Puede suceder que la distancia entre los dos límites sea muy considerable, en cuyo caso es preferible calcular los valores del producto P x de 100 en 100^m y cuando se obtengan tres que satisfagan á la condicion indicada, se buscarán los correspondientes á las distancias intermedias hasta obtener la mas eficaz.

Si por el contrario ambos límites estuvieran muy próximos, puede tomarse desde luego la media diferencial y en el caso de confundirse, la posicion de la batería mas conveniente estará en el círculo trazado.

Por último, si por las condiciones especiales impuestas, resulta menor el límite superior que el inferior, esto indicaria la imposibilidad de abrir la brecha cumpliendo con las expresadas condiciones.

Si el terreno es accidentado, no podemos ya decir que la fuerza viva de llegada es proporcional á la distancia, por cuanto varía no solamente con esta, sino tambien con el ángulo de caida, que á su vez dependerá de la altura de la pieza con respecto á la cresta de la masa cubriente.

En este caso debe empezarse por examinar, si en direccion de la normal al muro, en el punto medio de la brecha, ó en su proximidad, existe alguno desde el cual pueda batirse con tiro directo, procurando fijarse con preferencia en los puntos que en dicha proximidad á la normal estén en el círculo de la distancia mas favorable, calculándose el rádio de este en el supuesto de ser horizontal el terreno.

Veamos por lo tanto que condiciones ha de cumplir uno cualquiera de estos puntos para poder tirar desde él con la carga ordinaria y para ello sea (fig. 86) h' su cota, y D la distancia horizontal que le separa de la masa cubriente, con cuyos valores el de la tangente del ángulo Σ será

$$\text{tang}\,\Sigma = \frac{h'}{D}$$

y si suponemos que la elevacion no sea escesiva, podremos tomar el arco por su tangente, siendo asi

$$\Sigma = \frac{h'}{D}$$

Llamando ω al ángulo de caida de las tablas para la distancia dada, debe verificarse para poder salvar la cresta

$$\theta \overline{\overline{<}} \omega + \Sigma$$

El valor de ω debe ser el correspondiente á las tablas de tiro directo.

Pueden presentarse tres clases de cuestiones.

1.ª *Dado un punto determinado, reconocer si desde él puede hacerse un tiro directo:* bastará para ello emplear el método anteriormente citado.

2.ª *Dada una distancia, determinar la cota de los puntos que permitan emplear el tiro directo*; en este caso se conoce ω por las tablas de tiro, debiendo verificarse

$$\Sigma \overline{\overline{>}} \theta - \omega$$

y conociendo el mínimo valor de Σ, puede determinar el límite menor de h', por la relacion

$$\Sigma = \frac{h'}{D}$$

3.ª *Dada la cota de una meseta horizontal elevada, determinar en ella la distancia á que debe colocarse la batería:* su resolucion es igual que la del caso anterior, determinándose D en funcion de h'.

Si ninguno de los puntos próximos á la normal cumpliese con la condicion indicada, se procede á examinar lo demas del terreno peligroso; pero como quiera que al separarse de aquella direccion, los tiros serán cada vez mas oblícuos con respecto al muro, se hace preciso que las elevaciones vayan aumentando, para compensar de este modo con la disminucion del ángulo de caida, la pérdida de velocidad consiguiente á la oblicuidad. Dividiendo el sector en seis partes, se procurará obtener puntos convenientes en las dos centrales, de

no haberlos en ellas se buscarán en las adyacentes y solo en último caso se recurrirá á las extremas.

Con objeto de que la direccion del tiro se acerque lo mas posible á la normal al muro, cuando sea preciso separarse de esta direccion, se procurará hacerlo hacia el mismo lado que derive la pieza.

Por último, si la masa cubriente no es paralela al muro, convendrá desviarse hacia el lado en que aquella se separa mas de él con objeto de poder obtener con tiro directo el efecto deseado.

Si no existen puntos elevados, que además de las ventajas dichas, tienen la de facilitar la observacion de los disparos desde la misma batería; se elegirá una posicion conveniente á la distancia mas favorable, recurriendo á las tablas del tiro de sumersion.

Además de las anteriores consideraciones, es preciso tener en cuenta la facilidad de construccion de la batería, municiones, proteccion, comunicaciones etc., circunstancias todas que limitan mucho la eleccion de la posicion mas conveniente.

188. *Número de proyectiles necesarios para abrir la brecha.*—Si lo representamos por x y por m y u respectivamente la masa de uno y la velocidad de llegada, y por P la probabilidad del tiro á la distancia ya conocida, con la carga y ángulo determinados; la fuerza viva total será,

$$P x m u^2$$

y representando por T, el trabajo necesario por unidad de superficie para destruir la mamposteria, debe verificarse

$$P x m u^2 = 2 T b h$$

de donde

$$x = \frac{2 T b h}{P x m u^2} \qquad (8)$$

valor en el cual T debe determinarse por experiencias directas en distintas clases de muros: $m u^2$ ó sea la fuerza viva de llegada, es dato que contienen las tablas de tiro.

Claro es que este valor no puede ser mas que aproximado

y su determinacion es conveniente para el primer aprovisionamiento, siendo preciso en general aumentarle, por los tiros de ensayo y los necesarios para hacer caer las tierras, destruir las bóvedas etc.

189. *Eleccion de la trayectoria media.*—Como consecuencia de la dispersion de los disparos se deduce; que si se eligiera como trayectoria media el punto mas bajo de la brecha, la mitad de los proyectiles quedarían detenidos por la masa cubriente, no llegando por lo tanto al muro; es preciso pues, elegir otro punto que permita aprovechar el mayor número posible, debiendo estar la parte que se bate comprendida precisamente, dentro de la zona en que los disparos estén más concentrados. Por regla general, los tiros deben agruparse hacia la mitad de la altura que se bate; es decir, que si el límite inferior de la brecha está á $^1/_3$ del pié del muro, la agrupacion deberá hacerse á los $^2/_3$ de la altura, ó sea, á $^1/_3$ contado desde la parte superior: este mismo punto puede elegirse, cuando el límite inferior de la brecha esté á la mitad de la altura. En el caso de batirse fortificaciones modernas, que como ya digimos tienen desenfiladas sus escarpas en $^1/_3$ ó $^1/_5$ de su altura, conviene que la trayectoria media pase por la cresta del glacis, pues si bien es cierto que así, la mitad de los disparos quedarán interceptados por este, no por eso son perdidos, porque destruyendo dicha cresta, se abrirá paso á los proyectiles, para que puedan batir la escarpa en puntos mas bajos que al empezar el fuego.

Si el punto mas bajo de la brecha diera para el ángulo de caida un valor excesivo, tanto el efecto útil de los proyectiles como la certeza de los disparos disminuyen mucho y convendrá entonces elevarle dos metros, calculando para este nuevo punto los elementos del tiro, y bajar sucesivamente la trayectoria hasta llegar al punto verdadero, en cuyo caso será yá mas fácil la abertura de la brecha, por el quebrantamiento producido por los anteriores disparos.

Cuando la línea que une la cresta del glacis (fig. 87) con el punto *a*, corte á la contraescarpa, si la parte interceptada de

esta es pequeña y puede ser fácilmente destruida, es inútil modificar los elementos de tiro calculados; pero si por ser grande, no debe esperarse su destruccion, se elegirá otro punto c' mas elevado que la cresta, escogido de tal modo que la recta que lo una con a intercepte de la contraescarpa una parte que pueda ser fácilmente destruida, calculándose la trayectoria, en el supuesto de ser c' la cresta de la masa cubriente.

Calculada de este modo, pasará por el punto c' y por el a de la brecha. Si suponemos sea a' el elegido para la trayectoria media, trazando por él una paralela á la tangente en c' á la antes calculada, el verdadero punto de caida para obtener el efecto deseado será c_1 y representando por K la diferencia de cota de este punto con relacion al anterior, es preciso determinar el aumento que debe experimentar el ángulo de tiro para que la trayectoria media pase por c_1 y a'. Admitiendo que al elevarse el punto de caida, la trayectoria gira sin cambiar de forma, este ángulo Σ' será el formado por las rectas que unen la boca de la pieza con los puntos c' y c_1 y atendiendo á su pequeñez, puede considerarse como la longitud del arco descrito desde el vértice del ángulo con el rádio D, (distancia de la pieza al punto c) por lo que se tiene

$$\Sigma' = \frac{360}{2\pi} \times \frac{K}{D} = 57 \frac{K}{D} \text{ grados}$$

ó bien representando Σ' minutos

$$\Sigma' = 3420 \frac{K}{D} \qquad (9)$$

190. *Rectificacion del tiro.*—La rectificacion del tiro en el de brecha, lo mismo que en el de campaña, se funda en el conocimiento del número de disparos cortos que deben obtenerse cuando el tiro esté arreglado, cuyo número se deduce del tanto por ciento que deben dar en el muro. Supongamos (fig. 88) que sea a el punto mas bajo de la brecha, calculado segun los principios anteriormente expuestos y a' aquel por

donde debe pasar la trayectoria media; si representamos por h_1 la altura aa', se deduce de la tabla de factores de probabilidad, que en el trozo de escarpa aa' darán, en un tiro arreglado,

$$\frac{1}{2} P \left(\frac{h_1}{r_a}\right)$$

y por lo tanto el número de los cortos será

$$50 - \frac{1}{2} P \left(\frac{h_1}{r_a}\right) \qquad (10)$$

Conocido este dato, se procederá como en el tiro de campaña á efectuar un disparo con el alza calculada y si queda corto, se aumenta el alza progresivamente, hasta obtener un disparo largo, desde cuyo momento tomando la media de las dos últimas empleadas, se continúa estrechando el límite, hasta obtener dos disparos que comprendiendo al objeto no se diferencien sus alzas más, que en el correspondiente á una variacion en el alcance, igual al doble del desvío probable.

