

Un peloton de tiradores de 32 hileras, desplegados en grupos de á 4 á intervalos de 20 pasos, forma en la seccion de la derecha ocho grupos en siete espacios, cuya extension será de 140 pasos. El guia derecho, apoyando á 10 pasos hácia la derecha, se hallará á 125 ó sean 100 metros del izquierdo. Conocida esta línea se tendrá la base de la operacion.

Segun este principio, es evidente que el comandante de una línea de tiradores se hallará siempre en disposicion de saber la distancia que separa á los dos guias de una seccion desplegada, cualquiera que sea el número de grupos de combate de que ella se componga, y tambien el número de pasos de los intervalos que hayan tomado. Conocidas estas operaciones preliminares, y una vez desplegada la línea, el guia izquierdo fija su instrumento en la boca del cañon, observa, previa órden, un objeto cualquiera en la direccion del que se trata de alcanzar, aplica hácia él la pequeña regla, sirviéndose de las guias como punto de mira, y permanece inmóvil en esa posicion.

El guia derecho, que tambien ha fijado su aparato á la boca del cañon; dirige la línea A. B., tomando las guias como punto de mira, en la direccion de los dos discos del instrumento fijado por el guia izquierdo. Establecida esta línea, apoya el pulgar de la mano derecha en la regla A. B. hasta que las guias de la línea C. D., que se hace girar atentamente, se hallen en la direccion del objeto escogido al lado del enemigo, el cual debe ser el mismo observado á su turno por el guia izquierdo.

La línea A. B. ha removido la E. F. cuya punta se ha pronunciado lo suficiente en el indicador; y desde que la línea C. D. queda fijada, se marca en el indicador la distancia buscada. Si sucede que el terreno en el cual se opera es desigual, el guia izquierdo tendrá cui-

dad de inclinar su instrumento de manera que la gran regla tome una posicion horizontal al piso, pues de otro modo el guia derecho no podría colocar las guias de su instrumento en la direccion de los dos discos.

La *medida de campaña* Wolters comprende las distancias de 150, 200, 250 hasta 1,200 metros; siendo muy portátil, cada compañía puede ser provista de un instrumento tan útil, proporcionando esa gran ventaja á la práctica de la estimacion de las distancias.

## CAPITULO VII.

TRAYECTORIA.—LÍNEA PARABÓLICA DE LA BALA ESFÉRICA.—CURVA DESCRITA POR UNA BALA DE EXCENTRICIDAD ARTIFICIAL.—LÍNEA DESCRITA POR LA BALA OBLONGA.

El movimiento del proyectil en el alma del cañon se denomina *balística interior*; trátase de determinar la posicion exacta de la bala en el momento de la deflagracion de la carga; de ver cómo el proyectil recorre el espacio de la recámara, su movimiento en ese lugar y, principalmente, su velocidad inicial y la direccion de su centro de gravedad.

La *balística interior* tiene por objeto, conociendo los diversos elementos y la operacion del proyectil en el alma del cañon, deducir cuál es la forma descrita por la bala y la velocidad conservada por el centro de gravedad en cada uno de los puntos de esta curva.

Los principios generales del tiro se deducen de las posiciones relativas ocupadas por tres líneas, á saber: la *línea de tiro*, la *línea de mira* y la *trayectoria* (figura 1, lámina 1.)

La línea de tiro es el eje, ó nervio del cañon, indefinidamente prolongado.

La línea de mira y la horizontal pasan por el fondo del envase y la cima de la guía.

La trayectoria es el eje del proyectil durante su curso aéreo.

En estas diversas líneas se distinguen: 1.º las *ordenadas ó espacios peligrosos*; 2.º el *punto de blanco*, y 3.º la *amplitud del tiro*.

Los espacios peligrosos forman la flecha de la trayectoria con la línea de mira.

El punto en blanco es el lugar en donde la trayectoria corta por la segunda vez la línea de mira: la amplitud del tiro es el punto mas lejano que toca el proyectil.

