeto distante, solo es necesario girar la abertura encendida de la cubierta hácia el punto de la escala que corresponde con los grados y minutos de elevacion de la mira. »

« La espoleta de concusion (fig. 60) está basada casi sobre el mismo principio. Un martillo con una punta presentada hácia arriba, está asegurada á un tubo por medio de un alambre el cual se rompe con el disparo del cañon; quedando así el martillo en libertad corre por medio de un pequeño espacio y descansa en el fondo del tubo, pero tan pronto como la bomba se encuentra con el menor impedimento, el martillo corre hácia adelante y atraviesa el detonador que se encuentra á su frente por cuyo medio la carga prende fuego. »

La espoleta de Bormann (fig. 61) consiste en un pequeño disco de metal de 1 pug. y $\frac{1}{2}$ de diámetro y de $\frac{1}{2}$ pulg. de grueso hecho de plomo endurecido con estaño y fundido en un molde. El misto está depositado en una canal que pasa alrededor de la porcion

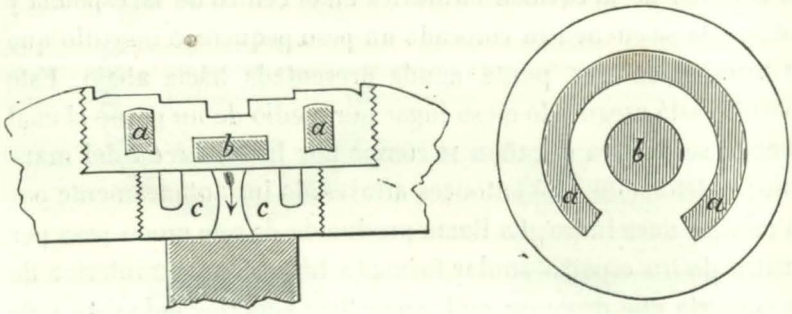


FIG. 61 y 62.

superior del disco paralela á su superficie esterior y tiene una cubierta sencilla de metal blando comprimida sobre ella, pero la cual se puede cortar con facilidad. La cubierta está graduada en segundos y cuartos de segundos y el extremo de la composicion sobre el cual principia la numeracion se comunica con un pequeño depósito de pólvora en el centro del disco, el cual está ligeramente abierto en el fondo de manera de facilitar por esta parte la explosion. La espoleta es hecha con una rosca á su alrededor de manera de poderse entornillar en la bomba y está hecha de modo que descanse sobre una placa de metal entornillada en la bomba ántes de la espoleta con el objeto de mantenerla en su lugar ántes de la descarga; esta planchuela está perforada de manera de dejar pasar la llama dentro de la bomba.

La accion de esta espoleta es como sigue : la tapa de metal que cubre á la composicion se corta en la graduacion deseada segun el tiempo de la duracion de la trayectoria de manera que la llama producida por la descarga del cañon pueda comunicarse con el misto; habiendo este prendido se quema desde el principio de la

graduacion, de allí pasa al receptáculo de pólvora, lo inflama, así como á la carga que se encuentra dentro de la bomba. La composicion al final de la graduacion no tiene comunicacion con el pequeño receptáculo central.

Esta espoleta posee muchas y muy importantes ventajas :

1° Estando todo el misto comprimido á la vez en vez de serlo

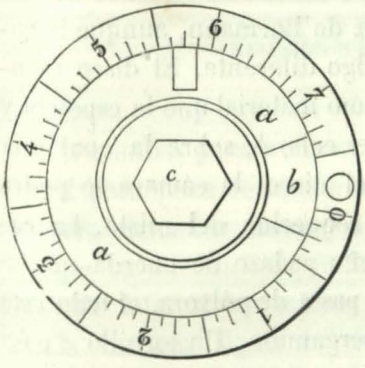


Fig. 63. — Plan de la espoleta.

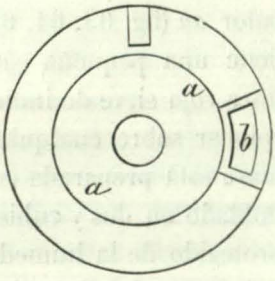


Fig. 64. — Plan del disco.

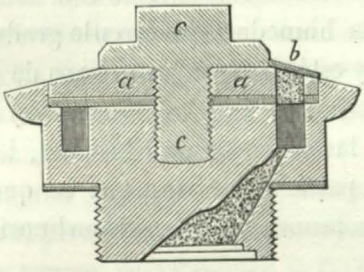


Fig. 65. — Seccion de la espoleta.

por capas separadas, su combustion será mas regular que aquella que se hace ordinariamente;

2° El misto está bien protegido de la humedad y no está espuesto á hacer una esplosion prematura;

3° La espoleta no se proyecta de la bomba y su preparacion ó corte se puede ejecutar despues de haber sido entornillada en

ella; de este modo las bombas se pueden trasportar con la espoleta ya colocada.

La espoleta de Breithaupt es semejante á la de Bormann, pero tiene ademas un disco regulador por medio del cual se puede arreglar á cualquier duracion de trayectoria sin necesidad de perforacion ó corte alguno. Esta espoleta se hace de una mezcla de estaño y plomo y la composicion ó misto está colocado de una manera semejante al de la espoleta de Bormann, aunque la comunicacion con la trompetilla es algo diferente. El disco regulador *aa* (fig. 63, 64, 65) es del mismo material que la espoleta y tiene una pequeña cámara para el cebo *b*, sobre la cual una línea roja sirve de indice; girando el disco, la cámara se podrá colocar sobre cualquiera posicion requerida del misto. La cámara está preparada con un pequeño pedazo de cuerda-mecha doblado en dos y cubierto con una pasta de pólvora, el todo está protegido de la humedad por un pergamino. Un tornillo *c* pasa por dentro del disco el cual sirve para asegurar á esta en su lugar. Dicho disco tiene en el fondo una cubierta de cuero con el objeto de que pueda estar en contacto directo con la espoleta y de proteger al misto de la humedad. El círculo graduado se estiende mas allá del disco y está dividido en octavos de segundos.

Las espoletas hechas de este modo solo son para la artillería de montaña; para las granadas de Shrapnel, la composicion de la espoleta es una pasta de pólvora que se quema durante 7″; para las bombas comunes es el misto ordinario que se quema durante 14″.

La ventaja que tiene esta espoleta sobre la de Bormann es, que no es necesario corte alguno, puesto que el disco habiendo sido torneado hasta que el cebo descanse sobre la parte de la composicion que se desea, y en seguida asegurado por medio del tornillo, la espoleta quedará pronta para dar fuego con solo quitarla el sombrerillo que la cubre.

CAPÍTULO XXIV

SALEROS Ó CULOTES DE MADERA

Las bombas para cañones y bomberos y toda clase de proyectil para pieza de montaña están colocados sobre calzos de madera llamados saleros ó culotes, los cuales hasta poco tiempo ha estaban asegurados al proyectil por medio de unas fajas de lata. Estos saleros están asegurados hoy á la bomba de la manera siguiente (invencion del capitan Boxer). Un pequeño agujero en forma de seccion de un cono ha sido perforado á un décimo de pulgada de profundidad dentro de la bomba en la parte opuesta á la boquilla con la base del cono hácia dentro; un remache de hierro colado que pasa por el centro del salero se ha colocado en este agujero cónico y golpeando con un martillo la cabeza del remache, que es hueco, este se estenderá en el interior del agujero y quedará así fijo á la bomba. El remache tiene una cabeza pequeña para impedir que el salero se salga del perno, pero esta cabeza está cortada á escuadra para impedir que se agarre de cualquier porcion de este despues que el proyectil haya recibido el choque de la descarga de la pieza.

Con el objeto de que cuando se arroje una bala y una bomba con la misma pieza se mantengan en continuo contacto, el salero de la bomba marina está cortado completamente alrededor del centro y tiene dos pernos por los cuales está adherido á la bomba.

CAPÍTULO XXV

CARGAS

Para el servicio de tierra hay ciertas cargas fijas, llamadas cargas reglamentarias para todos los cañones y obúses. La cantidad de pólvora en la carga reglamentaria de un cañon debe ser tal que dé la mayor velocidad inicial al proyectil sin hacer un gran esfuerzo sobre el metal de la pieza ó producir un violento retroceso al cañon, que seria muy pernicioso para la cureña. Mientras mayor sea la velocidad inicial, menor será el ángulo de elevacion requerido para un alcance dado y por consiguiente el tiro será mas certero.

Para cañones de grueso calibre y de tamaño mediano, la carga es mas ó ménos un tercio, y para la artillería ligera un cuarto del peso de la bala. La carga reglamentaria se usa hoy para cañones de 32 y todos aquellos de menor calibre arrojando sea bala, bomba ó granada. Para los cañones de 8 y 10 pulg. se arrojan bombas y balas con la carga reglamentaria, pero con la granada Shrapnel de 8 pulg. se hace una reduccion de dos libras. Tambien se reducen las cargas para los cañones de 68 y 56 cuando se arroja con ellos bombas ó granada Shrapnel. Para los saludos, se usan cargas muy reducidas.

Para la bala roja, la carga no debe exceder de $\frac{3}{4}$ de la reglamentaria, porque á consecuencia de la espansion de la bala y del metal adyacente del ánima, el *viento* se reduce y por consiguiente se efectuará un mayor esfuerzo en el metal del cañon; la

espansion del gas aumentará tambien probablemente por el calor generado dentro del ánima; ademas no se necesita gran penetracion puesto que lo único que se desea es obtener que la bala se aloje en la madera.

Las cargas reglamentarias para obúses son : para los de hierro $\frac{1}{12}$ del peso de la bomba y para los de bronce $\frac{1}{7}$ á $\frac{1}{6}$ del peso de ella.

Cuando se hace fuego de rebote, estas cargas se reducen considerablemente; en general se usan $\frac{1}{20}$ ó $\frac{1}{30}$ del peso de la bomba, pero no se puede fijar con exactitud el peso de la carga para este objeto.