Conseguido que esto sea, se hará un grupo de disparos y del número de los cortos que se hayan obtenido, deduciremos el tanto por ciento C′ que corresponde y de aquí la correccion que es preciso efectuar.

Sea C el tanto por ciento deseable dado por la fórmula (10) y C′ el obtenido en el grupo de disparos; puede suceder que C′ sea menor ó mayor que 50 y en cada uno de estos casos que C′ sea mayor ó menor que C.

191. 1.er *Caso* $C' < 50$.—Siendo (fig. 89) O A el objeto y M N la trayectoria media deseable; si suponemos $C' > C$, la trayectoria media obtenida ocupará una posicion tal como la M′ N′, en que el punto N′ estará mas próximo al objeto que el N, y como $C' < 50$ el citado punto N′ no podrá estar delante del objeto, ocupando por consiguiente, una posicion entre O y N.

El alcance N N′ que es preciso corregir, representándolo por x tiene por valor

$$x = ON - ON'$$

Pero en la zona doble de O N caen $(100-2C)$ proyectiles y en la doble de O N′, $(100-2C')$, por lo que, de la tabla de factores de probabilidad se deduce

$$ON=r_a f(100-2C) \text{ y } ON'=r_a f(100-2C')$$

y por consiguiente

$$x=r_a \{f(100-2C)-f(100-2C')\} \qquad (11)$$

Si fuese $C'<C$, la trayectoria media pasaria por N″ resultando para x el mismo valor con signo contrario.

192. 2.° *Caso* $C'>50$.—Razonando de una manera análoga se tendria,

$$x=r_a \{f(100-2C)+f(2C'-100)\} \qquad (12)$$

Con objeto de facilitar en la práctica el empleo de estas fórmulas, se puede construir una tabla en la que para cada valor de C se exprese, sobre un determinado grupo de disparos, entre que límites debe hallarse C′ para efectuar una correccion constante.

Segun se ha dicho al tratar del tiro de campaña, debiendo corregirse los errores sobre un grupo de disparos en una magnitud igual á la media diferencial, puede calcularse el máximo error por la fórmula

$$\delta=\frac{4r}{\sqrt{n}}$$

en la que resulta para los valores de $n=10$ y $n=20$, respectivamente

$$\delta=r \quad \text{y} \quad \delta=\frac{1}{2}r$$

lo que nos dice que en un grupo de 10 disparos debe hacerse, cuando se necesite, una correccion igual al desvío probable en alcance, y á la mitad de este valor cuando sean 20 los tiros, pudiéndose del mismo modo calcular la magnitud de las correcciones para cualquier grupo.

Si en las fórmulas (11) y (12) se dan valores á C, podremos deducir para cada uno, los que debe tener C′ para que en el

grupo de 10 disparos deba ó no corregirse el tiro en un desvío probable, así por ejemplo; si C=50, haremos además $x=r$, y se tendrá de la fórmula (11)

$$1=f(100-2C')$$

y la tabla de factores dará

$$100-2C'=50$$

de donde

$$C'=25$$

y como creciendo C' disminuye x, resulta que este valor es un límite máximo; por lo que en el supuesto de haber hecho los 10 disparos deberá corregirse un desvío probable si hay dos ó menos cortos.

De la fórmula (12) se deduce

$$1=f(2C'-100)$$

y por lo tanto

$$C'=62,5$$

y como á medida que C' crece aumenta x, resulta que en el caso de 10 tiros se corregirá un desvío probable si se obtienen 7 ó más tiros cortos. De esta manera se ha construido la tabla siguiente:

Tiro arreglado. Disparos cortos p°/₀.	Se hace la correccion de un desvío probable, si de 10 disparos se observan cortos.		Se hace la correccion de medio desvío probable, si de 20 disparos se observan cortos.	
50	2 ó menos	7 ó mas	7 ó menos	13 ó mas
45	2 ó menos	6 ó mas	6 ó menos	11 ó mas
40	2 ó menos	6 ó mas	6 ó menos	10 ó mas
35	1 ó menos	6 ó mas	5 ó menos	10 ó mas
30	1 ó menos	5 ó mas	4 ó menos	9 ó mas
25	1 ó menos	5 ó mas	3 ó menos	7 ó mas
20	ninguno	4 ó mas	2 ó menos	6 ó mas
15	ninguno	4 ó mas	1 ó menos	5 ó mas
10	ninguno	3 ó mas	1 ó menos	3 ó mas
5	ninguno	2 ó mas	ninguno	2 ó mas

Deben además tenerse siempre presentes las reglas que se han dado para corregir el tiro de campaña cuando no se hayan hecho los grupos de 10 ó 20 disparos, es decir, que si tres dan error en el mismo sentido, se corrige inmediatamente el alza en una cantidad correspondiente al desvio en alcance, dado por la fórmula

$$\delta = \frac{4r}{\sqrt{n}}$$

que próximamente será igual á $2r$.

193. *Conduccion del tiro.*—Varía el modo de conducir el tiro segun sea la precision de las piezas y la mayor ó menor resistencia de la mampostería que se bate, pudiendo emplearse dos métodos diferentes, que llamaremos de *cortes* y de *demolicion.*

194. *Método de Cortes.*—Consiste en obtener en la escarpa una cortadura horizontal á la altura del punto calculado y varias verticales, cuyo número varia con la amplitud de la brecha, bastando por lo general con dos situadas á los extremos de la horizontal.

Puede emplearse cuando la distancia sea corta, contando por esta circunstancia con una gran certeza ó bien si á pesar de ser la distancia larga, es mucha la precision del tiro en las piezas de que se disponga.

En ambos casos es necesario que la mamposteria no tenga gran expesor, pues este aumenta mucho la dificultad de hacer los cortes, siendo tambien preciso que el punto mas bajo de la brecha, dé un ángulo de caida que no esceda al necesario para obtener una regular penetracion; este ángulo segun las experiencias de Strasbourg no debe pasar de 7°, 50′.

La batería se divide en dos partes, la de la derecha, bate el mismo costado de la brecha y la otra mitad la de la izquierda asignando á cada pieza á partir del punto medio una parte de muro para batirla, desviando los grupos de tiros un metro si la mampostería es muy resistente y dos cuando no lo sea tanto; se procura de este modo, hacer el corte horizontal en toda su

estension, y se repite de nuevo el tiro hasta atravesar el muro.

En el caso de ser el tiro muy oblicuo, es decir, cuando su direccion forme un ángulo menor de 60° con el muro batido, ó que la mamposteria sea muy resistente, debe empezarse la brecha por el centro, dirigiendo todas las piezas al mismo punto y desviando los grupos de tiros como se ha dicho.

Terminada la cortadura horizontal, se procede á formar las verticales, pudiendo, cuando sea preciso, si el tiro no es muy oblícuo, asignar á cada pieza una cortadura y en caso contrario deberán dirigirse todas al mismo punto, empezando la segunda cortadura cuando aun no esté completamente terminada la primera, y siguiendo el mismo método que antes se ha dicho; los grupos de disparos, que empezarán por la parte inferior, se desviarán sucesivamente hácia la superior, por lo que será necesario modificar de un grupo al otro el ángulo de tiro.

Cuando la mamposteria sea muy resistente no caerá el muro con solo los cortes y es preciso entonces hacer alguna salva, lo que al mismo tiempo proporciona la ventaja de romper los pedazos gruesos, que en caso contrario harian dificil el acceso de la brecha.

Será preciso á veces durante el tiro modificar los elementos calculados, tal sucede cuando la cresta de la masa cubriente no es paralela á la escarpa, por que siendo la citada cresta el punto á que la punteria se dirige, y siendo variable su distancia al muro, tambien lo será el ángulo de caida.

195. *Método de demolicion.*—Para poder efectuar el método de cortes, es preciso concurran ciertas condiciones que generalmente no se verifican á largas distancias y entonces se recurre á este segundo método, que consiste en llegar á formar la brecha agrupando sobre una parte del muro el mayor número posible de proyectiles. Se emplea tambien para destruir las escarpas destacadas, y las cañoneras de mamposteria, para hacer inservibles los reductos y locales acasamatados y en todos los casos en que no se traten de obtener cortaduras regulares.

