MANUAL
DEL INSTRUCTOR DE TIRO.

PRIMERA PARTE.

Nociones teóricas elementales.

CAPÍTULO I.

PRINCIPIOS GENERALES DEL TIRO.

Primeras definiciones.—La línea recta que prolongaría la direccion primera seguida por un proyectil, se llama *línea de tiro.* Cuando se hace uso de un fusil, esta línea se confunde con el eje del cañon.

El plano vertical que contiene la línea de tiro, se llama *plano de tiro.*

La inclinacion de la línea de tiro sobre el horizonte, se llama *ángulo de tiro.*

Se llama *trayectoria* la línea descrita por el proyectil.

El *alcance* es la distancia que hay del punto de partida al de caída.

Las causas que hacen infinita la variacion en la forma y dimensiones de las curvas descritas por los proyectiles, pueden reducirse á tres:

La fuerza de proyeccion,
La gravedad,
La resistencia del aire.

El conocimiento de los efectos combinados de estas tres fuerzas, necesita un estudio preliminar de cada una de ellas en particular.

Fuerza de proyeccion.

La explosion de la pólvora produce una fuerza que empuja el proyectil fuera del cañon, con una velocidad que puede pasar de 450 metros por segundo. Si el proyectil no obedeciese más que á esta primera impulsion, continuaría su trayecto en línea recta, en la direccion que le ha sido imprimida, con una velocidad uniforme, es decir, invariable. Pero desde que ha salido del cañon, está sometido ademas á la doble accion de la gravedad y de la resistencia del aire.

Gravedad.

La gravedad es la fuerza que hace que todos los cuerpos libres caigan en la superficie de la tierra.

Las relaciones entre los espacios recorridos por un cuerpo que cae libremente por efecto de la gravedad obrando sola, y los tiempos empleados en recorrerlos, han sido determinados con una gran precision, y están indicados en la tabla adjunta:

TABLA NÚM. 1.

Duraciones de la caida.	Espacios recorridos.	Velocidades adquiridas.
$0^{s}.2$	$0^{m}.196$	$1^{m}.962$
0. 4	0. 785	3. 923
0. 6	1. 765	5. 885
0. 8	3. 138	7. 847
1	4. 904	9. 809
2	19. 617	19. 618
3	44. 139	29. 426
4	78. 470	39. 235

Estas cantidades se han determinado haciendo abstraccion de la resistencia que el aire opone al cuerpo durante su caida. Aunque esta resistencia disminuye la velocidad, y aumenta en consecuencia la duracion del trayecto, se puede admitir, sin error sensible, que los números precedentes son aplicables á la caida de una bala de plomo en el aire, durante un espacio de tiempo que no exceda de tres segundos.

Á la simple vista de la tabla, se ve que la velocidad de la caida se acelera considerablemente, es decir, que el cuerpo cae más veloz durante el 2° segundo, que durante el 1°, más áun durante el 3° que el 2°, y así en seguida. Se ha observado que miéntras más alto está el lugar de partida de un cuerpo que cae, mayor es la velocidad de llegada; pero, ántes que todo, es preciso comprender qué es velocidad en un movimiento en el cual esto varía continuamente.

El movimiento de caida de un cuerpo, tiene cierta analogía con el movimiento de un tren que se pone en marcha; en virtud de la accion continua de la locomotiva, la velocidad se acelera á cada instante, y cuando en tal movimiento se dice: *Marchamos en este momento con una velocidad de 4, 8, 12 kilómetros por hora*, se indica que el tren recorría 4, 8, 12 kilómetros por hora, si el movimiento se continúa sin alteracion durante una hora, tal como es en el instante que se precisa.