En la marina se usan tres clases de cargas, á saber : la carga para grán distancia, carga llena y carga reducida. Respecto á las ventajas derivadas del empleo de cargas reducidas, sir H. Douglas hace las siguientes reflexiones : « En un combate á corta distancia las balas arrojadas con cañones de grueso calibre con cargas enteras, sacan ménos astillas que aquellas del mismo calibre con cargas reducidas. Esto se puede ver fácilmente haciendo fuego contra un cuadro de vidrio con un fusil ó pistola cargado con bala, á diferentes distancias y con diversas cargas. La mayor velocidad hará un agujero completamente redondo sin romper ó astillar el vidrio; pero una cierta velocidad reducida lo hará pedazos. Haciendo fuego sobre masas de madera ú otra sustancia sólida, aquella velocidad que haga que el proyectil solo penetre, producirá mayor sacudimiento y sacará mayores astillas y mas número de pedazos; por que, como sucede en el vidrio que es frágil, las partes que golpea una bala sólida que se mueve con gran velocidad, se desprenderán ántes que hayan podido comunicar su movimiento á las partes contigüas de las sustancias. »

Las cargas para cañones rayados son mucho menores que aquellas para cañones de ánima lisa con proyectiles de igual peso. La carga para un cañon rayado de Armstrong, es sola-

mente $\frac{1}{8}$ en vez de $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ del peso del proyectil; pero debe tenerse presente sin embargo, que esta pequeña carga tendrá mucho mayor efecto proporcional, por que el cañon de Armstrong no tiene viento y por consiguiente no hay escape de gas; ademas necesitándose mayor fuerza para comprimir la capa de plomo del proyectil entre la porcion rayada de la pieza, es probable que se haga una concesion de tiempo para la conversion de toda la carga en gas ántes que el movimiento le sea comunicado al proyectil.

CAPÍTULO XXVI

CARTUCHOS

En la artillería Inglesa las cargas para cañones y obúses, despues de ser pesadas correctamente se colocan en cartuchos hechos de lanilla cocida con estambre. La razon que hay para preferir la lanilla al pergamino es por que esta es mas fuerte y mas comoda para el trasporte, así como por que no deja chispas dentro del cañon.

CAPÍTULO XXVII

CAJAS DE PÓLVORA

Los cartuchos se conservan en cajas de madera forradas en cobre; estas están cerradas con un tapon de metal circular, en cuyo perímetro se ha puesto luten para impedir que el aire penetre y con una tapa de madera cuadrada la cual se puede entornillar sobre la caja y que se puede abrir fácilmente por medio de una llave de metal.

Estas cajas son de tres tamaños distintos, á saber: caja entera que contiene unas 110 lib.; media idem, 55; y un cuarto con 28.

La cantidad de pólvora que contiene cada caja, depende en gran parte del tamaño del cartucho.

En los buques, en donde el espacio es limitado, se usan cajas de metal en forma de prisma de seis lados.

Estas cajas tambien son de tres distintos tamaños, á saber: la primera contiene unas 110 lib.; la segunda 55, y la tercera 28.

La pólvora de repuesto se tiene en cartuchos de 15 lib. cada uno, ocho de los cuales se pueden guardar en cualquiera de las cajas enteras de que hemos hablado. La pólvora para morteros se coloca en barriles de madera, con aros de cobre, cubiertos con cuero.

CAP. DE NAVIO
JULIO J. ELIAS MURGUIA

CAPÍTULO XXVIII

TACOS

Los tacos son de dos clases, llenos y vacios. Los primeros se hacen de estopa atados con filástica y tienen el mismo diámetro del ánima del cañon con el cual se van á usar: su espesor, que depende de la naturaleza del taco, varia de una á muchas pulgadas. Estos se usan para las balas rojas y algunas veces con cañones de bronce; en ambos casos se colocan entre la carga y el proyectil. Tambien se usan para probar cañones, colocando uno ó mas de estos delante del proyectil.

El taco vacio consiste en un círculo de cabo de igual diámetro al del ánima de la pieza, asegurado interiormente por medio de una filástica en cruz. Estos tacos se introducen generalmente despues de la bala, para impedir que esta se salga en el caso de haber una gran depresion en la puntería. Pocas veces se usan si la elevacion excede dos grados.

CAPÍTULO XXIX

ESTOPINES.

La carga en el ánima de un cañon, se puede prender de diferentes maneras; la mas generalmente usada es por medio de un estopin de friccion que es el mas simple y eficaz. Tambien se emplea otra clase de estopin, pero este necesita martillo, lanza-fuego, etc., para prenderlo; y si no se tuviese á mano estopin alguno se podrá dar fuego al cañon derramando pólvora fina en el oido y usando un lanza-fuego ó cuerda-mecha. Si estuviese obstruido ó clavado el oido se puede prender la carga por medio de un pedazo de cuerda-mecha colocado en el fondo del ánima y encendiéndolo hácia el brocal.

La accion peculiar de un estopin, á saber la de prender la pólvora de cañon de una composicion semejante cuando está colocada á alguna distancia de él, es debida al movimiento dado al gas calentado por su propia fuerza elástica. La velocidad con la cual sale el gas del tubo depende principalmente de la cantidad de presion que han sufrido las partículas en la cavidad; ahora pues, la presion crece en proporcion á la cantidad de gas generado, y disminuye tan pronto como el espacio ocupado por el gas aumenta. Si se toma en consideracion este principio, es evidente que una pequeña cavidad en un tubo será mas ventajosa que una grande; por que, las cantidades de gas son como las superficies prendidas, de donde resulta que los espacios ocupados por el gas son como los cuadrados de estas superficies; por consiguiente, aumentando la cavidad se aumenta la cantidad de gas

y el monto de su elasticidad disminuirá al mismo tiempo. Hay seis clases diferentes de estopines en el servicio:

Estopin comun ó de pluma,
— holandés ó de papel,
— de metal comun,
— ó pluma de detonacion,
Estopin de friccion de metal y de pluma,
— galvánico.

Los tubos de estos estopines tienen una perforacion de $\frac{2}{10}$ de pulg. llena de polvorin humedecido con espíritu de vino; en el centro de esta composicion hay un agujero pequeño con el objeto de hacer eficaz la accion del estopin.

Los tres primeros estopines se prenden por medio de un lanza-fuego, el cuarto con un martillo, el quinto por una piola ó rabiza y el sesto por medio de alambres de cobre que vienen de una batería galvánica.

El estopin de pluma comun (fig. 66) consiste en un tubo de

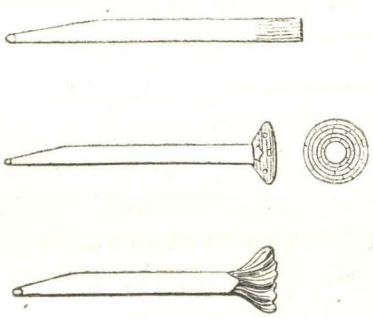


Fig. 66. — Estopin de plumas comun.

pluma cuya estremidad mas ancha está cortada en puntas y estas reviradas hácia atras; en estas puntas se forma una especie de sombrerillo pasando un hilo de estambre por encima y debajo de cada una de ellas sucesivamente. En este sombrerillo se ha unitado polvorin humedecido en espíritu de vino, en seguida se ha llenado de polvorin seco y cubierto con papel; esta cubierta que no está sino envuelta allí, se le retira ántes de hacer fuego.

por medio de un martillo ó llave de percusion golpeando con fuerza sobre la pieza en cruz.

El estopin de metal de friccion (fig. 70) es enteramente de

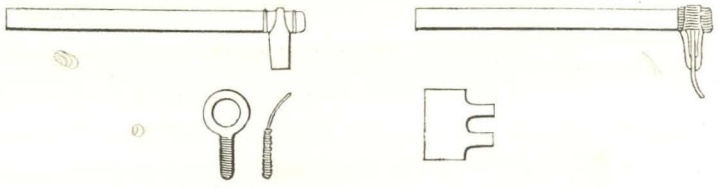


FIG. 70 — Estopin de metal de friccion.

cobre. Un pedazo muy corto de tubo está asegurado á una de las estremidades del cañon formando ángulos rectos con él; de este tubo hay un agujero de comunicacion con el cañon. Un pedazo de cobre de superficie áspera está colocado en el centro del tubo pequeño, al pedazo que queda afuera se le ha dado la forma de un anillo, á este se engancha la rabiza. Encima y debajo de este alambre se ha puesto una muy pequeña parte de composicion detonante y en seguida se ha comprimido el tubo por medio de unas tenazas. Tirando con energía el alambre causará bastante friccion al tubo para hacer prender la composicion detonante.

El estopin de friccion de pluma (fig. 71) es hecho del mismo

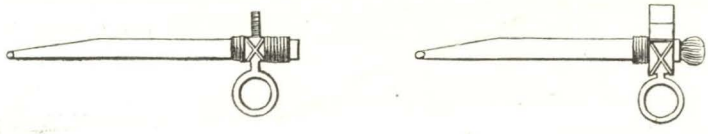


FIG. 71. — Estopin de friccion de pluma.

modo que el anterior, con la sola diferencia de usarse pluma en vez de cobre por que este material podria causar daño á los artilleros á bordo de los buques. Este estopin tiene una pequeña asa de cuero adherida á él, en la parte opuesta á la faja; esta pasa sobre un pernito de hierro en la superficie del cañon y sirve

para impedir que el estopin se doble ó salga del oido cuando se tira de la rabiza.

Á estos estopines se les da fuego por medio de una rabiza, que es simplemente un pedazo de piola con un gancho de metal á una de sus estremidades, la cual se engancha en el anillo del estopin.

Los tubos de los estopines galvánicos (fig. 72) son de pluma;

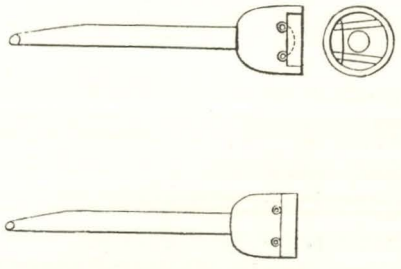


Fig. 72. — Estopin galvánico.

el sombrerillo que es de madera está colocado en la parte mas ancha de esta y tiene dos tubos pequeños de cobre que pasan por dentro de él, unidos en la parte interior con una pequeña platina ó alambre de acero sobre la cual se coloca el cebo. Cuando está colocado el estopin en el oido del cañon para hacer fuego, las estremidades de los dos alambres de la bateria se introducen dentro de los tubos de cobre; al completarse la cadena eléctrica el alambre pequeño que está dentro del sombrerillo se pone candente á consecuencia del esfuerzo que este hace al paso de la electricidad, de la resistencia de un alambre al otro, y en este estado prende fuego al cebo. Estos estopines se usan para probar los cañones.

CAPÍTULO XXX

MARTILLO

El martillo que hoy se usa en la marina es hecho de hierro colado y está colocado en el centro de dos agujeros elípticos asegurado por medio de un perno, de manera que cuando se ha prendido el estopin, se retira hácia atras y deja descubierto el oido; de otro modo la accion de los gases lo rechazaria con violencia y aun podria destruirlo. La pieza sobre la cual está colocado el martillo, es de bronce para cañones y se encuentra á bordo colocada á la derecha de la pieza y en tierra á la izquierda de esta. Las llaves están aseguradas por medio de pernos de hierro que pasan por dentro de la planchuela del oido.