Si la bala no tuviera que vencer ningun obstáculo, se dejaría llevar hasta lo infinito por la fuerza de proyeccion; pero desde el momento en que se aparta de la alma del cañon, se desvía de la línea del tiro, siguiendo el trayecto ordenado por las leyes de la pesantez y de la resistencia del aire.

Así pues, en ausencia de toda causa de desviacion ó derivacion, la trayectoria se halla toda entera en el plan de tiro; en su origen se confunde con la línea de mira, luego descende mas y mas, á medida que el proyectil se aleja de la boca del cañon, á causa de las tres fuerzas á las cuales se halla sometido. La trayectoria se encuentra, pues, en este caso, bajo la línea de tiro.

El primer elemento que obra en el proyectil, es la fuerza de proyeccion, en la cual se distinguen: 1.º la *intensidad*, que explica su relacion con otra tomada por unidad; 2.º el *punto de aplicacion*, en el cual la fuerza ejerce inmediatamente su accion, y 3.º la *direccion*, que es la recta que el móvil tiende á recorrer. Esta direccion es siempre recta, pues que no se concibe que un cuerpo pueda, por sí mismo, desviarse de la prolongacion del elemento lineal, infinitamente pequeño, que comienza á

recorrer desde el momento de la deflagracion de la carga; pero hay dos elementos que se oponen á esa recta, una vez el móvil en el espacio: la resistencia de las moléculas de aire y el peso del proyectil.

La velocidad de la bala puede descomponerse en otras dos, obrando en ángulos rectos entre ellas mismas, es decir: la velocidad horizontal, producida por la fuerza de proyeccion, y la velocidad vertical que determina la accion de la pesantez, (figura 3, lámina 1. 2).

La mas grande elevacion que alcanza el proyectil, considerada en el momento en que la velocidad vertical se destruye completamente por la accion de la pesantez, es la flecha *máxima* de la trayectoria, altura del disparo ú ordenadas, comprendiendo los espacios peligrosos, por ejemplo: 1<sup>m</sup>70 para un frente de infantería y 2<sup>m</sup>40 para uno de caballería (figura 4, lámina 1, 2).

Como la velocidad horizontal existe siempre hasta el fin del movimiento, la gravedad se combina de nuevo con ella representando una fuerza aceleradora, que hace recorrer al móvil una trayectoria simétrica á la primera, respecto de la bala *esférica*; pero la velocidad vertical vuelve á ser lo que era en el momento de su partida. Cuando el proyectil ha recorrido estas dos líneas, ha llegado ya al término de la amplitud del disparo.

La propiedad de la línea que forma la trayectoria de una bala esférica, pertenece, segun los principios conocidos, á una curva denominada *parábola*.

La *fuerza de proyeccion*, la *forma del móvil* y la *resistencia del aire, segun su densidad*, modifican esta línea parabólica. Es evidente que respecto de un mismo proyectil disparado con igual velocidad inicial, el alcance depende de la inclinacion del arma.

El ángulo que forma el arma con el horizonte, se llama de proyeccion; conociendo todos los ángulos de

proyeccion necesarios, para alcanzar con una arma dada los objetos cuya distancia y altura no se ignoren, se tendrán exactamente las reglas de tiro de dicha arma.

El problema mas importante de la teoría del tiro consiste en determinar el indispensable ángulo de proyeccion, para alcanzar un objeto á una distancia y altura dadas. Esta determinacion del ángulo de proyeccion necesaria puede efectuarse de dos maneras, sea por procedimientos teóricos ó experimentales. Examinemos las faces de esos dos estudios, de las cuales la última es la verdadera.

La resistencia del aire contra un proyectil depende de tres elementos, á saber :

1°.—De la densidad del aire.—Miéntas mayor sea esta, mas difícil será vencer la resistencia.

2°.—De la superficie ó de la forma anterior de la bala.—Cuanto mas tendida sea la parte anterior del proyectil, mas se dejará sentir la resistencia del aire.