Cuando se emplea un foso de menor enfila que la brecha

que debe formarse, es preciso disponer la batería de modo que las piezas crucen sus tiros, tirando á la derecha las de la izquierda y al contrario las de la derecha.

Generalmente será preciso, despues de la caida del revestimiento, hacer algunos disparos aumentando el ángulo de caida, con objeto de destruir las partes que aun queden en pié, y dividir los trozos grandes de mampostería: del mismo modo conviene tambien, cuando las tierras del parapeto no hayan sido bastante movidas por los disparos largos, hacer algunos con débil carga, para que no sea grande la penetracion de los proyectiles.

Lo mismo que en el método de cortes, cuado la direccion del tiro sea muy oblícua, se hace preciso concentrar todas las piezas sobre el mismo punto.

Cuando haya bóvedas en descarga deben destruirse primeramente los estribos y enseguida las bóvedas, procurando no demoler la clave, para evitar la caida de las tierras que sostienen de la casamata, lo que haria menos accesible la rampa formada.

196. *Observacion de los tiros.*—Conviene ante todo, si es posible, establecer una observacion directa en lugar apropósito para ver el efecto de los disparos; si nò es posible, los siguientes indicios deducidos de la experiencia pueden compensar en parte esta falta.

Se funda en general, en el ruido producido por el choque de los proyectiles en el revestimiento, en el aspecto de la proyeccion de las piedras y escombros, así como en el del humo al elevarse sobre el foso.

Si la mampostería no está taladrada, el ruido es siempre seco; cuando está cortada hasta una cierta profundidad ó completamente atravesada el ruido es sordo y en este último caso, siempre se verifica la explosion por detrás del revestimiento.

Si el muro no está cortado profundamente, las piedras y escombros suelen elevarse á bastante altura sobre el foso.

La nube de humo de los proyectiles aparece más ó ménos rápidamente por encima del revestimiento, segun que esté más

ó ménos cortado. Es blanco azulado y en masa compacta cuando el muro no está atravesado, y gris oscuro subiendo lentamente cuando lo está.

197. Tiro de enfilada.—Tiene por objeto batir en toda su extension frentes enteros ó solamente ciertas caras de una fortificacion, empleándose para destruir el material, y batir al personal; estén ó nó ocultos por traveses.

198. *Elementos del tiro.*—El punto de partida para calcular los elementos del tiro en cada caso, es la distancia que media desde la bateria á la cresta del parapeto. Para la carga, veremos en primer lugar si á la distancia fijada, la curvatura de la trayectoria permite, con la ordinaria, salvar la cresta, en cuyo caso deberá emplearse.

Si no se puede, los límites en que debe variar son determinados por la condicion, de que el punto de caida sobre el terraplen, esté lo mas próximo posible del pié del parapeto y que la velocidad remanente sea la suficiente para batir los objetos que se desee. Estas condiciones son opuestas una á otra pues que á medida que el punto de choque en el terraplen se aproxima al parapeto, es mayor el ángulo de caida, siendo menor la velocidad remanente por la consiguiente disminucion de la carga.

Se buscarán en las tablas varias cargas C_1 C_2 C_3... que proximamente den velocidades convenientes y en los datos que á ellas correspondan se verán los ángulos de caida ω_1 ω_2 ω_3... para la distancia dada, y admitiendo, como en el tiro de brecha, que los ángulos de tiro y caida se refieren á la línea que une la boca de la pieza con la cresta cubriente, estos serán tales cono C D A (fig. 90). Llamando h la altura de la cresta sobre el terraplen, la distancia x á que se encuentra el punto de caida mas próximo será calculado, para cada carga, por la fórmula,

$$x = \frac{h}{\text{tang. } \omega}$$

Admitiendo que los ángulos C D A y D B P son iguales, como sucederia si los puntos A y D tuviesen la misma cota, en ello

no se comete gran error, porque nunca será muy grande el desnivel; de este modo obtendremos los diversos valores de $x_1\ x_2\ x_3$..... y se tomará en consecuencia para valor de la carga, aquella, que entre las examinadas, dé para x un valor suficiente para batir el terraplen desde el punto mas próximo al parapeto, en la zona que nos propongamos, cuya longitud será

$$L - x = ML,$$

siendo L la total de la cara.

Conocida que sea la carga lo es igualmente el ángulo de tiro, por medio de las tablas, al que deberá aumentarse el de elevacion de la cresta.

199. *Trayectoria media.*—Para batir la estension M L, cuando sea menor que el desvío en alcance, es preciso aumentar el ángulo de tiro en una cantidad correspondiente á una variacion de alcance igual á $\frac{ML}{2} = MN$, con lo que el punto de impacto medio estará en la mitad de la zona batida. Si M L fuese mayor que dicho desvío, se dividirá en varias partes, batiendo sucesivamente cada una de ellas, distribuyendo convenientemente los disparos, del modo que acabamos de indicar.

200. *Caso en que el terraplen tenga traveses.*—Cuando no se conozca con precision la altura de estos, ni el intervalo que los separa, se fija el ángulo de caida en 10° ó 15°, de cuyo dato se partirá para el conocimiento de la carga y ángulo de tiro, modificándose lo necesario para obtener la trayectoria media necesaria. Si se conocen, tanto la altura como el intervalo de los traveses, se bate sucesivamente la parte del terraplen comprendida entre dos traveses consecutivos, calculándose para cada grupo de tiros los elementos correspondientes del siguiente modo. Sea D (fig 91) la distancia desde la batería á la cresta del muro, d la que media entre ésta y la del primer través, α el ángulo de posicion de la batería, con relacion á la cresta del muro y e el intervalo horizontal que hay desde la

cresta del muro al pié del primer través. Sean así mismo d', α' y e' los datos análogos para el intervalo entre el primero y segundo través, d'', α'' y e'' para el del segundo y tercero y así sucesivamente.

Tomemos como punto de caida el pié del primero y el ángulo de caida será

$$x = \omega \pm \alpha$$

siendo

$$\text{tang.}\,\omega = \frac{h}{e}$$

Conocido que sea este ángulo, se buscará en las tablas de tiro, para la distancia dada, los valores de la carga y ángulo de tiro por los medios ya conocidos. Calculada de este modo la trayectoria media para el punto C, la mitad de los disparos quedarian en el parapeto y la otra mitad en el través; tomando una distancia CC′ igual al desvío probable dado por las tablas, calcularemos los elementos correspondientes tomando como punto de caida el C′; elevándose el ángulo de tiro lo necesario para que la trayectoria media así determinada se eleve hasta pasar por el punto C, lo que es igual á aumentar el ángulo de tiro en la cantidad correspondiente al aumento de alcance CC′ con lo cual el 25 por 100 de proyectiles caerán en el terraplen, los 25 por 100 que quedan cortos destruirán el parapeto, lo que aumentará en lo sucesivo, la proporcion de los que lleguen al terraplen á medida que la altura del parapeto disminuya.

Para batir el espacio comprendido entre el primero y segundo través, tomaremos como cresta cubriente la del primero y como punto de caida el pié del segundo.

La elevacion de la cresta del parapeto con relacion á la batería será igual á

$$D \text{ tang } \alpha$$

y por lo tanto la del primer través

$$D \text{ tang } \alpha - K$$

siendo K el desnivel de la cresta del parapeto y primer través.

La distancia de esta última á la batería es

$$D+d$$

por lo que

$$\text{tang}\,\alpha' = \frac{D\,\text{tang}\,\alpha - K}{D+d}$$

y una vez determinado el ángulo de posicion, queda reducido este caso al anterior.

Si solo se trata de batir los traveses, no es preciso mas que calcular la trayectoria tomando como punto de caida el pié de cada uno, con lo cual la mitad de los disparos caerán en él y la otra mitad en el anterior.

Cuando los traveses estén colocados de tal modo, que los ángulos de caida que resulten sean muy grandes, conviene antes de proceder al tiro de enfilada, destruir sus crestas, empleando la carga ordinaria.

201. *Rectificacion del tiro.*—Si desde la batería se puede observar el objeto que se bate, se hace como queda explicado en el tiro directo; en caso contrario se calcula el número de disparos cortos que deben obtenerse, procediendo á efectuar el tiro con los elementos que proporcionan las tablas, ordenando el fuego de manera que se obtengan dos alcances que comprendan la cresta. Seguidamente se hace un tiro de conjunto con la mayor de las alzas obtenidas observando los disparos cortos, verificando las correcciones necesarias como en el tiro de brecha.

Si el fuego se ejecuta dividiendo el terraplen en zonas, se arregla el tiro para la mas próxima, no teniendo entonces otra cosa que hacer las piezas que baten las demás, sino aumentar el alza en la cantidad correspondiente al aumento de alcance que necesitan.

En las zonas mas alejadas, en general no se tendrán disparos cortos, y conviene disminuir el alza despues de cada dos grupos de disparos, con objeto de tener alguno corto que sirva de verificacion.