Su gravedad desempeña un papel análogo al de la locomotiva; determina la caida de todo cuerpo libre, y continúa atrayéndole durante todo el tiempo de su caida, acelerando su velocidad. Así, cuando se da el valor de esta velocidad en un momento cualquiera, despues de dos segundos, por ejemplo, el número $19^{m}618$, quiere decir que el cuerpo recorría $19^{m}618$ en el tercer segundo, si durante este tiempo la velocidad se mantuviese sin alteracion, tal cual es al fin del 2.°

Movimiento ascensional de un cuerpo pesado.—Cuando un cuerpo se lanza verticalmente de abajo hacia arriba, sube con una velocidad que decrece á cada instante y que concluye por perderse completamente al cabo de un tiempo más ó ménos

corto; permaneciendo el cuerpo un instante inmóvil, vuelve á caer con una velocidad siempre creciente, segun la vertical que al principio ha recorrido con una velocidad decreciente. La disminucion de la velocidad en el primer caso, y la aceleracion en el segundo son debidas á una sola y misma causa: *la gravedad.*

Haciendo abstraccion de la resistencia del aire, el movimiento de la caida de un cuerpo pesado, es exactamente la inversa de su movimiento ascensional. El móvil tarda en descender el mismo tiempo que en subir, teniendo en el momento de la caida la misma velocidad que al principio de su movimiento ascensional.

Cambiando, pues, los encabezados de la tabla precedente los mismos números toman la significacion siguiente:

Velocidades ascensionales de partida.	Duraciones de la ascension.	Alturas de tiro correspondientes.
$1^{m}962$	$0^{s}2$	$0^{m}196$
3. 923	0. 4	0. 785
5. 858	0. 6	1. 765
7. 847	0. 8	3. 138
9. 809	1	4. 904
19. 618	2	19. 617
29. 426	3	44. 139
39. 235	4	78. 470

Efectos combinados de la gravedad y de la fuerza de proyeccion.

Despues de haber estudiado separadamente los efectos que producen la fuerza de proyeccion y la gravedad, será preciso darse cuenta del movimiento de un cuerpo sometido simultáneamente á estas dos fuerzas. Un cuerpo no puede tener en un momento dado mas que una sola direccion y una sola velocidad de traslacion. Pero esta velocidad y esta direccion, pueden ser el resultado de dos movimientos bien distintos. Un ejemplo bastará para darse cuenta de esta proposicion evidente.

Supongamos que se suelte un globo estando el aire en completa calma; el globo subirá verticalmente.

Supongamos, en segundo lugar, que sopla el viento durante la ascension; desde que se haya puesto en libertad el globo, estará sometido á la accion de dos fuerzas distintas. La primera tenderá á hacerle subir verticalmente, la segunda tenderá á llevarlo en la direccion del viento.

Se sabe que en estas condiciones, el globo sube segun una línea más ó ménos inclinada en el sentido del viento; obedece al mismo tiempo á dos fuerzas que lo solicitan simultáneamente, y cada una de estas dos fuerzas produce su efecto independientemente de la otra; es decir, que la ascension tiene lugar como si el viento no soplara, y que el globo es llevado en la direccion del viento como si no subiese.

Apliquemos esta observacion al movimiento de un proyectil lanzado, por ejemplo, segun la línea de tiro O T, bajo el ángulo de tiro T O H, con una velocidad de 500 metros por segundo. (*Fig. 1ª*).

Á su salida del cañon, libre la bala, está sometida á la accion de la gravedad que tiende á llevarla hacia la tierra. Obedeciendo la bala á esta fuerza, se aleja más y más de la línea de tiro, y acaba por caer en el suelo más ó ménos léjos del punto de partida.

Obrando la gravedad durante este movimiento, como si estuviese sola, los descensos del proyectil, abajo de la línea de tiro, son de: $4^{m}90$ al cabo del 1er segundo, (*Tabla núm. 1*), $19^{m}61$ al cabo del 2º segundo, y así en seguida.

Será, pues, fácil trazar teóricamente, por medio de estos descensos, una trayectoria referida á la línea de tiro. Pero este estudio no tiene ninguna aplicacion práctica. Lo que importa conocer es lo que se busca en las experiencias, esto es, las elevaciones de la trayectoria sobre el suelo, supuesto horizontal, ó más sencillamente, sobre la línea recta que une el punto de partida con el punto de llegada del proyectil.