3°.—La resistencia del aire aumenta con la velocidad del proyectil, poco mas ó ménos proporcionalmente al cuadrado de la misma.—Miéntas mas grande sea la velocidad del proyectil, mayor será la resistencia que oponga cada molécula de aire que sienta el choque. A medida que esa velocidad aumenta, mas son las moléculas con que choca el proyectil al mismo tiempo. La velocidad del proyectil entra, pues, dos veces como factor. Este razonamiento se desaparece de varias circunstancias fenomenales, y la experiencia prueba que, respecto de las grandes velocidades, la resistencia del aire aumenta aun mas que la misma velocidad.

Eso proviene de causas múltiples de las cuales hé aquí las principales.

1°. Cuando la velocidad es excesiva, es mas difícil que se interpongan las moléculas de aire.

2°. La accion del aire tras del proyectil disminuye en proporcion del aumento de la velocidad.

El efecto producido por la resistencia depende principalmente de la masa del proyectil, que inversamente es proporcional. Para dar una idea de cuanto importa tomar en cuenta la resistencia del aire, nos limitaremos á hacer observar, que la bala de fusil, lanzada bajo un ángulo de proporcion de  $4^{\circ}30'$ , produce un alcance de cerca de 600 metros, miéntas que en las mismas circunstancias y en el vacío el alcance calculado sería de 3674 metros.

Acabamos de ver que dos fuerzas obran al mismo tiempo durante el curso aéreo del móvil, es decir: la velocidad se descompone en otras dos, que funcionan siguiendo dos perpendiculares, la una que forma la fuerza horizontal, y vertical la otra. Esto podría hacer creer que las moléculas del aire no se interponen á lo largo de la tangente de la ogiva, pareciendo mas bien que recorren este trayecto, á ángulos rectos, *infinitamente pequeños*.

A primera vista eso se juzgaría inverosímil; sin embargo, una série de experiencias en una arca de agua clara y límpida, ha mostrado el verdadero curso de la bala.

Antes de abordar esta tésis, que examinaremos bajo todas sus faces, diremos de qué modo la atencion de un experimentado tirador se sintió atraída hácia el efecto de este tiro, que por un *momento* le hizo suponer que la bala oblonga no describe en lo absoluto una parábola, sino que alcanza la amplitud del disparo por medio de ángulos rectos *infinitamente pequeños*, no pudiendo vencer por una parte el vehículo del aire que le precede, y encontrándose por la otra impulsada hácia abajo por la atraccion terrestre.

Supongamos un cañon de cristal del tamaño de 1<sup>m</sup> á 2<sup>m</sup>, lleno de agua clara; que se deje caer libremente en él un proyectil desde una elevacion de dos metros, y se verá: que una gran cantidad de agua le precede, la cual penetra tambien en el flúido, y que ántes de llegar al fondo se desprende y sube á la superficie una burbuja, fácil de observarse, poniendo á tiempo, cerca de la superficie del líquido, la palma de la mano, que sentirá indudablemente la percusion del aire cuya densidad es de  $\frac{1}{770}$  de la del agua.

Un cuerpo, cualquiera que sea, hallándose en estado de reposo, para ponerse en movimiento no necesita solamente de una fuerza única, á fin de recorrer una distancia dada, sino además de una *fuerza inicial* ó fuerza necesaria para vencer la inercia.

Adquirido el primer movimiento, solo se trata de dar al móvil una direccion, que en este caso será la fuerza de proyeccion; en seguida viene la ley de la pesantez, que obra en razon inversa del cuadrado de la distancia.

Un móvil lanzado en el vacío, en virtud de la atraccion terrestre tendría necesariamente que converger hácia el centro de la tierra, ¿pero cuál sería la línea que recorrería? ¿sería recta ó parabólica? Si un cuerpo parte de un punto para dirigirse hácia otro, no hallándose influido sino por una sola fuerza, que es la de la pesantez, ese cuerpo, en estado de reposo, caería en la línea vertical, que forma uno de los rayos del círculo de la circunferencia; pero el móvil se mueve en virtud de su fuerza de proyeccion, avanzándose en la horizontal, y la atraccion que sufre es de todos los instantes. Este móvil debería, pues, tender á acercarse á tierra y obrar en una perpendicular.