CAPÍTULO XXXI

LANZA-FUEGOS

Los lanzas-fuegos para el uso de la artillería son de dos clases, á saber : lanza-fuegos comunes y lanza-fuegos de combustion lenta.

El lanza-fuego comun consiste en un tubo de papel como de unas 16 pulg. de largo, en el cual se ha introducido una composicion que se quema á razon de una pulg. por minuto.

El de combustion lenta es puramente un papel impregnado de salitre y enrollado en forma de cilindro de unas 16 pulg. de largo que permanecerá encendido unas 3 ó 4 horas.

CAPÍTULO XXXII

MECHAS

Hay dos clases de mechas, á saber : mecha de algodon de rápida, combustion y cuerda-mecha. La primera es simplemente algodon cubierto con una capa de una composicion de pólvora, goma y agua ; esta mecha tiene varias aplicaciones.

La cuerda-mecha consiste en una cuerda de cabo ligeramente torcido y mojado en una solucion de salitre y agua de cal. Esta mecha es muy á propósito para prender cargas de pólvora, cuando es necesario que trascurra algun tiempo entre su ignicion y la de la pólvora ; se quema á razon de un pié por hora.

TABLAS

TABLA I (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200	300
	quint.	lbs	lbs				
10 pulg. ánima lisa	86	86	12	Elevacion.....	0°18′	0°36′	0°57′
				Largo de la espoleta en pulg...	0.05	0.10	0.15
				Duracion de la trayectoria...	0″30	0″62	0″74

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1400	1500	1600
	quint.	lbs	lbs				
10 pulg. ánima lisa	86	86	12	Elevacion.....	4°58′	5°24′	5°49′
				Largo de la espoleta en pulg.	0.90	1.00	1.05
				Duracion de la trayectoria....	4″95	5″40	5″85

TABLA II (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA EN LIBRAS.	1	2	3	4
	quint.	lbs					
15 pulg. Morteros	100	210 1/2	Número de yardas.....	420	620	980	1240
			Duracion de la trayectoria.....	9″	11″23	14″12	16″36
			Largo de la espoleta en pulgad.	1 8	2.2	2.8	3.2

TABLA I (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
1°15′	1°36′	1°54′	2°15′	2°36′	2°58′	3°21′	3°42′	4°9′	4°33′
0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.55	0.60	0.70	0.75	0.85
1″20	1″58	1″91	2″25	2″60	2″96	3″25	3″75	4″15	4″55

1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600
6°18′	6°47′	7°16′	7°46′	8°18′	8°54′	9°21′	9°54′	10°30′	11°12′
1.15	1.25	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.05
6″30	6″75	7″25	7″75	8″25	8″80	9″35	9″90	10″50	11″15

TABLA II (*recto*)

5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
1650	1940	2180	2480	2800	2960	3330	3620	3850	4100	4200
18″06	20″56	21″9	23″4	24″25	25″3	26″9	28″1	29″1	29″7	30″4
3.6	4.1	4.4	4.7	4.9	5.0	5.4	5.6	5.8	5.9	6.0

TABLA III (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ELEVACION.	1/4°	1/2°	3/4°
	quint.	lbs	lbs				
8 PULG. ANIMA LISA	65	56	10	Número de yardas.....	160	300	430
	60	Bomba 51	10	Número de yardas.....	200	350	480
				Duracion de la trayectoria.	»	1″	1″ 1/2
	65	56	8	Número de yardas.....	140	260	380
	60	»		Número de yardas.....	150	300	430
		Bomba	8				
	62	51		Duracion de la trayectoria.	»	1″	1″ 1/2
	65	56		Número de yardas.....	120	220	300
		Bomba	5				
	60	51		Duracion de la trayectoria.	»	1″	1″ 1/4
	52	56		Número de yardas.....	100	180	260
		Bomba	5				
	52	51		Duracion de la trayectoria.	»	»	1″

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ELEVACION.	7°	8°
	quint.	lbs	lbs			
8 PULG. ANIMA LISA	65	56	10	Número de yardas.....	2160	2340
	60	Bomba 51	10	Número de yardas.....	2160	2340
				Duracion de la trayectoria.....	8″ 1/4	9″ 1/4
	65	56	8	Número de yardas.....	2060	2240
	60	»		Número de yardas.....	2060	2240
		Bomba	8			
	62	51		Duracion de la trayectoria.....	8″	9″
	65	56		Número de yardas.....	»	»
		Bomba	5			
	60	51		Duracion de la trayectoria	»	»
	52	56		Número de yardas.....	»	»
		Bomba	5			
	52	51		Duracion de la trayectoria.....	»	»

TABLA III (*recto*)

1°	1° 1/2	2°	2° 1/2	3°	4°	5°	6°
550	750	900	1050	1200	1500	1760	1980
500	800	950	1100	1240	1500	1770	1980
2″	2″ 1/2	3″	3″ 1/2	4″ 1/4	5″ 1/4	6″ 1/4	7″ 1/4
500	680	830	980	1130	1430	1660	1880
550	730	880	1020	1160	1430	1660	1880
2″	2″ 1/2	3″	3″ 1/2	4″	5″	6″	7″
370	510	650	770	890	1120	1300	»
1″ 3/4	2″ 1/4	2″ 3/4	3″ 1/4	3″ 3/4	4″ 3/4	5″ 3/4	»
330	470	600	720	830	1020	1170	»
1″ 1/2	2″	2″ 1/2	3″	3″ 1/2	4″ 1/2	5″ 1/2	»

9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
2520	2700	2850	3000	3120	3240	3340	3440
2500	2660	2780	2900	3000	3100	3200	3300
10″	10″ 3/4	11″ 1/2	12″ 1/4	13″	13″ 1/2	14″	14″ 1/2
2420	2600	2760	2900	»	»	»	»
2400	2560	2680	2780	»	»	»	»
9″ 3/4	10″ 1/2	11″ 1/4	12″	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»

TABLA IV (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno	CARGA.	ELEVACION.	1/4°	1/2°	3/4°	1°
	quint.	lbs	lbs					
32 LBS ANIMA LISA	50	32	8	Número de yardas.....	300	440	580	700
		Bomba, 24	8	Número de yardas.....	380	520	640	740
				Duracion de la trayectoria.	1"	1" 1/4	1" 5/8	1" 7/8
		32	5	Número de yardas.....	180	280	380	480
		Bomba, 24		Duracion de la trayectoria.	»	1" 1/4	1" 1/2	1" 3/4
	45	32	7	Número de yardas.....	260	400	520	640
		Bomba, 24	7	Número de yardas.....	300	460	600	700
				Duracion de la trayectoria.	3/4"	1" 1/8	1" 1/2	1" 3/4
		32	5	Número de yardas.....	180	280	380	480
		Bomba, 24		Duracion de la trayectoria.	»	1" 1/4	1" 1/2	1" 3/4
	42	32	6	Número de yardas.....	240	360	480	600
		32	4	Número de yardas.....	160	260	360	460
		Bomba, 24		Duracion de la trayectoria.	»	1" 1/8	1" 3/8	1" 5/8

TABLA V (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	250	300
	quint.	lbs	lbs			
Obus de 24 lbs	12 1/2	Metralla, 20	2 1/2	Elevacion.....	1/4°	1/2°
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	»	0.1

TABLA VI (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	200	300
	quint.	lbs	lbs			
Obus de 12 lbs	10	Bala, 12	2	Elevacion.....	5/8°	7 8°
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	0.1	0.15

TABLA IV (*recto*)

1° 1/2	2°	2° 1/2	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
900	1100	1280	1460	1680	1900	2100	2280	2460	2620	2780
910	1070	1220	1340	1580	1790	1970	2140	2310	2470	2620
2" 1/4	3"	3" 1/2	4" 1/4	5" 1/2	6" 1/2	7" 1/4	8" 1/4	9"	10"	11" 1/4
660	820	960	1080	1300	1500	1680	1860	2020	2180	2340
2" 1/8	2" 3/4	3" 1/4	4"	5"	6"	»	»	»	»	»
840	1020	1200	1380	1600	1820	2020	2200	2360	2520	2680
860	1020	1180	1300	1500	1700	»	»	»	»	»
2" 1/8	2" 3/4	3" 3/4	4" 1/4	5" 1/4	6" 1/4	»	»	»	»	»
660	820	960	1080	1300	1500	1680	1860	2020	2180	2340
2" 1/8	2" 3/4	3" 1/4	4"	5"	6"	»	»	»	»	»
800	960	1120	1280	1500	1700	1880	2060	2240	2420	2580
620	760	900	1020	1220	1420	1620	1800	1980	2140	2300
2"	2" 1/2	3" 1/4	3" 3/4	4" 3/4	5" 3/4	»	»	»	»	»

TABLA V (*recto*)

350	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
3/4°	1°	1° 1/2	2°	2° 1/2	3°	3° 1/2	4°	4° 1/2	5°	6°
0.1	0.15	0.2	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	1.0

TABLA VI (*recto*)

400	500	650	800	950	1050	1150	1250	1350	1550	1700
1° 1/8	1° 1/2	2°	2° 1/2	3°	3° 1/2	4°	4° 1/2	5°	6°	7°
0.2	0.25	0.35	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	»	«

TABLA VII (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ELEVACION.	1/4°	1/2°
	quint.	lbs	lbs			
32 LBS ANIMA LISA	58	32	10	Número de yardas.....	320	460
		Bomba, 24	10	Número de yardas.....	440	600
				Duracion de la trayectoria.....	1″ 1/8	1″ 1/2
		32	8	Número de yardas.....	270	420
		Bomba, 24	8	Número de yardas.....	380	520
				Duracion de la trayectoria....	1″	1″ 1/4
		32	6	Número de yardas.....	210	360
		Bomba, 24	6	Número de yardas.....	290	440
				Duracion de la trayectoria....	1″	1″ 1/2
	56	32	10	Número de yardas.....	300	440
		Bomba, 24	10	Número de yardas.....	430	570
				Duracion de la trayectoria....	1″ 1/8	1″ 1/2
		32	8	Número de yardas.....	250	380
		Bomba, 24	8	Número de yardas.....	350	500
				Duracion de la trayectoria.....	1″	1″ 1/2
		32	6	Número de yardas.....	150	280
		Bomba, 24	6	Número de yardas.....	200	340
				Duracion de la trayectoria.....	»	1″ 1/4