202. Tiro indirecto defensivo.—Toma este nom-

bre el tiro que se ejecuta cuando hay un obstáculo mas próximo á la batería que al objeto batido.

Sea (fig. 92) A la posicion de la pieza, B el objeto y C el obstáculo: existirá una carga con la que la trayectoria pasará por los tres puntos expresados; sea T A B el ángulo de tiro correspondiente á esta carga. Como en general la altura C H será muy pequeña con relacion á la distancia D' que media desde la pieza al obstáculo, puede admitirse la igualdad entre la hipotenusa A C y la longitud D' y por lo tanto, que el ángulo T A C, sea el de tiro necesario para la distancia D': asi pues, para determinar la carga, se buscará en las tablas de tiro, aquella para la que la diferencia entre los ángulos de tiro, para las distancias D y D' sea igual ó algo superior al ángulo de posicion, correspondiente á la cresta del obstáculo.

Este tiro es el empleado en la defensa, debiendo usarse en las casamatas que tengan por delante un parapeto, y en el caso de estar proximo á la pieza, se determina la carga hallando la que para la distancia D, corresponda un ángulo de tiro superior al de posicion del obstáculo.

La rectificacion de este tiro en nada difiere de los anteriores, verificándose por la observacion de los cortos, calculados con arreglo á la magnitud del objeto y posicion de la trayectoria media.

203. Tiro de costa —La movilidad del objeto que se bate exige necesariamente mayor precision y rapidez en la determinacion del ángulo del tiro, y por lo tanto una mayor exactitud en los elementos que sirvan de punto de partida. Es pues de gran utilidad el establecimiento de aparatos que dèn á conocer en estas baterías, la distancia que media al punto que trate de batirse.

Con la antigua Artillería de costa, en razon á los cortos alcances de las piezas, podia fácilmente observarse el resultado de los disparos, desde la misma batería y por los errores cometidos rectificar el tiro; además de esto, la tolerancia en la apreciacion de las distancias podia ser mayor, por la menor certeza de aquellas piezas. Por el contrario, el gran alcance y

precision de las actuales, exige imperiosamente que se conozca con exactitud la posicion del objeto batido para la ejecucion de una buena puntería, haciéndose muy dificil la observacion, porque á largas distancias y dada la pequeña altura que tienen los buques en general, podrá suceder que estando muy distantes entre sí, los puntos de caida de los proyectiles parezcan muy próximos desde la batería, si no está muy elevada.

Los disparos de piezas de tan grueso calibre como las ahora empleadas para batir buques acorazados, suben á elevado precio, y las mismas piezas, cuyo manejo no sería posible sin emplear procedimientos mecánicos cuestan muchisimo, estas razones conducen para no hacer infructuosos sacrificios de este género, á hacer ver la necesidad de dotar estas baterías de aparatos telemétricos que aunque costosos, aprecien bien y rápidamente elemento tan indispensable como es la distancia, sin que deba preocupar gran cosa que su instalacion no sea muy rápida, porque atendiendo á su especial servicio, pueden considerarse como permanentes. Seguramente que el valor que puede tener el telémetro se economizará muy pronto en proyectiles, merced á la certeza de los disparos, adquirida solamente por los datos que él proporciona.

Los telémetros conviene que sean de dos clases, uno de gran base, que sirva para indicar continuamente la posicion de los objetos batidos, y cuyas observaciones se trasmitan telegráficamente á todas las baterías, las que teniendo un plano cuadriculado de una cierta extension de su frente, deducirán inmediatamente la distancia á que se encuentren los buques, haciendo despues converger sus fuegos al punto conveniente. Este se empleará para grandes distancias, cuya apreciacion necesita aparatos mas precisos, dando además por esta circunstancia, tiempo suficiente para las comunicaciones telegráficas.

Además de este, cada batería deberá tener uno especial, de pequeña base, que servirá, para distancias tambien pequeñas; este lo usarán las baterías cuando deban obrar independientemente segun á cada una convenga, dirigiendo el fuego, sea al buque que mas la amenaza ó sea tambien al que por su

posicion especial ó cualquiera otra circunstancia, esté en mejores condiciones de ser batido.

Muchos son los aparatos propuestos de los dos géneros citados. La artillería Italiana, despues de unas minuciosas y bien llevadas experiencias, adoptó el Madsen de gran base, asi como el Parravicino de pequeña base vertical para baterías altas y el Nolan—Pozzi de pequeña base horizontal para las bajas, cuyas descripciones y uso pueden verse en los tratados especiales de esta materia.

204. *Rectificacion del tiro.*—Lo primero que para la rectificacion del tiro debe determinarse, es el punto objetivo mas conveniente. Por regla general debe procurarse obtener la trayectoría media, de modo que pase por puntos en los que el efecto sea decisivo, eligiendo de estos los que presenten menor resistencia. Para la eleccion del objetivo mas conveniente deberán tenerse presentes algunas condiciones de los buques y los efectos que puedan causar los proyectiles en sus diferentes partes.

No nesitamos decir los efectos producidos por los proyectiles que penetren en la línea de flotacion y debajo de ella; los que penetren sobre esta línea pueden aun, ser de gran efecto, pues en el descenso del buque, producido por el balance, serán otras tantas vias de agua.

Algunos buques blindados, tienen dos murallas de blindaje, que distan hasta un metro una de otra; el buque está dividido en compartimientos independientes unos de otros, por lo que una via de agua abierta en el primer blindaje á la altura de la línea de flotacion, no compromete su marcha, pero sí la dificulta, y muy especialmente en ciertos pasos, como por ejemplo en las embocaduras, cuyo paso es peligroso para un buque en estas condiciones.

Algunos disparos cortos pueden producir efecto por su choque contra el buque por debajo del agua ó bien por encima de la línea de flotacion si rebotan. Deducimos de todo esto que la referida línea de flotacion es un punto objetivo importante, y que puede conceptuarse rectificado el tiro á ella dirigido cuando

el 50 por 100 de los disparos resulten cortos, pues estos no serán perdidos en su totalidad, aunque si, su mayor parte.

La altura á que generalmente se coloca la Artillería en los buques, varía entre 2 y 7 metros desde la línea de flotacion; en los de batería contínua ó de casamatas, es decir, en los que está á todo lo largo del buque ó en su parte central, se encuentra á la mitad del blindaje; estando en los que tienen torres, en la parte superior de estas. Cualquiera que sea su colocacion, la probabilidad de dar en las cañoneras es muy pequeña, y como quiera que al elevarse el tiro darían menos proyectiles en la línea de flotacion, no se conseguirá suficiente efecto ni contra la Artillería, ni contra el buque.

Sin embargo de esto, como dirigiendo la trayectoria media á la mitad de la altura del blindaje, se perderán menos tiros que si se dirige á línea de flotacion, y como el efecto de muchos disparos que dén en el buque, será conmover sus costados, podrá este efecto ser máximo y muy particularmente cuando el buque sea de baterías contínuas ó de casamatas: esta razon, unida á la de ser el blindaje, generalmente, menos resistente en el expresado centro que en la línea de flotacion, hace que se tome como punto objetivo.

La chimenea no deberá nunca tomarse como objetivo, porque aun cuando realmente, grandes averías en ella disminuirán el tiro, siendo por ello menor la tension del vapor y marcha del buque, las recomposiciones son fáciles, y aunque quedase por completo destruida, las máquinas tienen elementos para emplear el tiro forzado, valiéndose de la inyeccion de chorros de vapor en el hogar: además, bien se comprende la pequeña probabilidad de dar en ella y en consecuencia los muchos disparos que se perderían.

Algunos disparos contra los aparejos de conduccion del buque, pueden producir grandes efectos y muy particularmente en los que carezcan de medios de sustituirlos; el tomar estos puntos como objetivo, tiene sin embargo el inconveniente de ser muy pequeña la probabilidad de dar en ellos, además de que en los buques bien establecidos, siempre es posible la

sustitucion, pues suelen tener un timon llamado de combate, colocado bajo el puente y en los de hélices apareadas, se gobierna con mas ó menos dificultad cuando les falta el timon.

En cuanto al objetivo en sentido de la longitud, si el buque tiene su Artillería en la parte central, conviene dirigir los tiros al rectángulo por bajo de la torre ó en el comprendido por las casamatas. Siendo de baterías contínuas, es indiferente hacerlo sobre un punto ú otro, conviniendo sin embargo concentrar los tiros, para que sea mayor el efecto de conmocion, y como además, la penetracion es mas dificil en los extremos, por la forma del blindaje, es útil batir el centro.

Además de los disparos de las baterías sobre la mitad del blindaje, conviene destinar algunas piezas, como morteros y obuses, para batir con fuegos curvos el puente, siendo estos tiros de un efecto notable, por encontrarse bajo de él las baterías, máquinas, tripulacion etc., y todo proyectil que atraviese, aunque no reviente en la batería, lo hará en otra parte no menos importante del buque.

En la rectificacion del tiro distinguiremos dos casos, segun que se cuente con instrumentos que midan con precision la distancia, ó que no se conozca esta, mas que aproximadamente.