Si súbitamente pudiera detenerse ese cuerpo en su carrera, como su proyeccion se efectúa en una superficie

plana, en virtud del principio de que el ángulo de incidencia es igual al de reflexion, la caída sería vertical; pero como la fuerza de proyeccion continúa, ¿sería verdad que atraída por la sola fuerza de la pesantez, debería tender á aproximarse siempre á los ángulos rectos, *infinitamente pequeños*, hasta llegar á toda la amplitud del disparo?

Cuando se lanza un cuerpo con una gran velocidad, *concentra* una columna de aire eminentemente elástica en relacion con su volúmen. Por consecuencia, admitiendo esta teoría, el proyectil no podría deslizarse en las moléculas de aire, y estas tampoco podrían desprenderse á lo largo de la extension de la bala.

Representemos esta concentracion por la fuerza B. Si A figura como la fuerza de proyeccion, tendremos dos fuerzas opuestas entre sí, tendiendo á equilibrarse; pero siendo A mayor que B, el móvil debería continuar en el sentido de la proyeccion; sin embargo, si llegara el momento en que la resistencia B, sin ser igual á la fuerza A, impusiera al móvil un desvío de direccion, ¿cuál sería este?

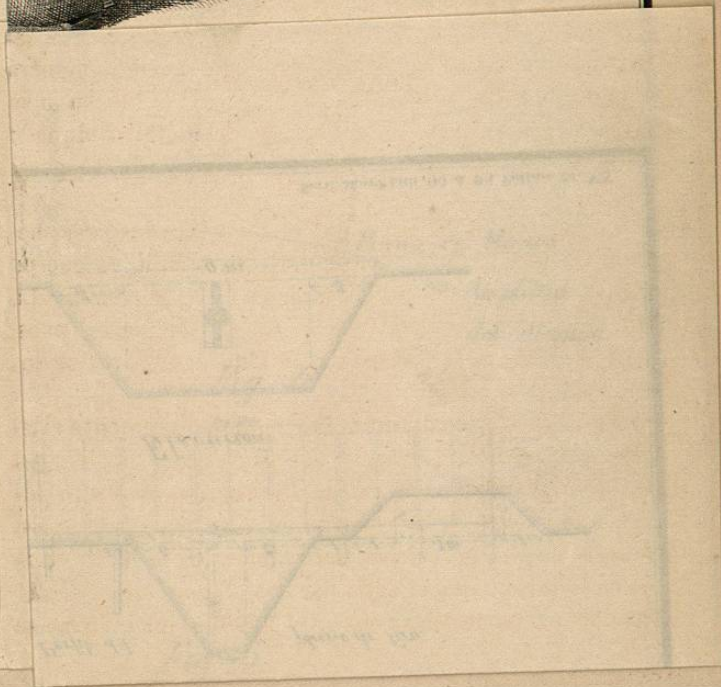
Como lo hemos visto anteriormente, el cuerpo proyectado debe tender á formar un ángulo recto; este desvío lo experimentaría tambien el móvil, en el caso dado, y hé aquí por qué: el cuerpo lanzado en la línea de proyeccion, llega á un punto en donde la concentracion del aire es tal, que sufre una detencion (infinitamente pequeña) y luego cede por razon de la intensidad de la fuerza procedente de la resistencia del aire. Si ahora añadimos una tercera parte á las dos primeras, segun la ley de la pesantez, tendremos por su expresion dos fuerzas multiplicadas; pero como la una es mas pequeña que la otra, es evidente que el móvil, sin dejar de desviarse, continúa no obstante su carrera; y como la fuerza de

proyeccion disminuye en la misma proporcion, la resistencia del aire y la pesantez tienden mas y mas á equilibrarse y, por consecuencia, á hacer descender el móvil. Y precisamente este desvío constante, que hemos procurado demostrar, como debiendo formarse en *ángulos rectos infinitamente pequeños* y describir el curso aéreo en *zigzag*, es el que se hizo constar en el curso de las experiencias del tiro en el agua, las cuales mostraron que las balas concentraban un gran volúmen de aire, provocando grandes burbujas que saltaban á la superficie del líquido, y que los proyectiles formaban varios ángulos rectos ántes de alcanzar la amplitud del tiro.