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ELEVACION.	6°	7°
	quint.	lbs	lbs			
32 LBS ANIMA LISA	58	32	10	Número de yardas.....	2200	2380
		Bomba, 24	10	Número de yardas.....	2030	2200
				Duracion de la trayectoria.....	7″ 1/2	8″ 1/4
		32	8	Número de yardas.....	2100	2280
		Bomba, 24	8	Número de yardas.....	1970	2140
				Duracion de la trayectoria.....	7″ 1/4	8″ 1/4
		32	6	Número de yardas.....	1880	2060
		Bomba, 24	6	Número de yardas.....	»	»
				Duracion de la trayectoria.....	»	»
	56	32	10	Número de yardas.....	2100	2280
		Bomba, 24	10	Número de yardas.....	1940	2100
				Duracion de la trayectoria.....	7″	7″ 3/4
		32	8	Número de yardas.....	2020	2200
		Bomba, 24	8	Número de yardas.....	1920	2080
				Duracion de la trayectoria.....	7″	7″ 3/4
		32	6	Número de yardas.....	1720	1900
		Bomba, 24	6	Número de yardas.....	1820	1980
				Duracion de la trayectoria.....	6″ 3/4	7″ 1/2

TABLA VII (*recto*)

3/4°	1°	1° 1/2	2°	2° 1/2	3°	4°	5°
600	720	930	1140	1320	1500	1740	1980
710	820	1000	1140	1280	1400	1630	1840
1″	2″	2″ 3/4	3″ 1/8	3″ 3/4	4″ 1/4	5″ 1/2	6″ 1/2
540	660	850	1060	1240	1400	1640	1880
640	740	910	1070	1220	1340	1580	1790
1″ 5/8	1″ 7/8	2″ 1/4	3″	3″ 1/2	4″ 1/4	5″ 1/2	6″ 1/2
490	600	780	960	1120	1280	1500	1700
570	680	870	1040	1200	1330	»	»
1″ 3/4	2″	2″ 1/2	3″ 1/4	4″	4″ 3/4	»	»
570	700	900	1100	1280	1460	1700	1900
700	800	960	1100	1230	1350	1570	1760
1″ 3/4	2″	2″ 1/2	3″	3″ 1/2	4″	5″	6″
500	600	800	1000	1200	1380	1620	1820
620	720	880	1040	1180	1320	1520	1720
1″ 3/4	2″	2″ 1/2	3″	3″ 1/2	4″	5″	6″
400	500	600	820	950	1080	1340	1540
460	580	740	900	1040	1180	1420	1640
1″ 1/2	1″ 3/4	2″ 1/4	2″ 3/4	3″ 1/4	3″ 3/4	4″ 3/4	5″ 3/4

8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
2560	2720	2880	3020	»	»	»	»
2360	2500	2640	2770	2880	»	»	»
9″	9″ 3/4	10″ 3/4	12″	14″	»	»	»
2460	2620	2780	»	»	»	»	»
2310	2470	2620	2760	»	»	»	»
9″	10″	11″ 1/4	12″ 1/2	»	»	»	»
2240	2420	2580	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
2460	2620	2780	2920	3060	3180	3300	3420
2250	2400	2530	2660	2780	2880	2970	»
8″ 1/2	9″ 1/4	10″	11″	12″	13″	14″	»
2340	2480	2620	2760	2900	»	»	»
2220	2360	2500	2620	2740	2840	2940	»
8″ 1/2	9″ 1/4	10″	11″	12″	13″	14″	»
2060	»	»	»	»	»	»	»
2100	2200	2300	»	»	»	»	»
8″ 1/4	9″	9″ 3/4	»	»	»	»	»

TABLA VIII *(verso)*

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ELEVACION.	1/4°	1/2°	3/4°
	quint.	lbs	lbs				
68 LBS ANIMA LISA	95	68	16	Número de yardas.....	220	340	500
				Duracion de la trayectoria.	»	1/2"	1"
		Bomba, 51	16	Número de yardas.....	300	450	600
				Duracion de la trayectoria.	3" 3/4	1" 1/4	1" 1/2
		68	12	Número de yardas.....	200	300	400
		Bomba, 51	12	Número de yardas.....	400	510	620
				Duracion de la trayectoria.	1"	1" 1/2	1" 3/4
		68	8	Número de yardas.....	170	250	330
		Bomba, 51	8	Número de yardas.....	250	330	420
				Duracion de la trayectoria.	»	1"	1" 1/4

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ELEVACION.	8°	9°
	quint.	lbs	lbs			
68 LBS ANIMA LISA	95	68	16	Número de yardas.....	2560	2720
				Duracion de la trayectoria.....	9" 1/4	10" 1/4
		Bomba, 51	16	Número de yardas.....	2540	2690
				Duracion de la trayectoria.....	9" 3/4	10" 3/4
		68	12	Número de yardas.....	2470	2640
		Bomba, 51	12	Número de yardas.....	2360	2530
				Duracion de la trayectoria.....	9"	10"
		68	8	Número de yardas.....	2050	2230
		Bomba, 51	8	Número de yardas.....	2060	2220
				Duracion de la trayectoria.....	8" 1/4	9"

TABLA VIII (*recto*)

1°	1° 1/2	2°	2° 1/2	3°	4°	5°	6°	7°
640 1″ 1/2	860 2″ 1/4	1060 3″	1240 3″ 3/4	1400 4″ 1/4	1700 5″ 1/4	1960 6″ 1/4	2180 7″ 1/4	2380 8″ 1/4
750 2″	980 2″ 3/4	1170 3″ 1/2	1360 4″ 1/4	1550 5″	1820 6″ 1/4	2030 7″ 1/4	2220 8″	2380 9″
510	730	940	1160	1330	1590	1830	2060	2270
730 2″	930 2″ 3/4	1090 3″1/4	1230 3″ 3/4	1340 4″	1560 5″	1770 6″	1970 7″	2170 8″
410	570	720	870	1020	1270	1500	1760	1870
500 1″ 1/2	650 2″	800 2″ 1/2	940 3″	1070 3″ 1/4	1310 4″ 1/2	1530 5″ 3/4	1710 6″ 1/2	1890 7″ 1/2

10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°
2880 11″ 1/8	3040 12″	3200 12″ 7/8	3340 13″ 3/4	3480 14″ 5/8	3620 15″ 1/2	3740 16″ 3/8	3860 17″ 1/4	3980 18″ 1/8
2830 11″ 1/2	2970 12″ 1/2	3100 13″ 1/4	3220 13″ 3/4	3330 14″ 3/4	3440 15″ 1/2	3550 16″ 1/4	3650 17″	3750 17″ 1/2
2790	2940	3070	3200	3330	3460	3580	»	»
2690 11″	2850 12″	2990 13″	3130 14″	3260 15″	3380 16″	3500 17″	3600 18″	3700 19″
2500	»	»	»	»	»	»	»	»
2380 10″	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »

TABLA IX (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200	300	400	500
	quint.	lbs	lbs						
100 LBS ANIMA LISA	125	93	25	Elevacion.....	0°6′	0°14′	0°22′	0°30′	0°38′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
				Duracion de la trayectoria.....	0″2	0″4	0″6	0″8	1″1
	»	»	20	Elevacion.....	0°8′	0°16′	0°25′	0°34′	0°43′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
				Duracion de la trayectoria.....	0″2	0″4	0″6	0″9	1″2
	»	»	12	Elevacion.....	0°10′	0°20′	0°30′	0°42′	0°54′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
				Duracion de la trayectoria.....	0″2	0″5	0″8	1″1	1″4

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1800	1900	2000	2100	2200
	quint.	lbs	lbs						
100 LBS ANIMA LISA	125	93	25	Elevacion.....	3°30′	3°49′	4°9′	4°29′	4°50′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
				Duracion de la trayectoria.....	5″4	5″8	6″2	6″6	7″0
	»	»	20	Elevacion.....	3°45′	4°5′	4°25′	4°47′	5°9′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
				Duracion de la trayectoria.....	5″7	6″1	6″5	7″0	7″4
	»	»	12	Elevacion.....	4°50′	5°22′	5°49′	6°18′	6°48′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
				Duracion de la trayectoria.....	5″9	6″3	6″7	7″1	7″5

TABLA IX (*recto*)

600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
0°47′	0°57′	1°7′	1°18′	1°30′	1°43′	1°56′	2°10′	2°24′	2°39′	2°55′	3°12′
0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
1″4 0°53′	1″7 1°3′	2″0 1°13′	2″3 1°24′	2″6 1°36′	2″9 1°49′	3″2 2°4′	3″5 2°19′	3″8 2°35′	4″2 2°51′	4″6 3°8′	5″0 3°26′
0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
1″5 1°6′	1″8 1°20′	2″1 1°34′	2″4 1°49′	2″7 2°5′	3″0 2°22′	3″3 2°41′	3″7 3°0′	4″1 3°21′	4″5 3°43′	4″9 4°6′	5″3 4°31′
0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10
1″7	2″0	2″3	2″6	2″9	3″2	3″5	3″9	4″3	4″7	5″1	5″5

2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400
5°12′	5°35′	5°58′	6°22′	6°47′	7°13′	7°40′	8°7′	8°35′	9°3′	9°31′	10°0′
1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	»	»	»	»	»	»	»
7″5 5°32′	8″0 5°56′	8″5 6°21′	9″0 6°48′	9″5 7°12′	10″1 7°38′	10″7 8°5′	11″3 8°32′	11″9 9°0′	12″5 9°30′	13″1 10°0′	13″7 »
1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	»	»	»	»	»	»	»
7″9 7°18′	8″4 »	8″9 »	9″4 »	9″9 »	10″5 »	11″1 »	11″7 »	12″3 »	12″9 »	13″5 »	» »
1.70	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7′9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLA X (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	200	300
20 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	13	21 1/8	2 1/2	Elevacion.....	0°20′	0°33′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.31	0.44
				Duracion de la trayectoria.....	0″70	1″06

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1200	1300
20 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	13	21 1/8	2 1/2	Elevacion.....	3°26′	3°48′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	1.94	2.12
				Duracion de la trayectoria.	4″29	4″60

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2200
20 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs		
	13	21 1/8	2 1/2	Elevacion.....	7°12′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	3.77
				Duracion de la trayectoria.....	8″20

TABLA X (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100
0°47′	1°4′	1°22′	1°41′	2°1′	2°21′	2°42′	3°4′
0.58	0.75	0.94	1.11	1.27	1.42	1.59	1.76
1″40	1″75	2″10	2″44	2″79	3″16	3″52	3″88

1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
4°10′	4°32′	4°54′	5°16′	5°38′	6°1′	6°24′	6°48′
2.30	2.48	2.67	2.85	3.01	3.20	3.36	3.56
4″98	5″36	5″74	6″15	6″56	6″98	7″38	7″80