205. 1.er *Caso.*—El sistema propuesto por Schmidt, consiste en rectificar el tiro, reduciéndolo en lo posible al caso de ser un objeto inmóvil, para lo que, durante el tiro de ensayo, el telémetro dá en cada disparo la distancia al buque, y se hacen las correcciones que indique el último disparo, sobre el alza correspondiente á la nueva distancia. Este procedimiento sería riguroso, siempre que los desvios de las piezas fuesen independientes de la distancia á que se tira, mas como segun ya se sabe, crecen con ella, será preciso tener en cuenta para las correcciones, tanto la velocidad del objeto como la direccion de su movimiento, estableciendo como principio, que la correccion que se efectúe, debe ser tanto menor con respecto á la que correspondería en el caso de permanecer inmóvil el objeto, cuanto mayor sea la distancia á que se haya aproximado,

ó tanto mayor, cuanto mas se haya alejado de la batería.

Se empieza, para proceder al tiro de ensayo, por tomar el alza correspondiente á una distancia dada de antemano y dirigir la visual al buque, siguiéndole constantemente en su movimiento, hasta tanto que el encargado del telémetro dé la señal de hallarse á la distancia marcada, en cuyo instante hace fuego la primera pieza y si el proyectil no toca al buque, se procede á hacer un segundo disparo empleando el alza correspondiente á la nueva distancia á que ya se encuentre el buque, (que dará el telémetro), aumentada ó disminuida en 100 metros, segun que el anterior disparo haya sido corto ó largo.

Si este segundo disparo quedase con relacion al objeto en el mismo sentido que el anterior, se hace doble correccion para el siguiente en el alza necesaria para la distancia á que entonces se encuentre.

Obtenidos de este modo dos disparos tales, que sus puntos de caida correspondientes estén en sentido opuesto, se hará el siguiente variando el alza lo necesario para una distancia mitad de las anteriores, ó sea 50 metros.

Terminado el tiro de ensayo, se empiezan á efectuar salvas por grupos de cuatro piezas, con el alza correspondiente á la distancia, afectada de la última variacion disminuida en 25 metros, y del número de los disparos cortos, se deducirá la correccion que sea preciso hacer. Puede adoptarse el tipo de 50 por 100, pero para mayor seguridad, podrian construirse tablas que diesen, para las diferentes alturas de los buques, el número de tiros cortos que debe haber para diversas distancias, cuando el tiro esté rectificado, á la mitad de la altura sobre la línea de flotacion.

La siguiente tabla indica la altura de los blindajes de algunos buques expuestos al tiro.

NOMBRES.	ALTURAS.	NOMBRES.	ALTURAS.
Tyger.....	3m	Peter Weliki....	6m, 30
Amiral Greigh..	3m, 50	Asidacions.....	6m 60
Poscharsky.....	4m 10	Marengo.....	7m 50
Ruperk.....	4m 70	Redoutable.....	7m 60
Devastation.....	5m 60	Uragan	3m 30
Taureau.....	6m 10	Provence.....	3m 60
Thètis ...,.....	6m 40	Glatton.....	4m 70
Alexandra	7m 20	Hotspur..... ..	4m 90
Sultan	7m 60	Tonerre	6m 10
Rusalka.....	3m 20	Monarque.....	6m 40
Erikson	3m 60	Sevastopol.....	6m 60
Prince Hendrik.	4m 70	Hercule	7m 60
Magdala.....	4m 80	Custozza.....	8m 15
Thunderer.....	5m 60		

Estas alturas, están medidas á partir de las baterías de flanco ó de las casamatas, y hasta el extremo superior de las torres.

Una vez rectificado el tiro, no se continua si no por salvas de batería, las que durante todo el fuego, deberán modificarle cuando varie mucho la distancia á que se encuentre el buque.

Cuando en el tiro de ensayo un proyectil dé en el objeto, se ejecutará el fuego con la última variacion de alza.

206. 2.° *Caso.*—Si no se tienen aparatos para medir las distancias, ó solo se cuenta con telémetros de poca precision, es forzoso esperar un buen resultado, mas bien del número de proyectiles, que de la exactitud del tiro. Así pues, apreciada que sea la distancia aun cuando imperfectamente, se hará un disparo, y si fuese largo, se disminuirá el alza en la cantidad conveniente, debiendo para ello considerar el tiempo de la duracion de la trayectoria, el necesario para la observacion del segundo disparo y la velocidad del buque, pudiendo como

regla general fijar la variacion en 200 metros. Se continuará así hasta obtener un disparo corto y tirando lentamente, se procederá como en el tiro de campaña sobre un objeto movible.

El fin que debe proponerse es marcar la distancia, batiendo con todas las piezas la zona en que se encuentre el objeto; de este modo, aunque realmente habrá muchos tiros perdidos, quedará compensada esta pérdida con el buen efecto de los disparos buenos: la dificultad de esta clase de tiro obliga á obrar de esta manera.

La puntería, siempre que sea posible, se hará directamente, pero si no pudiera ser así por estar oculto el buque, sea por el humo ó por cualquiera otra circunstancia, se empleará la puntería inversa, tal como se ha explicado en el capítulo correspondiente.

207. Tiro de granada de metralla.—La gran importancia que en la actualidad ha adquirido este tiro, hace que nos detengamos, no so solo en su ejecucion y correccion, sino tambien en la descripcion de sus principales tipos, para poder de este modo apreciar mejor las contras y ventajas de cada uno.

Tienen estos proyectiles por objeto, mediante una espoleta de tiempos, estallar delante del punto que se bate, para que las balas que encierran, en virtud de la velocidad adquirida, vayan á chocar en él con la fuerza viva necesaria para poner á los hombres y caballos fuera de combate.

Aun cuando su nombre reglamentario en nuestra Artillería es el de granada de metralla, sin embargo, por la brevedad adoptaremos en lo sucesivo el de Shrapnells, que es por otra parte con el que generalmente se conoce en diversas naciones.

Segun la experiencia comprueba, las balas del Shrapnells en el momento de la explosion, forman un haz de forma cónica cuyo eje, coincide con la tangente á la trayectoria en el mismo punto, siendo su seccion recta próximamente circular: al rádio de esta seccion le llamaremos de eficacia, admitiendo conforme con la práctica del tiro, que su longitud es mayor que el triple del desvío probable vertical de la pieza, así como

supondremos que un blanco vertical, corte al cono de dispersion de las balas segun un circulo, con lo que se comete un error pequeño y que en nada modifica los siguientes razonamientos.

Pueden clasificarse en tres tipos distintos los Shrapnells, segun la distribucion de las balas en la seccion recta del cono, que son: primero, aquellos en que están uniformemente repartidas; segundo, en los que es mas densa hácia el centro que en la superficie, y tercero, los que forman una seccion desprovista de balas en el centro y repartidas por lo tanto en una corona circular.

Estudiaremos las propiedades de cada uno de ellos y veremos las ventajas é incovenientes que les son propias, suponiendo chocan sobre un objeto de anchura indefinida y altura determinada.

208. 1.er *Tipo.*—Estando las balas uniformemente repartidas en la seccion recta del haz, resulta, que suponiendo que el blanco tiene una altura igual al doble del desvío probable, correspondiente á una distancia dada, si los Shrapnells no hubiesen estallado, chocarian en él un 50 por 100 y estos serian los que, en el caso de reventar, causan los mejores resultados; los restantes, no los darán tan buenos, por que como las diferentes fajas de altura igual á la del objeto, en que podemos dividir la seccion recta del cono, presentan tanta menor superficie cuanto mas disten del centro, el efecto del Shrapnells es en este caso proporcional, al área de la parte de seccion recta, comprendida por el blanco.

Si el desvío probable crece y se hace mayor que la altura del objeto, darian en este, en el supuesto de no reventar, menos del 50 por 100 y como estos serian los únicos en los que causase efecto la parte central del haz, que es la mas densa, se deduce que el efecto disminuye, á medida que crece el desvío probable.

Si por el contrario, el desvío probable decrece, darán en el objeto mas del 50 por 100, en los que seria aprovechable el diámetro de la seccion recta y el efecto entonces aumenta.

209. 2.° *Tipo.* Si suponemos como en el caso anterior, que la altura del blanco es igual doble del devío probable, del 50 por 100 que darian en el caso de no reventar, se aprovecharia mayor número de balas que en los del tipo anterior, pues no solo llegaría al blanco la parte del haz de mayor superficie, sinó la mas densa; en cambio, los restantes darán peor resultado que los del primer tipo, y tanto peor, cuanto mas se aleje del centro del objeto su trayectoria, pues solo se aprovechará del haz de balas, la parte mas próxima á la superficie, ó sea la menos densa.

Si el desvio probable aumenta, disminuye el efecto con mayor rapidez que en el caso anterior, y por el contrario, al disminuir el desvio probable, la eficacia crece mucho mas rápidamente y dán entonces mejor resultado que cuando las balas están uniformemente repartidas.