Establecida esta teoría, veamos hasta qué punto puede aproximarse á los fenómenos del curso del proyectil en el aire. Acabamos de comprobar que la densidad del aire es de  $\frac{1}{770}$  de la del agua. Por consiguiente, sería difícil admitir una cierta analogía entre la manera como obra un proyectil en el agua y la de su operacion en el trayecto aéreo, no siendo idéntico el modo como se separan las moléculas líquidas al de los gases flúidos en el aire.

La resistencia del agua, con relacion á la del aire, puede en cierto modo considerarse, como la de un cuerpo sólido capaz de desviar bruscamente el proyectil. La diferencia de ambas resistencias puede calcularse, pues, en relacion con la diferencia de densidad entre los dos flúidos.

En cuanto á la columna de aire, eminentemente elástica, que se forma delante del proyectil y lo obliga á evitar el obstáculo á causa de los ángulos rectos infinitamente pequeños, el razonamiento es poco admisible, porque el aire se escurre lateralmente á lo largo de la bala, lo mismo que el agua por los flancos de la delantera de un navío; mas claro: el flúido se *separa* y no se



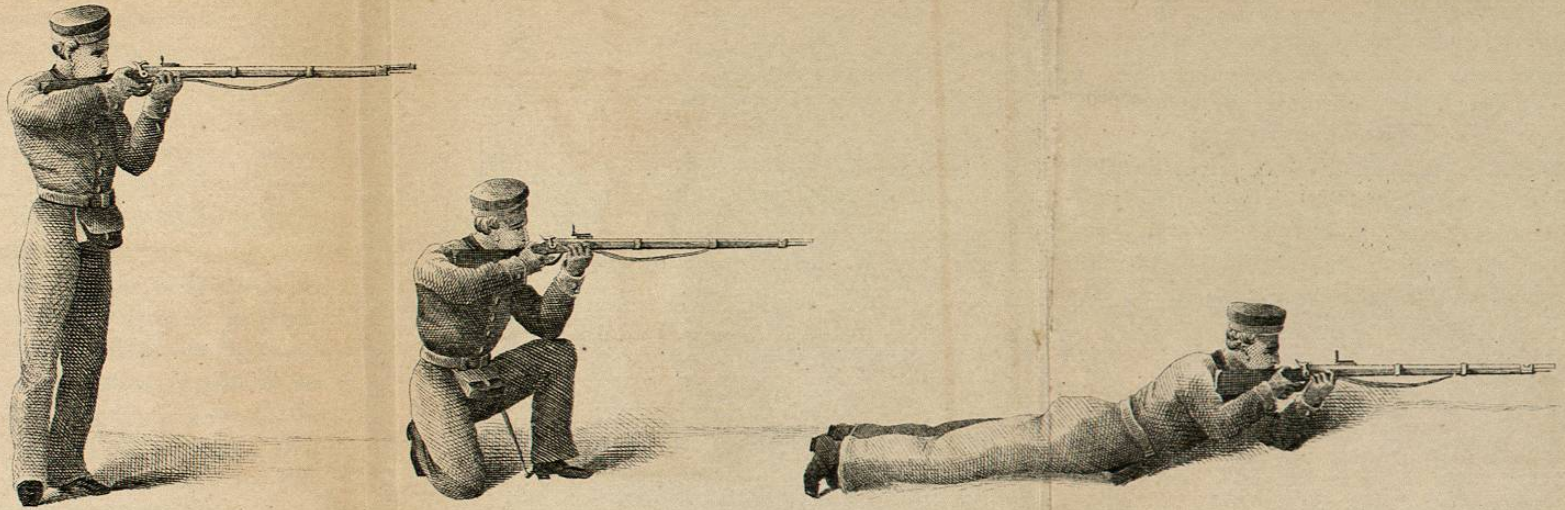


Fig. 1.