2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000
7°36′	8°1′	8°28′	8°56′	9°25′	9°53′	10°22′	10°51′
3.96	4.16	4.36	4.56	4.78	4.99	5.25	5.41
8″62	9″06	9″50	9″93	10″37	10″80	11″26	11″73

TABLA XI (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	200	300
12 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	8	12	1 1/2	Elevacion.....	0°16′	0°25′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	0.31	0.44
				Duracion de la trayectoria.....	0″60	0″85

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1300	1400
12 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	8	12	1 1/2	Elevacion.....	2°44′	3°4′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	2.12	2.30
				Duracion de la trayectoria.....	4″10	4″43

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2400	2500
12 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	8	12	1 1/2	Elevacion.....	6°31′	6°53′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	4.16	4.36
				Duracion de la trayectoria.....	8″03	8″42

TABLA XI (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0°36′	0°47′	1°00′	1°12′	1°24′	1°38′	1°53′	2°10′	2°27′
0.58	0.75	0.94	1.11	1.27	1.42	1.59	1.76	1.94
1″12	1″45	1″82	2″14	2″46	2″75	3″06	3″40	3″75

1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
3°24′	3°43′	4°2′	4°21′	4°41′	5°1′	5°23′	5°46′	6°8′
2.48	2.67	2.85	3.01	3.20	3.36	3.56	3.77	3.96
4″78	5″15	5″50	5″82	6″18	6″48	6″88	7″27	7″65

2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400
7°18′	7°42′	8°6′	8°28′	8°52′	9°19′	9°46′	10°13′	10°40′
4.56	4.78	4.99	5.25	5.41	5.65	5.84	6.06	6.29
8″8	9″22	9″64	10″14	10″45	10″87	11″28	11″70	12″15

TABLA XII (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	200	300
9 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs onz.	lbs onz.			
	6	8 12	1 2	Elevacion.....	0°18′	0°30′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.31	0.44
				Duracion de la trayectoria.....	0″70	1″0

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1200	1300
9 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs onz.	lbs onz.			
	6	8 12	1 2	Elevacion.....	2°50′	3°8′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	1.94	2.12
				Duracion de la trayectoria.....	3″95	4″3

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2200
9 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs onz.	lbs onz.		
	6	8 12	1 2	Elevacion.....	6°18′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	3.77
				Duracion de la trayectoria.....	7″7

TABLA XII (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100
0°42′	0°55′	1°10′	1°26′	1°42′	2°0′	2°16′	2°34′
0.58	0.75	0.94	1.11	1.27	1.42	1.59	1.76
1″35	1″70	2″0	2″3	2″65	3″0	3″3	3″6

1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
3°30′	3°48′	4°7′	4°25′	4°46′	5°8′	5°32′	5°56′
2.30	2.48	2.67	2.85	3.01	3.20	3.36	3.56
4″6	5″0	5″35	5″7	6″15	6″50	6″90	7″3

2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000
6°44′	7°10′	7°36′	8°0′	8°28′	8°54′	9°22′	9°50′
3.96	4.16	4.36	4.56	4.78	4.99	5.25	5.41
8″1	8″55	8″95	9″4	9″85	10″25	10″70	11″20

TABLA XIII (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	200	300
40 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	35	40	5	Elevacion.....	0°14′	0°21′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.2	0.3
				Duracion de la trayectoria.....	0″55	1″00

CAÑON. Naturaleza.	Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1300
40 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs		
	35	40	5	Elevacion.....	2°43′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	1.05
				Duracion de la trayectoria.....	3″93

CAÑON. Naturaleza.	Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2300
40 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs		
	35	40	5	Elevacion.....	5°24′
				Largo de la espoleta en pulgadas.....	1.6
				Duracion de la trayectoria.....	7″14

TABLA XIII (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0°30′	0°42′	0°55′	1°10′	1°23′	1°40′	1°56′	2°12′	2°27′
0.4	0.45	0.5	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9	0.95
1″27	1″52	1″79	2″08	2″38	2″69	2″90	3″31	3″55

1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
2°39′	3°15′	3°31′	3°47′	4°3′	4°19′	4°35′	4°51′	5°7′
1.10	1.15	1.2	1.25	1.3	1.4	1.45	1.5	1.55
4″24	4″55	4″86	5″18	5″58	5″83	6″16	6″49	6″82

2400	2500	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800
5°41′	5°59′	6°17′	6°56′	7°36′	8°8′	9°1′	9°45′	10°32′
1.65	1.7	1.8	»	»	»	»	»	»
7″47	7″79	8″12	8″78	9″46	10″20	11″08	11″98	12″58

TABLA XIII (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	200	300
40 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs			
	35	40	5	Elevacion	0°14′	0°21′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.2	0.3
				Duracion de la trayectoria	0″55	1″00

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1300
40 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs		
	35	40	5	Elevacion	2°43′
				Largo de la espoleta en pulgadas	1.05
				Duracion de la trayectoria	3″93

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2300
40 lbs de cargarse por la culata	quint.	lbs	lbs		
	35	40	5	Elevacion	5°24′
				Largo de la espoleta en pulgadas	1.6
				Duracion de la trayectoria	7″14

TABLA XIII (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0°30′	0°42′	0°55′	1°10′	1°25′	1°40′	1°56′	2°12′	2°27′
0.4	0.45	0.5	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9	0.95
1″27	1″52	1″79	2″08	2″38	2″69	2″90	3″31	3″55

1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
2°59′	3°15′	3°31′	3°47′	4°3′	4°19′	4°35′	4°51′	5°7′
1.10	1.15	1.2	1.25	1.3	1.4	1.45	1.5	1.55
4″24	4″55	4″86	5″18	5″38	5″83	6″16	6″49	6″82

2400	2500	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800
5°41′	5°59′	6°17′	6°56′	7°36′	8°8′	9°1′	9°45′	10°32′
1.65	1.7	1.8	»	»	»	»	»	»
7″47	7″79	8″12	8″78	9″46	10″20	11″08	11″98	12″58

TABLA XIV (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200
	quint.	lbs	lbs			
7 pulg. de cargarse por la culata	82	90	11	Elevacion	0°9′	0°21′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.05	0.10
				Duracion de la trayectoria	0″2	0″5
		segment.		Elevacion	0°12′	0°25′
	»	102	»	Largo de la espoleta en pulgadas.	0.05	1.10
				Duracion de la trayectoria	0″3	0″6

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1300	1400
	quint.	lbs	lbs			
7 pulg. de cargarse por la culata	82	90	11	Elevacion	3°0′	3°17′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.80	0.85
				Duracion de la trayectoria	4″0	4″3
		segment.		Elevacion	3°14′	3°31′
	»	102	»	Largo de la espoleta en pulgadas.	0.80	0.85
				Duracion de la trayectoria	4″0	4″3

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2500	2600
	quint.	lbs	lbs			
7 pulg. de cargarse por la culata	82	90	11	Elevacion	6°47′	7°7′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	1.65	1.70
				Duracion de la trayectoria	7″9	8″3
		segment.		Elevacion	7°9′	7°32′
	»	102	»	Largo de la espoleta en pulgadas.	1.60	1.70
				Duracion de la trayectoria	8″2	8″6

TABLA XIV (*recto*)

300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0°33′	0°45′	0°58′	1°11′	1°25′	1°40′	1°55′	2°10′	2°26′	2°43′
0.15	0.20	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.75
0″8	1″1	1″4	1″7	2″1	2″4	2″7	3″0	3″3	3″6
0°39′	0°53′	1°7′	1°21′	1°36′	1°55′	2°7′	2°23′	2°40′	2°57′
0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.60	0.70	0.75
0″9	1″2	1″05	1″3	2″1	2″4	2″7	3″0	3″4	3″7

1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
3°43′	3°52′	4°11′	4°30′	4°49′	5°8′	5°27′	5°47′	6°7′	6°27′
0.90	1.00	1.10	1.15	1.20	1.30	1.40	1.45	1.50	1.60
4″6	4″9	5″3	5″6	5″9	6″3	6″6	6″9	7″3	7″6
3°49′	4°7′	4°25′	4°44′	5°3′	5°22′	5°42′	6°3′	6°25′	6°47′
0.90	1.00	1.10	1.15	1.20	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
4″7	5″0	5″4	5″7	6″1	6″4	6″8	7″1	7″5	7″9

2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600
7°27′	7°47′	8°7′	8°27′	8°47′	9°7′	9°27′	9°47′	10°7′	10°27′
1.75	1.80	1.90	2.00	»	»	»	»	»	»
8″6	9″0	9″3	9″7	10″0	10″4	10″8	11″2	11″6	12″0
7°55′	8°18′	8°42′	9°6′	9°30′	9°54′	10°18′	10°43′	11°8′	»
1.80	1.90	2.00	»	»	»	»	»	»	»
9″0	9″3	9″7	10″1	10″5	10″9	11″3	11″7	12″2	»

TABLA XV (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200
	ton.	lbs	lbs			
64 lbs de cargarse por la boca	04	64	8	Elevacion	0°10′	0°21′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.05	0.10
				Duracion de la trayectoria	0″25	0″50
	»	»	6	Elevacion	0°13′	0°26′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.08	0.16
				Duracion de la trayectoria	0″36	0″69

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1300	1400
	ton.	lbs	lbs			
64 lbs de cargarse por la boca	04	64	8	Elevacion	2°40′	2°55′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	0.80	0.90
				Duracion de la trayectoria	3″58	3″89
	»	»	6	Elevacion	3°14′	3°32′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	1.02	1.10
				Duracion de la trayectoria	4″43	4″77

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2500	2600
	ton.	lbs	lbs			
64 lbs de cargarse por la boca	04	64	8	Elevacion	6°4′	6°24′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	1.75	1.85
				Duracion de la trayectoria	7″39	7″96
	»	»	6	Elevacion	7°23′	7°48′
				Largo de la espoleta en pulgadas..	2.01	2.10
				Duracion de la trayectoria	8″74	9″14

TABLA XV (*recto*)

300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0°32′	0°43′	0°55′	1°7′	1°19′	1°32′	1°45′	1°58′	2°12′	2°26′
0.15	0.25	0.30	0.35	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75
0″75	1″02	1″29	1″57	1″86	2″15	2″42	2″72	2″99	3″29
0°39′	0°52′	1°6′	1°20′	1°35′	1°50′	2°6′	2°22′	2°39′	2°56′
0.24	0.32	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	0.78	0.86	0.94
1″03	1″37	1″71	2″05	2″39	2″73	3″07	3″41	3″75	4″09