La trayectoria está enteramente abajo de la línea de tiro,

(véase la fig. 1ª); luego para tocar un objeto con un proyectil, será preciso que la línea de tiro sea dirigida arriba del objeto por tocar, cualquiera que sea la distancia.

La direccion que es preciso dar á la línea de tiro, tiene por resultado imprimir al proyectil un movimiento ascensional, con relacion á la horizontal O H. El proyectil sube pues hasta cierta altura, en virtud de la *velocidad ascensional* que le ha sido comunicada, y cae en seguida por efecto de la gravedad.

Durante el tiempo del ascenso y descenso, es llevado horizontalmente en el plano de tiro, y cae más ó ménos léjos del punto de partida. La línea descrita por el proyectil, es pues el resultado de dos movimientos distintos, uno se produce en el sentido vertical, y otro en el que nosotros supondremos horizontal. La velocidad de este último movimiento, se llama *velocidad de traslacion.*

Para hacer llegar un proyectil sobre un punto dado, el problema por resolver consiste en combinar estos dos movimientos, de manera que la caida del móvil se termine sobre el objeto por tocar.

Supongamos que este objeto P esté á 1,000 metros, y que se pueda imprimir al proyectil una velocidad de traslacion de 500 metros por segundo, se nota desde luego:

1° Que el trayecto debe hacerse en dos segundos.

2° Que no se debe lanzar el proyectil en la direccion O P; (*Fig.* 2ª) porque, en este caso, sería atraido por la gravedad, abajo del objeto indicado.

Será preciso lanzar el proyectil arriba de la línea O P, segun una direccion O T tal, que el proyectil suba hasta media distancia del objeto, para caer sobre el punto por alcanzar, por el movimiento inverso. En nuestro caso, la ascension debe durar un segundo, y la caida otro.

La tabla núm. 2 indica que la velocidad ascensional vertical que se ha de dar al proyectil, debe ser de $9^{m}809$, y que la altura del tiro debe ser de $4^{m}90$. Esta es la mayor elevacion de la curva arriba de la línea O P, ó la *flecha de la trayectoria*

que corresponde al medio del alcance, ó sea 500 para el caso que nos ocupa.

Fácil es determinar muchos puntos de la rama descendente H P. Notemos, en efecto, que cada distancia de 100 metros es recorrida en dos décimos de segundo; por otra parte, la tabla núm. 1 da los espacios recorridos en virtud de la gravedad, durante este espacio de tiempo. Así, pues, cuando el proyectil haya alcanzado la vertical 600, estará abajo de la horizontal H L una cantidad de $0^{m}196$, y por consiguiente, arriba de la línea O P una cantidad igual á $4^{m}940 - 0^{m}196 = 4^{m}708$.

Del mismo modo las elevaciones de la trayectoria correspondientes á las verticales 700, 800 y 900, son dadas por las diferencias siguientes:

Elevacion á	700^{m}	$4^{m}904 - 0^{m}785 = 4^{m}119$
„	800	4. 904 — 1. 765 = 3. 139
„	900	4. 904 — 3. 138 = 1. 766

Siendo el movimiento ascensional exactamente inverso al descensional, la elevacion á 400 metros, es exactamente la misma que á 600; y en todos casos las elevaciones tomadas de uno y otro lado de la flecha á igual distancia de ella, son iguales entre sí.

Si entónces se hace girar la segunda parte de la figura al derredor de la vertical 500 para rebatirla sobre la primera,

El punto	600	vendrá	á	colocarse	sobre	el	400,
„	700	„	„	„	„	„	300.
„	800	„	„	„	„	„	200.
„	900	„	„	„	„	„	100.
„	1000	„	„	„	„	„	0.

Las dos ramas de la trayectoria son, pues, simétricas, y el *ángulo de caida* es igual al *ángulo de tiro* ó de partida.