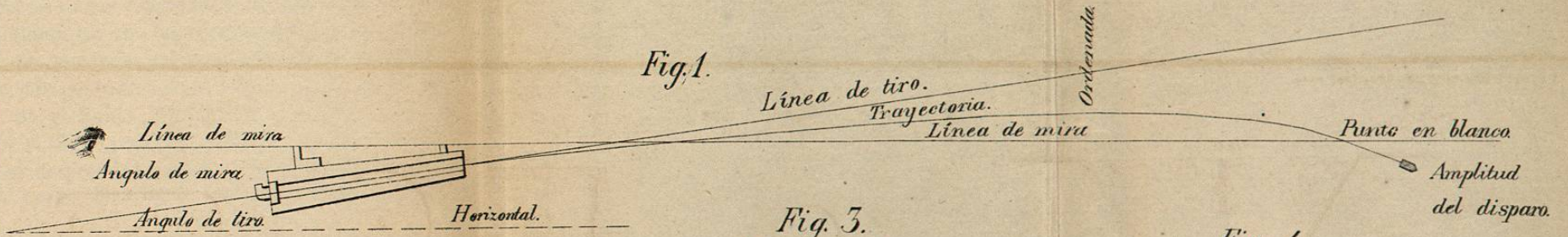


Fig. 2.

paso de 0<sup>m</sup>66.

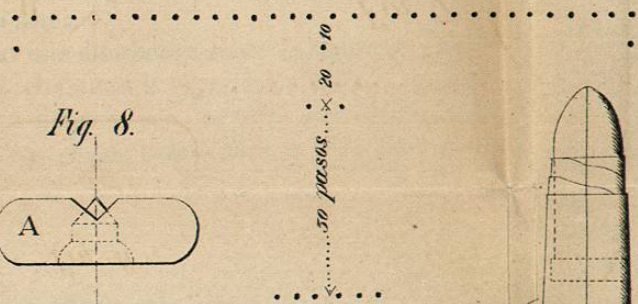


Fig. 8.

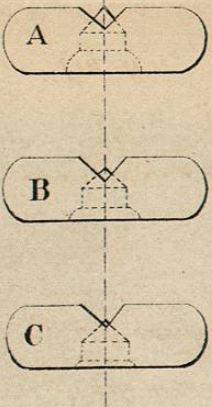


Fig. 7.

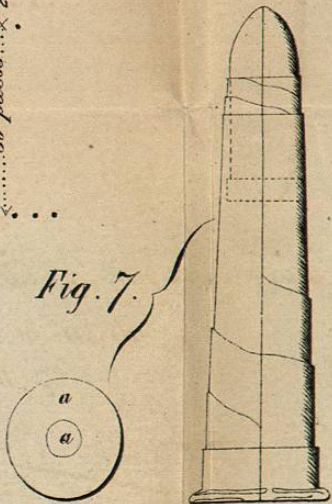


Fig. 3.

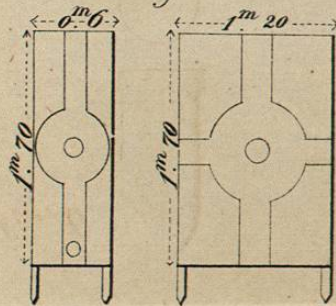


Fig. 6.



Fig. 4.

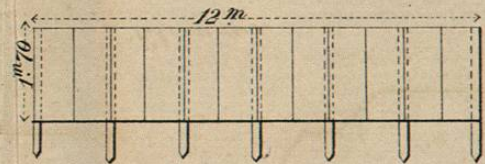


Fig. 5.