210. 3.er *Tipo.*—Si en este consideramos el caso de ser la altura del blanco igual al doble del desvio probable, el 50 por 100 chocarán, dando el centro del haz en el objeto y produciendo en consecuencia poquísimo ó ningun efecto, por quedar comprendido precisamente dentro de la parte desprovista de balas: los restantes darán buen resultado, pero no compensarán seguramente el de los primeros.

Comparemos esta clase de Shrapnells con los del primer tipo y supongamos que el área del circulo de la seccion recta de este último, sea igual á la de la corona circular de aquel; para que esto tenga lugar es preciso, que el rádio del primero sea menor que el del exterior del segundo y suponiendo las balas uniformemente repartidas, tendremos, que dividiendo en bandas de la altura del blanco ambas secciones, habrá mas en el segundo que en el primero y por término medio habrá, en cada division, menos balas en aquel que en este por cada banda. Ahora bien, si en un conjunto de tiros, fuese el blanco ocupando todas las posiciones en la seccion recta de ambos Shrapnells, darian el mismo resultado, pero como esto no secede y el 50 por 100 de tiros dán en el blanco, los del primer tipo chocan por su parte mas densa, no pasando lo mismo con los del otro,

pues que el área máxima de las diferentes fajas de altura igual á la del objeto es aquella (fig. 93), en que la cuerda $a\ b$ sea igual á $a'\ c + b\ d$, que dista tanto más del centro, cuanto mayor sea el rádio del círculo desprovisto de balas: resultando de cuanto antecede que en este caso es inferior este tipo á los anteriores.

Si la desviacion de la pieza aumenta, el efecto de estos Shrapnells aumenta tambien, disminuyendo en cambio cuando la precision de aquella crece.

211. Pasemos ahora al caso en que se tire sobre un blanco limitado en dos sentidos y consideremoslo dividido en tres fajas horizontales, de anchura igual al doble del desvio probable vertical: la central contendrá el 50 por 100 y 25 por 100 cada una de las extremas, prescindiendo del 4 por 100 que, segun el cálculo de probabilidades, deben caer fuera. Tracemos otras tres fajas verticales tambien de anchura igual al doble del desvío probable horizontal, y quedará así el blanco dividido en nueve rectángulos, en cada uno de los cuales caerán el tanto por ciento que se indica en la (fig. 94.)

212. 1.er *Tipo.*—Cualquiera que sean las dimensiones del objeto, suponiendo que la trayectoria media pase por su centro, resulta, en la hipótesis ya admitida de que el rádio de eficacia sea mayor que el triple del desvío probable, que el objeto quedará por regla general, comprendido dentro de la seccion recta, pues si bien cortará menos parte de ella á medida que el tiro se aleje del centro, está compensado con ser menor la probabilidad de un tiro alejado.

213. 2.° *Tipo.*—Si suponemos que el blanco sea igual al rectángulo central de la figura, el 25 por 100 darán muy buenos resultados, por aprovecharse de ellos la parte mas densa, pero los restantes serán menos eficaces, pues solo se utilizará la parte menos densa del haz. Estos resultados se acentúan si el desvío disminuye, es decir si el objeto es mayor que el rectángulo central, pues entonces será mayor el número de proyectiles que dén buenos resultados, y menor por lo tanto el de los demás. Si por el contrario, el desvío au-

menta, disminuye evidentemente la eficacia del Shrapnell.

214. 3er *Tipo.*—Considerando los mismos tres casos de siempre, se deduce: que cuando el blanco sea igual al rectángulo central, el 25 por 100 no causarán ningun efecto y los restantes lo causarán tanto mayor, hasta un cierto limite, cuanto mas disten del centro pero disminuyendo la probabilidad de estos disparos resulta, que este tipo es ménos eficaz que los anteriores. Si el desvío es menor, la eficacia disminuye, aumentando, por el contrario, cuando aquel crece.

De todas cuantas consideraciones quedan hechas, podemos en resúmen decir; que el primer tipo dá siempre buenos resultados cuando el blanco está limitado en dos sentidos y tanto en este caso como cuando sea una faja ilimitada, su eficacia aumenta con la precision de la pieza, mientras que en el segundo tipo, se produce en uno y otro caso mas efecto, cuando la precision es muy grande, pero en cambio los desvios son mas sensibles en él; razon por la que son inferiores á los otros. Los considerados en tercer lugar dan siempre peores resultados que los dos anteriores, siendo mayor su eficacia, hasta cierto limite, á medida que la pieza decrece en precision.

215. Hasta ahora no hemos tomado en consideracion mas que los proyectiles que contienen los Shrapnells; pero además de estos, chocarán en el blanco los cascos que se produzcan por efecto de la explosion por las paredes de la granada, los que formando un cono envolvente del de las balas, darán por resultado: en el primer tipo, aproximarlos al segundo, y en estos, aumentando el número de impactos en la circunferencia igualarlos algo á los primeros, no siendo suficientes los cascos en los del tercer tipo, para llenar la parte desprovista de balas.

Refiriéndonos á los Shrapnells con espoletas de tiempos, se hace en ellos preciso, que su explosion se verifique por delante del objeto batido y antes de llegar al suelo. A la distancia horizontal del punto de explosion, se llama *intervalo* y *altura de explosion*, á la que sobre el plano horizontal se encuentra dicho punto. Esta altura debe ser la conveniente, para que el centro del haz vaya á dar en el blanco y en cuanto al inter-

valo, debe cumplir con la condicion de que el rádio de eficacia que resulte, tenga un magnitud conveniente para producir el máximo efecto, y que las balas lleguen con la velocidad necesaria para obtener el resultado apetecido. Por la primera circunstancia, el intervalo depende de la abertura del cono de dispersion y por la segunda de la velocidad inicial y distancia al objeto.

La abertura del cono de dispersion está limitada por algunas consideraciones. Si suponemos dos Shrapnells de distinto ángulo de dispersion, podian, ¡verificando su explosion á distancias convenientes, dar sobre el blanco la misma seccion recta produciendo el mismo resultado. Pero como en la práctica no será posible obtener exactamente un intervalo determinado, por cuanto la apreciacion de la distancia y el estado de la espoleta son causas de error que influyen en la magnitud de aquel, y como en el Shrapnell de mayor ángulo es mas sensible cualquiera variacion ó error en el intervalo, resulta preferible el de menor ángulo, existiendo sin embargo un límite mínimo, pues en caso contrario, la esfera de accion de estos proyectiles sería muy limitada.

Para encontrar este límite, supongamos que se tira á una distancia de 200 metros, y fijemos en 150^m la velocidad que deben poseer las balas para producir buen efecto. Si la velocidad de el Shrapnell á la distancia dada es conocida y el trayecto que necesita para pasar de una á otra de estas velocidades es de 300^m, este será el intervalo de explosion conveniente, disminuido en lo correspondiente á los errores de puntería y á los debidos á la espoleta, errores que fijamos en 50 metros, por lo que el intervalo será de 250 metros. Ahora bien, la abertura del cono debe ser tal, que la seccion recta contenga las balas distribuidas de manera, que pueda cada una llegar á un hombre; por lo que, si llamamos r al rádio de eficacia y admitimos que $0^m,9$ es la superficie que presenta un hombre, debe verificarse, siendo 163 el número de balas,

$$\pi r^2 = 163 \times 0^m,9$$

de donde

$$r = 7^m$$

y calculando el ángulo que corresponde á un cono cuyo rádio sea el determinado y 250^{m} su altura, resulta ser de 3°, 12'.

Si el tiro es contra caballería, puede admitirse la misma relacion que nos ha conducido al valor hallado del rádio de eficacia, por ser conveniente que el Shrapnell dé al hombre y al caballo, los que podemos suponer presentan la misma superficie.

Si el tiro fuese contra infantería echada en tierra, parece natural debiera estrecharse algo la seccion del haz, puesto que la superficie que en esta posicion presenta el blanco de cada hombre es mucho menor; pero como de ningun modo seria conveniente dotar á las baterías con dos clases de Shrapnells, es preferible en este caso obtener el mismo efecto variando el intervalo.

216. Para tropas ocultas se emplea otro método, que es tambien aplicable á las que estén echadas: consiste en aumentar el ángulo de caida de las balas; lo que puede conseguirse de tres maneras.

1.° *Aumentando el ángulo del cono.*

2.° *Disminuyendo la carga.*

3.° *Alejándose del objeto.*

Por el primer método se obtiene mayor ángulo de caida para las balas de la mitad inferior del haz, no siendo sin embargo conveniente, por perderse la otra mitad y necesitarse como anteriormente hemos dicho, dos clases de Shrapnells.

El segundo, disminuye el efecto de las balas, que podrian hasta llegar con velocidad insuficiente, lo que obliga á disminuir el intervalo.

El tercero tiene ventaja sobre el anterior, por llegar las balas con mas velocidad; sin embargo no siempre podrá emplearse.