1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
3°10′	3°25′	3°41′	3°57′	4°14′	4°31′	4°48′	5°6′	5°25′	5°44′
0.95	1.05	1.10	1.20	1.25	1.35	1.40	1.50	1.60	1.65
4″20	4″51	4″81	5″15	5″48	5″82	6″16	6″51	6″87	7″23
3°50′	4°9′	4°28′	4°48′	5°9′	5°31′	5°53′	6°15′	6°37′	7°0′
1.18	1.25	1.33	1.41	1.49	1.57	1.65	1.74	1.83	1.92
5″11	5″45	5″79	6″13	6″47	6″82	7″18	7″56	7″95	8″34

2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600
6°45′	7°6′	7°28′	7°50′	8°13′	8°36′	9°0′	9°24′	9°49′	10°14′
1.90	2.00	»	»	»	»	»	»	»	»
8″32	8″70	9″09	9″47	9″87	10″27	10″68	11″09	11″51	»
8°13′	8°39′	9°5′	9°31′	9°57′	10°24′	10°52′	11°21′	11°51′	»
2.19	2.29	2.39	2.48	2.58	2.78	2.88	2.99	»	»
9″54	9″95	10″37	10″79	11″22	11″66	12″10	12″54	12″98	»

TABLA XVI (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200	300	400	500	600	700	800
	ton.	lbs	lbs									
7 pulg. de cargarse por la boca.	6 1/2	115	22	Elevacion.....	0° 6′	0°13′	0°21′	0°30′	0°38′	0°47′	0°56′	1°5′
				Largo de la espoleta en pulg^s..	0.05	0.10	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
				Duracion de la trayectoria...	0″20	0″65	0″70	0″95	1″20	1″45	1″70	2″00
	»	»	14	Elevacion.....	0°10′	0°21′	0°31′	0°42′	0°54′	1°6′	1°18′	1°31′
				Largo de la espoleta en pulg^s..	0.05	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.44	0.50
				Duracion de la trayectoria....	0″30	0″55	0″80	1″10	1″40	1″65	1″95	2″20
		Doble bomba		Elevacion.....	0°14′	0°28′	0°42′	0°56′	1°10′	1°25′	1°31′	1°57′
	»	158	14	Largo de la espoleta en pulg^s..	0.05	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.45	0.50
				Duracion de la trayectoria....	0″25	0″70	0″90	1″20	1″40	1″90	2″10	2″35

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100
	ton.	lbs	lbs									
7 pulg. de cargarse por la boca.	6 1/2	115	22	Elevacion.	4°18′	4°33′	4°48′	5°3′	5°19′	5°35′	5°51′	6°7′
				Largo de la espoleta en pulg^s..	1.55	1.60	1.70	1.75	1.85	1.95	2.05	»
				Duracion de la trayectoria....	6″50	6″80	7″10	7″40	7″75	8″10	8″45	8″80
	»	»	14	Elevacion.....	5°36′	5°54′	6°12′	6°31′	6°50′	7°9′	7°29′	7°48′
				Largo de la espoleta en pulg^s..	1.65	1.76	1.85	1.90	2.00	»	»	»
				Duracion de la trayectoria....	7″20	7″55	7″90	8″25	8″60	8″95	9″30	9″65
		Doble bomba		Elevacion.....	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	158	14	Largo de la espoleta en pulg^s..	»	»	»	»	»	»	»	»
				Duracion de la trayectoria...	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLA XVI (*recto*)

900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
1°14′	1°24′	1°34′	1°45′	1°56′	2°7′	2°19′	2°31′	2°43′	2°56′	3°9′	3°22′	3°35′	3°49′	4°3′
0.55	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	1.05	1.10	1.15	1.25	1.30	1.40	1.50
2″25 1°44′	2″50 1°57′	2″70 2°10′	3″05 2°24′	3″30 2°38′	3″55 2°52′	3″80 3°7′	4″10 3°22′	4″40 3°37′	4″65 3°53′	4″90 4°9′	5″25 4°26′	5″55 4°43′	5″85 5°0′	6″20 5°18′
0.60	0.65	0.70	0.80	0.85	0.95	1.00	1.05	1.15	1.20	1.30	1.35	1.45	1.50	1.60
2″50 2°14′	2″80 2°31′	3″10 2°50′	3″40 3°9′	3″70 »	4″00 »	4″30 »	4″60 »	4″90 »	5″25 »	5″60 »	5″90 »	6″20 »	6″55 »	6″90 »
0.60	0.65	0.70	0.80	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2″80	3″05	3′30	3″75	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600
6°24′	6°41′	6°58′	7°15′	7°32′	7°49′	8°6′	8°24′	8°42′	9°0′	9°18′	9°36′	9°55′	10°14′	10°34′
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9″10 8°8′	9″45 8°28′	9″80 8°48′	10″15 9°8′	10″50 9°29′	10″90 9°49′	11″25 10°10′	11″65 10°31′	12″05 10°52′	12″45 »	12″85 »	13″25 »	13″70 »	14″15 »	14″60 »
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10″00 »	10″40 »	10″75 »	11″10 »	11″50 »	11″90 »	12″25 »	12″60 »	13″00 »	» »	» »	» »	» »	» »	» »
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLA XVII (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200	300
	ton.	lbs	lbs				
9 pulg., rayado de cargarse por la boca	12	250	43	Elevacion	0°9′	0°18′	0°28′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	»	»	»
				Duracion de la trayectoria	0″22	0″45	0″68
	»	»	30	Elevacion	0°11′	0°23′	0°35′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.05	0.15	0.20
				Duracion de la trayectoria	0″30	0″57	0″84

CAÑON. Naturaleza.	Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1500	1600
	ton.	lbs	lbs			
9 pulg., rayado de cargarse por la boca	12	250	43	Elevacion	2°35′	2°48′
				Largo de la espoleta en pulgadas	»	»
				Duracion de la trayectoria	3″80	4″08
	»	»	30	Elevacion	3°16′	3°30′
				Largo de la espoleta en pulgadas	0.90	0.95
				Duracion de la trayectoria	4″08	4″35

CAÑON. Naturaleza.	Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2800	2900
	ton.	lbs	lbs			
9 pulg., rayado de cargarse por la boca	12	250	43	Elevacion	5°43′	5°59′
				Largo de la espoleta en pulgadas	»	»
				Duracion de la trayectoria	7″67	7″99
	»	»	30	Elevacion	6°30′	6°46′
				Largo de la espoleta en pulgadas	1.75	1.80
				Duracion de la trayectoria	7″94	8″26

TABLA XVII (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
0°38′	0°48′	0°58′	1°8′	1°18′	1°28′	1°39′	1°50′	2°1′	2°12′	2°23′
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
0″92	1″16	1″40	1″65	1″90	2″16	2″43	2″70	2″97	3″24	3″52
0°47′	1°0′	1°13′	1°26′	1°39′	1°52′	2°6′	2°20′	2°34′	2°48′	3°2′
0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.80	0.85
1″11	1″38	1″65	1″92	2″19	2″46	2″73	3″00	3″27	3″54	3″81

1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
3°1′	3°14′	3°27′	3°45′	3°55′	4°9′	4°24′	4°39′	4°55′	5°11′	5°27′
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4″36	4″64	4″93	5″22	5″51	5″81	6″11	6″41	6″72	7″03	7″35
3°45′	4°0′	4°15′	4°30′	4°45′	5°0′	5°15′	5°30′	5°45′	6°0′	6°15′
1.00	1.10	1.15	1.20	1.25	1.35	1.40	1.45	1.55	1.60	1.70
4″63	4″95	5″20	5″49	5″78	6″07	6″37	6″68	6″99	7″30	7″62

3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000
6°15′	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8″31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7°2′	7°18′	7°34′	7°51′	8°8′	8°25′	8°42′	8°59′	9°16′	9°34′	9°52′
1.90	1.95	2.00	2.10	2.20	2.25	2.35	2.40	2.50	2.55	2.65
8″58	8″90	9″23	9″56	9″90	10″24	10″58	10″92	11″26	11″63	12″05

CAP. DE NAVIO
JULIO J. ELIAS MURGUIA

TABLA XVIII (*verso*)

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	100	200	300
	ton.	lbs	lbs				
8 pulg., rayado de cargarse por la boca	9	180	30	Elevacion	0°9′	0°18′	0°27′
				Largo de la espoleta en pulgadas.	»	»	»
				Duracion de la trayectoria	0″25	0″51	0″77
	»	»	20	Elevacion	0°10′	0°21′	0°33
				Largo de la espoleta en pulgadas.	0.05	0.12	0.18
				Duracion de la trayectoria	0″27	0″55	0″84

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	1500	1600
	ton.	lbs	lbs			
8 pulg., rayado de cargarse por la boca	9	180	30	Elevacion	2°33′	2°45′
				Largo de la espoleta en pulgadas	»	»
				Duracion de la trayectoria	4″07	4″35
	»	»	20	Elevacion	3°8′	3°23′
				Largo de la espoleta en pulgadas	0.90	0.96
				Duracion de la trayectoria	4″41	4″72

CAÑON. Naturaleza.	CAÑON. Peso.	PESO DEL PROYECTIL lleno.	CARGA.	ALCANCE EN YARDAS.	2800	2900
	ton.	lbs	lbs			
8 pulg., rayado de cargarse por la boca	9	180	30	Elevacion	»	»
				Largo de la espoleta en pulgadas	»	»
				Duracion de la trayectoria	»	»
	»	»	20	Elevacion	6°43′	7°2′
				Largo de la espoleta en pulgadas	1.75	1.83
				Duracion de la trayectoria	8″70	9″05

TABLA XVIII (*recto*)

400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
0°36′	0°45′	0°55′	1°5′	1°15′	1°26′	1°37′	1°48′	1°59′	2°10′	2°21′
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1″03	1″30	1″57	1″84	2″11	2″39	2″67	2″95	3″23	3″51	3″79
0°45′	0°57′	1°09′	1°21′	1°33′	1°46′	1°59′	2°12′	2°26′	2°40′	2°54′
0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60	0.66	0.70	0.78	0.84
1″13	1″42	1″71	2″01	2″31	2″61	2″91	3″21	3″51	3″81	4″11

1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
2°57′	3°9′	3°21′	3°33′	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4″63	4″91	5″21	5″52	»	»	»	»	»	»	»
3°38′	3°54′	4°10′	4°26′	4°42′	4°58′	5°15′	5°32′	5°49′	6°7′	6°25′
1.02	1.08	1.14	1.21	1.28	1.34	1.41	1.48	1.54	1.61	1.68
5″03	5″35	5″67	5″99	6″31	6″64	6″98	7″32	7″66	8″0	8″35

3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7°21′	7°40′	7°59′	8°19′	8°39′	8°59′	9°19′	9°38′	9°59′	10°20′	10°42′
1.90	1.97	2.04	2.12	2.20	2.27	2.34	2.42	2.50	2.58	2.66
9″41	9″78	10″15	10″53	10″92	11″31	11″70	12″09	12″48	12″88	13″26

Tablas de dimensiones, & para algunos cañones de la artillería inglesa.