Pasemos por último á estudiar la influencia del número y dimensiones de las balas en el efecto producido por los Shrapnells, teniendo presente, que las condiciones del proyectil deben ser idénticas á la de la granada ordinaria, para que el tiro en unos y otros no difieran en nada. El peso por lo tanto debe ser

un dato constante y por consiguiente, entre el calibre de la metralla y su número, existirá una relacion invariable, de tal modo, que si aquel disminuye el número de balas aumenta, disminuyendo por el contrario cuando el calibre crece.

Para obtener una buena reparticion de las balas en la seccion recta es preciso, conforme con lo dicho anteriormente, aumetar el ángulo de dispersion, si su número aumenta: este aumento debe ser tanto mayor si se considera que al aumentar el número de balas, disminuye su calibre y con él la velocidad de llegada; lo que obliga á estrechar el intervalo.

La ventaja de un aumento en el ángulo de dispersion sabemos yá que es atenuar el efecto de los errores debidos á la puntería y á la pieza, pues que siendo muy grande el rádio de eficacia, no serán aquellos suficientes para hacer salir al objeto del haz de las balas; pero hemos visto tambien, que un error en la apreciacion de la distancia es de tanta mas influencia, cuanto mayor sea el ángulo de dispersion, y además, si se disminuyera mucho el calibre de las balas, llegarian seguramente á no tener la velocidad necesaria, si el intervalo deseable variase algo.

Siendo indispensable calcular el efecto del Shrapnel atendiendo á las circunstancias que median para su empleo en el tiro de guerra, es preciso calcular el número y dimension de las balas de tal modo, que se produzca el máximo efecto, ó por lo menos que sea seguro, tomando en cuenta los errores que en mas y en menos se pueden cometer en la apreciacion de la distancia y prescindiendo de las otras causas que tienen escasa influencia.

Supongamos que se comete un error en mas en la distancia, la trayectoria se elevará la cantidad correspondiente á este error y el intervalo disminuirá por la misma causa, dando por resultado un rádio de eficacia menor: estando el centro del haz mas levantado, llegará por consiguiente un límite del error para el cual el haz saldrá fuera del objeto. Si por el contrario, el error es en menos, aumentándose el intervalo, llegará otro límite para el que las balas no tendrán suficiente velocidad.

Tales son las consideraciones que sirven de base para determinar el calibre mas conveniente de las balas. Para conseguirlo se ensayarán diferentes proyectiles disparados con una arma portátil, igualando sus condiciones á las en que se encuentran los del Shrapnell á la máxima distancia á que deban emplearse, determinándose asi la mayor distancia á que llegan con velocidad suficiente, que será á su vez el límite máximo del intervalo: restando de este, el error que pueda cometerse en la práctica, tanto en la apreciacion de la distancia, como en la graduacion de la espoleta, se tendrá el intervalo deseable.

Seguidamente se calculará, suponiendo los errores en el mismo sentido en mas y en menos, si el objeto sale del haz. Si esto sucede se variarán los valores que estaban asignados á los errores indicados, continuando asi hasta obtener ciertos valores, con los que se verifique que el objeto no salga del haz para las distancias límites y comparando los resultados de los diversos proyectiles, será el mas conveniente aquel que permita mayor amplitud en los errores.

Como la carga interior, actúa en todos sentidos, hará perder velocidad al culote de la granada dividiéndolo en cascos; para que estos cascos puedan producir efecto, deberán ser de mayor tamaño que los restantes: por el contrario, los cascos de la cabeza deberán ser menores, puesto que resultarán animados de mayor velocidad. Deben pues ser construidos los Shrapnells de modo que sea mayor su resistencia en el culote y menor en la cabeza que en el resto.

217. Diferentes modelos de Shrapnells.—Los ensayados hasta el dia en las diversas potencias de Europa pueden clasificarse en cuatro grupos, segun la disposicion adoptada para la colocacion de la carga explosiva en su interior y son los siguientes:

1.° *Shrapnells en los que la carga se encuentra mezclada con las balas*; son los primitivos.

2.° *Shrapnells de carga central*, son los empleados en España, Alemania é Italia.

3.° *Shrapnells de diafracma, ó de carga posterior,* están en uso en Austria, Inglaterra y Rusia.

4.° *Shrapnells de carga anterior*, empleados en Francia.

Hasta el dia, la materia de que se han construido es el hierro colado; recientemente en la fábrica de Essen se ha empleado el hierro forjado. Deben cumplir como primera condicion, con la de tener un peso igual al de la granada del mismo calibre, lo que proporciona la gran ventaja de no necesitarse mas que una tabla de tiro para cada pieza. Su expesor segun la experiencia confirma, tiene por límite mínimo un décimo del diámetro.

218. 1er *Modelo.*—Los experimentados en Rusia hace pocos años, son análogos al representado en la (fig. 95). La carga de pólvora que llena los huecos de las balas se fijó en 160 gramos para el cañon de á 9; esta carga se fijó, por el efecto producido haciéndolos estallar en reposo: y teniendo presente que una carga muy pequeña puede no producir efecto, porque adhiriéndose contra el culote, por la accion del choque al partir el proyectil, puede no llegar á ella el fuego de la espoleta, y que la muy grande aumentaría demasiado el ángulo del cono de dispersion de las balas.

Para evitar las explosiones prematuras dentro del ánima, que pueden producirse por el choque de las balas contra la espoleta, se colocó un tapon tubular *m*, que aisla ambas partes.

Tres son los tipos diferentes de estos Shrapnells, que son *de paredes gruesas y envuelta pesada, paredes gruesas y envuelta ligera,* y por último *paredes delgadas y envuelta ligera.*

Las balas son de plomo, no conviniendo endurecerlas por la aleacion con otro metal, por ser entonces mas fácil la explosion dentro del ánima, que es el principal inconveniente de esta clase de Shrapnells además de que, como están libres, se deforman por el choque de partida y pasan á ser cuerpos angulosos y prolongados y por lo tanto sin buenas condiciones para su marcha despues de la explosion.

El diámetro mas conveniente segun la experiencia, es de $12^{mm},5$.

219. 2.° *Modelo.*—El inconveniente principal del modelo anterior que hemos dicho, trató de evitarlo el T. C. Siemens, separando la carga de la metralla, sujetando esta con azufre fundido y dejando un hueco central para la colocacion de aquella.

En los actuales Shrapnells de recámara central, se ha aumentado el efecto de la carga explosiva, colocándola dentro de un tubo metálico situado en direccion del eje (fig. 96) estando tambien las balas fijas por medio de azufre fundido.

El diámetro del tubo depende de la carga empleada, que como anteriormente hemos dicho no debe ser muy grande, pero sí lo suficiente para separar las balas del azufre que las une. En Alemania se sigue la regla de que sea doble que la necesaria para romper las paredes, habiéndose adoptado generalmente la de 21 gramos.

En este modelo, al contrario que en el anterior, conviene que las balas sean duras, lo que fácilmente se consigue aleando antimonio con el plomo.

A este sistema pertenecen los empleados en nuestra Artillería para los cañones de 8^{cm}. Tienen en su interior noventa balas y la carga explosiva, colocada en un tubo de laton, es de 10 gramos: la espoleta empleada es la anular de tiempos de Lencell, graduada de cincuenta en cincuenta metros.

Últimamente en Italia, han adoptado un Shrapnell para el cañon de 9^{cm} cargado por la culata, análogo á los descritos; carece de envuelta, teniendo en cambio anillos de cobre, dos próximos al culote y otros dos en el extremo de la parte cilíndrica: la carga, tambien colocada en un tubo de laton, es de 17 gramos de pólvora de fusil y contiene 175 á 179 balas de plomo endurecidas con antimonio, de 14^{mm} de diámetro; antes de introducirlas, se engrasan con aceite de oliva y se sujetan con colofonia fundida.

220. 3er *Modelo.*—La colocacion de la carga en la parte posterior del proyectil, tiene por objeto aumentar la densidad del haz de balas, estrechando el ángulo de dispersion. Colocada la carga, se pone sobre ella un diafracma de metal que la separa de la metralla: esta se fija tambien con azufre

fundido, dejando en su centro un hueco para un tubo metálico, que sirve para comunicar el fuego de la espoleta.

La manera de obrar los gases de la pólvora sobre las balas, debe ser análoga á la de las cargas de las piezas sobre la metralla, por cuya razon, tanto el tubo central como el diafragma, tienen expesores suficientes para evitar que los gases penetren en el lugar de las balas, sin cuyo requisito, no actuarian como conviene, que es impulsándolas siempre hacia adelante; estos expesores no deben sin embargo ser exagerados, puesto que, disminuyendo mucho el hueco interior, sería tambien menor el número de balas que podrian contener.

Es ademas preciso que la ojiva se desprenda con facilidad en el momento de la explosion, para que no detenga la marcha de la metralla. Dos son los sistemas diferentes de Shrapnells que de este tipo se conocen, ambos pertenecientes al tercer modelo: uno es el Inglés, que tiene la ojiva separada de la parte cilíndrica del proyectil, y solo sujeta á ella por tornillos; otro es el Austriaco, que formado de una sola pieza, tiene las paredes mas débiles en la union de la ojiva, para facilitar su separacion: en estos modelos hay que cuidar que la union de la ojiva con la parte cilíndrica no sea tan débil, que pudiera por efecto del choque producido por el disparo, separarse las dos partes dentro del ánima.