TABLA I

CAÑON.	PESO.	CALIBRE.	CONSTRUCCION.	LARGO.		PROPORCIONES EN LA ESPIRAL.	NUMERO DE RAYAS.	DIÁMETRO.		CARGAS.			PREPONDERANCIA.
				ANIMA.	RAYAS.			MAYOR.	MENOR.	MAXIMA.	ENTERA.	REDUCIDA.	
	ton.	pulg.		pulg.	pulg.	cal b.		pulg.	pulg.	lbs	lbs	lbs	quint.
12 pulg....	25.0	12.0	Tubo de acero en royos de hierro batido.	145.5	127.0	1 en 50	9	53.5	20.0	70	50	30	6
11 —	23.0	11.0	»»	145.5	120.0	0 á 1 en 45	7	50.0	20.0	»	»	»	»
10 —	18.0	10.0	»»	»	128.0	0 á 1 en 40	»	45.0	19.0	60	40	20	»
9 —	12.0	9.0	»»	125.0	107.5	0 á 1 en 45	6	39.0	18.5	43	30	15	5
8 —	9.0	8.0	»»	118.0	102.0	0 á 1 en 40	4	35.5	14.5	30	20	12	4
7 —	6.5	7.0	»»	111.0	97.5	1 en 35	3	33.5	13.0	22	14	10	3
64 lbs.....	3.2	6.3	Royo de hierro batido.	98.0	90.5	1 en 40	3	22.75	11.75	»	8	6	3 3/4

TABLA II

CAÑON.	PALLISER.			BOMBAS.								METRALLA.		
	BALA.	BOMBA.		COMUN.		DOBLE.		SHRAPNEL (METRALLA).						
	PESO.	PESO.	CARGA INTERIOR.	PESO.	CARGA INTERIOR.	PESO.	CARGA INTERIOR.	PESO.	CARGA INTERIOR.	BALAS. NUMERO.	BALAS. PESO DE CADA UNA.	PESO.	BALAS. NUMERO.	BALAS. PESO DE CADA UNA.
	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	onz.		onz.	lbs		onz.
2 pulg.....	600	585	14.5	554	45.5	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
0 —	400	390	10.0	335	32.0	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9 —	247	243	5.75	232	18.5	»	»	250	12	437	3.0	100	113	8
8 —	179	172	4.5	167	13.0	»	»	182	10	315	3.0	68	75	8
7 —	115	113	2.5	107	8.5	148	13	111	8	200	3.0	67	74	8
64 lbs.....	»	»	»	57	7.0	»	»	64	6	234	1.14	48	56	8

TABLA III

CAÑON.	CORREDERA.					CUREÑA.			PORTA.				
	PESO.	LARGO.	ANCHO.	INCLINACION.	ALTURA DE LA TESTERA.	PESO.	LARGO.	ALTO DEL EGE.	ALTURA.	ANCHO.	ALTO DEL BATIPORTE sobre cubierta.	ELEVACION.	DEPRESION.
	quint.	pies	pulg.	grad.	pulg.	quint.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	grad.	grad.
12 pulg.....	»	»	»	»	»	68	90.5	»	»	»	»	»	»
11 —	»	»	»	»	»	67	90.5	»	»	»	»	»	»
10 —	81	15	58.5	1 1/2	14	60	85.0	»	»	»	»	»	»
9 —	66	14	52.7	1 1/2	14	45	80.0	»	43.5	30	26	10	5 3/4
8 —	58	13	48.5	1 1/2	14	47	75.0	»	41.0	28	26	10	7 1/2
7 —	38	12	43.5	1 1/2	14	31	63.0	»	35.5	24	26	10	6
64 lbs.....	19	12	43.0	0	14	14	63.0	38	»	»	»	»	»

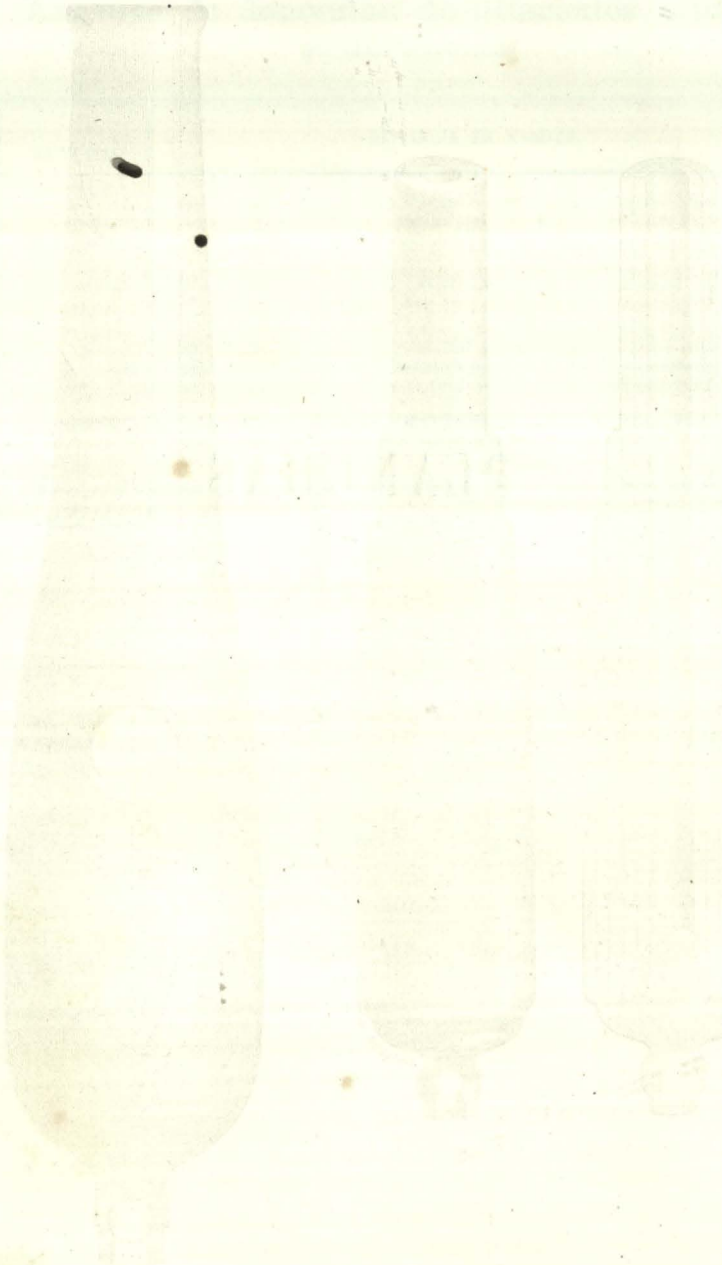
Cañones de W. Armstrong.

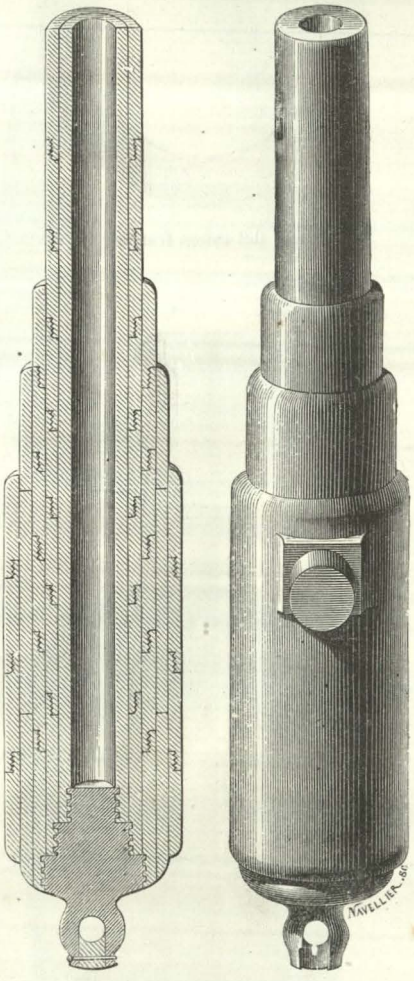
CAÑON.	PESO.	CALIBRE.	CONSTRUCCION.	LARGO NOMINAL.	RAYADURA.		CARGA.	PREPONDERANCIA.	PROYECTILES.									
									BALA SOLIDA.	BOMBAS.						METRALLA.		
										COMUNES.		SEGMENTADAS.				BALAS.		
					ESPIRAL.	NUMERO DE RAYAS.				PESO.	CARGA INTERIOR.	PESO.	CARGA INTERIOR.	SEGMENTOS. NUMERO.	SEGMENTOS. PESO de CADA UNA.	PESO.	NUMERO.	PESO DE CADA UNA.
	quint.	pulg.		pulg.	calib.		lbs	quint.	lbs	lbs	lbs	lbs	onz.		onz.	lbs		onz.
7 pulg.....	82	7	Roscas de hierro batido.	120	1 en 37	76	11	6	90	84	6 1/4	98	48	112	3.3	67	74	8
40 lbs.....	35	4.75		120	1 en 36,5	56	5	4	40	38	2 1/4	39	10	72	2.4	30	37	8
20 —	13	3.75		66	1 en 38	44	2 1/2	1 1/2	20	20	1 1/8	20	1 1/4	70	1.7 1.6	15	41	4
12 —	8	3		72	»	38	1 1/2	1 3/4	12	»	»	10	1	48	1.32 0.8	9	48	2
9 —	6	3		62	»	38	1 1/8	3/4	9	»	»	9	drag. 11	41	1.5 1.2	»	»	»

Ángulos de depresion de diferentes alturas y distancias

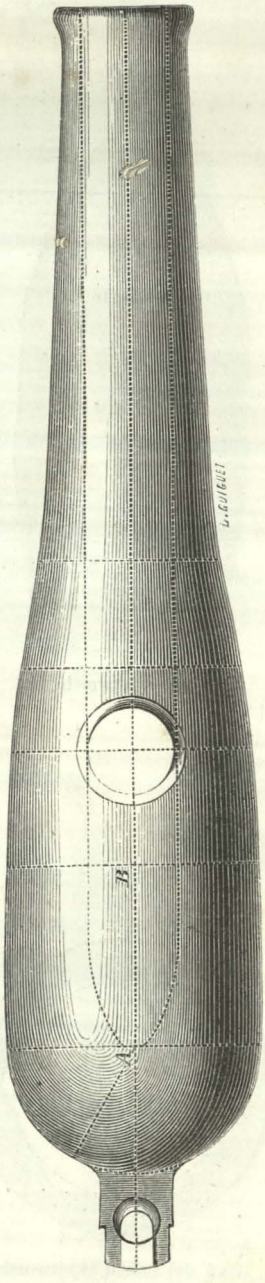
ALTURA EN PIES.	DISTANCIA EN YARDAS.									
	200	300	400	500	600	800	1 000	1200	1500	1800
10.....	0°57′	0°38′	0°29′	0°23′	0°19′	0°15′	0°12′	0°10′	0° 8′	0° 7′
20.....	1 55	1 16	0 57	0 46	0 38	0 29	0 23	0 19	0 15	0 13
30.....	2 51	1 55	1 26	1 09	0 57	0 43	0 35	0 29	0 23	0 19
40.....	3 48	2 32	1 55	1 32	1 16	0 57	0 46	0 39	0 30	0 26
50.....	4 45	3 11	2 23	1 55	1 35	1 12	0 57	0 48	0 38	0 32
60.....	5 42	3 49	2 52	2 18	1 55	1 26	1 09	0 57	0 46	0 38
70.....	6 37	4 27	3 20	2 40	2 14	1 40	1 21	1 07	0 54	0 45
80.....	7 36	5 05	3 49	3 03	2 33	1 55	1 32	1 16	1 01	0 51
90.....	8 32	5 43	4 17	3 26	2 52	2 09	1 44	1 26	1 09	0 57
100.....	9 29	6 21	4 46	3 49	3 11	2 23	1 55	1 35	1 16	1 04

PLANCHAS

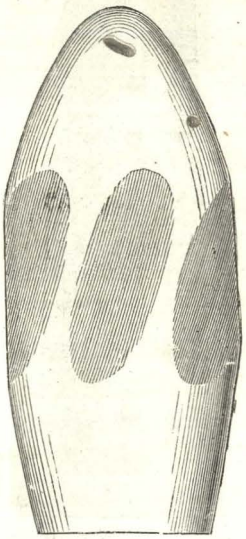




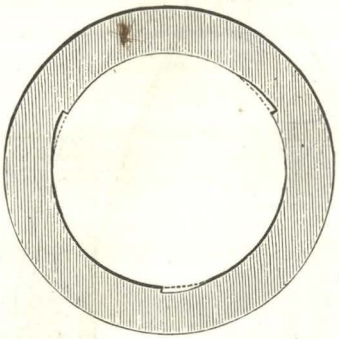
Cañon de Whitworth y seccion del mismo.



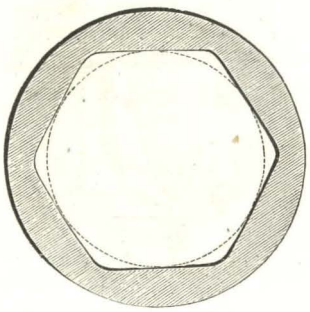
Obus de 11 pulgadas de Dahlgren.



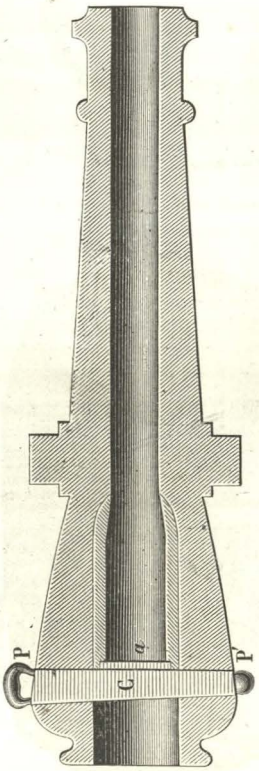
Bala Whitworth.



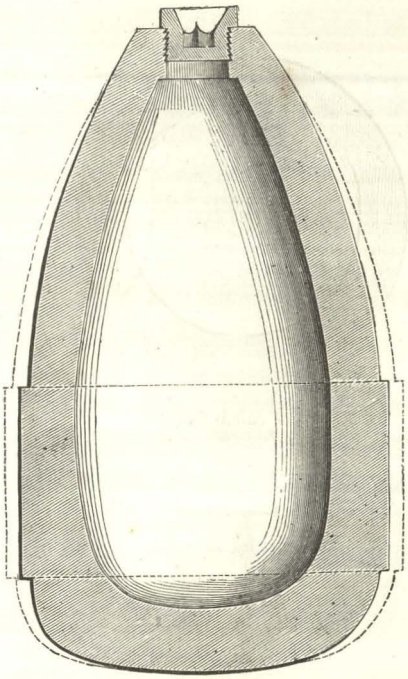
Raya del cañon frances.



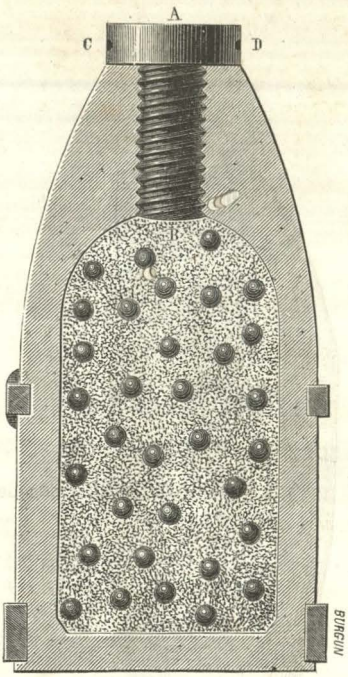
Raya del cañon Whitworth.



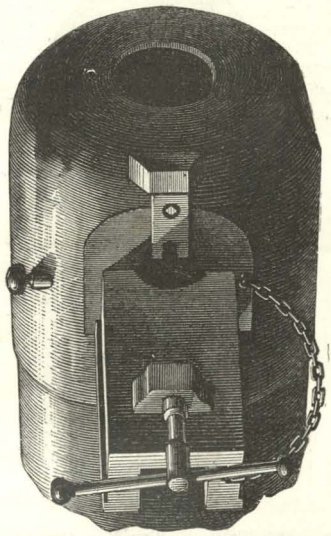
Cerradura ó llave del cañon Cavalli.



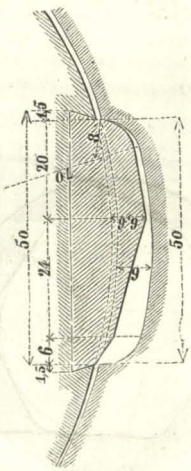
Granada del cañon Lancaster.



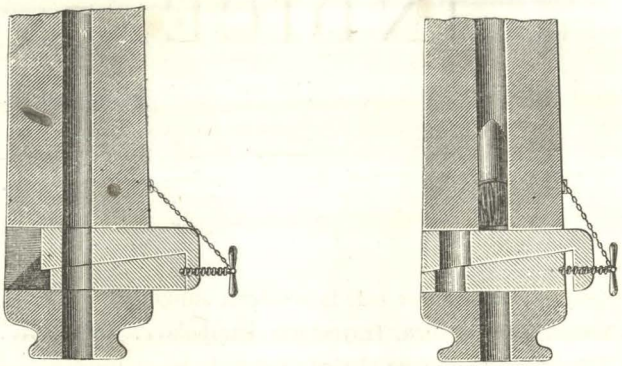
Granada francesa.



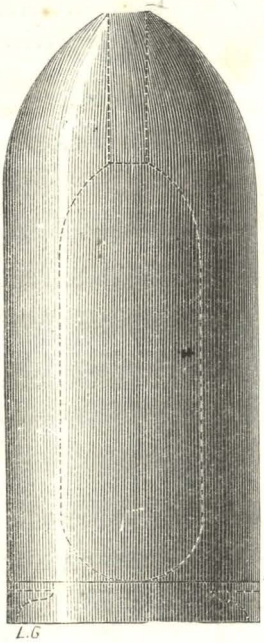
Cerrada del cañon Krupp.



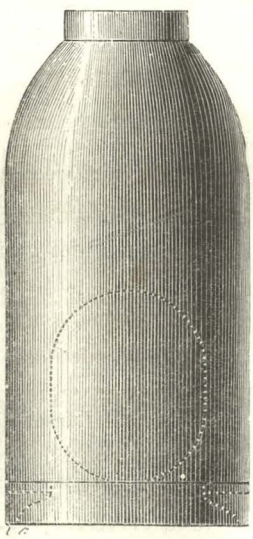
Abierto. Cerrado.



Cerrada del cañon prusiano.



Granada de 100 lbs.
Perrott.



Proyectil hurcoe
de Perrott.

INDICE

I. — Resúmen de la histor iade la artillería antigua..... 1
II. — Nociones de balística. Trayectoria. Parábola..... 9
III. — Resistencia que opone el aire al paso de los cuerpos..... 17
IV. — Esperimentos de Robins..... 21
Tabla I. — Resistencías verdaderas á las diferentes figuras. 24
V. — Velocidad inicial..... 27
VI. — Velocidad final..... 31
Tabla II. — Velocidades finales..... 33
VII. — Desviacion de los proyectiles. Sus causas..... 35
VIII. — Penetracion de los proyectiles..... 45
Tabla III. — Efecto comparativo de la bala hueca y la bala solida, etc..... 48
Tabla IV. — Penetracion de los proyectiles..... 50
Tabla V. — Penetracion de las balas sólidas y bombas de los cañones de la marina de los Estados-Unidor..... 52
IX. — Pólvora y sus componentes..... 55
Tabla VI. — Composicion de la pólvora de cañon y fusil de diferentes naciones..... 60
X. — Fuerza de la pólvora. Modo de provarla..... 77
XI. — Observaciones generales..... 81
XII. — Pólvora de algodon..... 83
XIII. — Cañones..... 87
Tabla de Largos de cañones y cargas para las velocidades máximas..... 90
XIV. — Viento..... 107
XV. — Anima..... 109
XVI. — Alzas..... 113
XVII. — Metales adecuados para la construccion de cañones..... 117
XVIII. — Principios generales. Formas y proporciones..... 123

XIX. — Muñones. Su preponderancia y posicion..... 135
XX. — Oido..... 139
XXI. — Cureñas: su construccion, etc..... 141
XXII. — Municion de guerra..... 153
XXIII. — Espoletas..... 169
XXIV. — Saleros ó culotes de madera..... 181
XXV. — Cargas..... 183
XXVI. — Cartuchos..... 187
XXVII. — Cajas de pólvora..... 189
XXVIII. — Tacos..... 191
XXIX. — Estopines..... 193
XXX. — Martillo..... 199
XXXI. — Lanza-fuegos..... 201
XXXII. — Mechas..... 203

TABLAS..... 205 — 240

PLANCHAS..... 241 — 246

CORBEIL. — Imprenta. de CRÉTÉ HIJO.