221. El Shrapnell de un solo cuerpo adoptado en Rusia despues de numerosas experiencias, es el representado en la (fig. 97). La separacion de la ojiva se consigue en estos por medio de la ranura *a*. En los primitivos modelos experimentados, la union se debilitaba, ó bien disminuyendo el expesor de metales, ó formando la ranura en el molde para que resultase en la colada del proyectil, pero la mala calidad de la fundicion en esta parte por efecto del mas rápido enfriamiento y la diferencia de contraccion con respecto á los puntos próximos, hacian poco homogénea la materia, por lo que en lo sucesivo, la ranura se hizo á torno pudiendo de este modo darla una profundidad constante, sin tener los inconvenientes expresados.

El diafracma *b b* se apoya sobre un resalte anular *c c* formado en el proyectil; y tiene en su centro un hueco circular, en prolongacion del tubo central *d*.

Para la union del diafracma con el tubo central, en los primeros modelos, tenia aquel un reborde tronco-cónico en una de sus caras, en el que entraba el extremo del tubo, que tenia la misma forma: este sistema tenia el inconveniente de que, teniendo que quedar en la fabricacion el diafracma, precisamente con dicha cara hácia la parte superior, habia necesidad de reconocer mas detenidamente todos los proyectiles de fabricacion corriente, por cuya razon se adoptó en definitiva la disposicion que se vé en la figura.

El tubo central es una de las partes del Shrapnells que merecen atencion preferente, por lo que para llegar á los actuales de una sola pieza, atornillados en la boquilla del proyectil, fué preciso hacer numerosas experiencias, variando la materia de su construccion, haciéndolos unas veces macizos y despues barrenados al calibre necesario; otras de chapa que se enrollaba y soldaba, y comparando por fin tubos con cabeza de un solo cuerpo, y los que ambas partes estaban separadas, adoptando como resultado de estas experiencias los de una sola pieza, construidos de chapa enrollada y soldada por sus extremos. En cuanto á sus dimensiones deben ser tales, que ofrezcan una resistencia proporcional á la de la ojiva.

La recámara de pólvora afecta la forma esférica, con objeto de regularizar la contraccion del metal en la colada.

Estos Shrapnells, están dotados de un orificio *o*, que tiene por objeto introducir la metralla y el azufre.

Para fijar la espoleta al proyectil y evitar que en el arreglo de esta para el tiro, se destornille, se coloca el tornillo *t*.

Los Shrapnells de cabeza separada adoptados como queda dicho para la artillería Inglesa, presentan la ventaja de facilitar la separacion de la ojiva en el momento de la explosion, así como la de verificarse mejor la carga.

222. El Shrapnells presentado últimamente por la casa Armstrong para los cañones de 76^{mm}, presenta (fig. 98) exte-

riormente la misma forma que la granada; la parte cilíndrica es de hierro y de acero la ojiva, sujeta con pequeños remaches. El hueco interior de la parte cilíndrica es tambien cilíndrico, con doce canales de seccion semi-circular en sentido de las generatrices, terminando en el fondo por una semi-esfera de menor diámetro.

Un tubo de laton que termina en una semi-esfera de hoja de lata, ocupa el eje del proyectil, encajando la superficie semi-esférica en la parte correspondiente del ánima y sirviendo de depósito á la carga explosiva: entre el tubo de laton y la semi-esfera de hoja de lata, hay una estrella de hierro, de seccion igual á la del ánima del proyectil.

Las balas, que son de la forma que la figura indica, están colocadas en nueve lechos de diez y ocho cada uno; las correspondientes á los tres lechos mas próximos al fondo son de hierro y de plomo las demás.

Sobre el último lecho se coloca una redondela de cuero y el hueco que queda entre la falsa boquilla, las paredes de la ojiva y dicha redondela, se llena con una pieza de madera de forma conveniente para dar paso á la espoleta.

La carga explosiva contenida en el tubo y depósito semi-esférico, es de 28 gramos, llevando además entre la espoleta y el tubo, un pequeño cebo, formado de 5 gramos de pólvora contenida en un saquete de tela.

El proyectil es de culote expansivo.

Análogos al anterior son los empleados por la artillería Inglesa para los cañones rayados de á 7 pulgadas. Las balas son esféricas, y se fijan con resina: el disco de cuero es en estos modelos de Kamptulicon, materia que formada con corcho, guttapercha y caoutchouc, tiene la propiedad de ser muy elástica y seca.

En general se emplean balas de plomo y antimonio para pequeños calibres y de hierro colado para los grandes.

Con objeto de disminuir el coste de la fabricacion de los tubos centrales, se ensayó en Rusia el empleo de tubos de fundicion, formando cuerpo con los diafracmas, por lo que

estos afectan la forma tronco-cónica que se vé en la (fig. 99), y los Shrapnells necesitan ser de cabeza separada para poder introducir los tubos.

Se ensaya actualmente en Alemania, (fábrica de Krupp) Shrapnells de hierro forjado, sustituyendo á los de fundicion, con objeto de resistir mejor las grandes cargas ahora empleadas, evitándose aumentar el expesor de los actuales, que siempre es causa de disminuir el número de balas: las pruebas verificadas parece dan muy buenos resultados: son de cabeza separada y de carga posterior.

223. 4.° *Modelo.*—En los primitivos de este sistema (fig. 100) se llenaba una parte del hueco del proyectil con las balas, entre las que se echaba arena fina para fijarlas, y en la parte superior una capa de azufre fundido, que constituyendo una costra dura, formaba el hueco A para la carga explosiva: tenian el inconveniente de que, rompiéndose por el choque del disparo la capa de azufre, la pólvora se mezclaba con las balas y la arena, siendo causa de irregularidades; por esta razon recibieron la modificacion que representa la (fig. 101) formándose las dos cámaras separadas A y B destinada la primera á encerrar la carga y las balas la segunda.

En resúmen, de los distintos modelos de Shrapnells considerados, el primero tiene los inconvenientes que al hacer su descripcion dijimos, presentando en cambio la ventaja de gran sencillez en su fabricacion, así como la de poder contener gran número de balas: es por tanto indudable, que si se llegase á inventar una sustancia explosiva que por sí bastase á fijar la metralla, sería muy ventajoso.

El segundo modelo, tiene el inconveniente, de formar en la explosion un haz de balas desprovisto de ellas en el centro, por la colocacion de la carga, siendo al mismo tiempo grande el ángulo de dispersion. Es tambien de fácil construccion y puede contener muchas balas.

El tercero, produce un haz denso y las balas se encuentran uniformemente repartidas, ventajas que tambien hicimos ver anteriormente: el ángulo de abertura es generalmente de 16°

aumentándose algo la velocidad de las balas, por la impulsion que reciben de la carga del Shrapuells. Es de mas dificil construccion que los anteriores y tiene menos sitio para la colocacion de las balas.

En cuanto al último modelo, no ha sido aceptado mas que en Francia; la pérdida de velocidad que necesariamente han de experimentar las balas por la accion de la carga, es causa de que sea inferior en buenas condiciones á todos los considerados, no debiendo, en el estado actual de la cuestion, dudar en dar la preferencia al tercer modelo.

Los Srapnells pueden tambien estar dotados de espoleta de percusion; su modo de obrar en este caso será chocando el proyectil primeramente en el suelo, y verificando despues la explosion en la parte ascendente del rebote. Facilmente se comprende, que al obrar de esta manera, pierde el Shrapnells muchas de sus buenas propiedades, puesto que siendo una de sus mayores ventajas, la de ser un tiro que no depende del terreno cuando se usa la espoleta de tiempos, con la de percusion dependerá de él, hasta el extremo, de que si no se presta al rebote, ó se verifica este en malas condiciones, su efecto podrá llegar á ser nulo ó muy pequeño. El choque tambien es causa de una gran pérdida de velocidad en el proyectil, lo que hace que sea tambien menor la que adquieren las balas despues de la explosion.

El origen de la introduccion de estos Shrapnells en algunas Artillerias fué la falta de buenas espoletas de tiempos; así como, la dificultad que en un principio habia para la rectificacion del tiro. Su única ventaja es la de poder ser empleados á grandes distancias.

224. *Rectificacion del tiro.*—Tanto el intervalo como la altura de explosion, distancias ambas que son las coordenadas del punto en que esta se verifica, deben ser las convenientes para que el efecto producido por el Shrapnells sea el mayor posible, siendo por consiguiente necesario graduar la altura de alza y graduacion de la espoleta para conseguirlo.

Ahora bien, sujeto el punto de explosion á diferentes

causas de error, producidas unas por la natural dispersion de los disparos en cada pieza, y otras, en una misma trayectoria, por las diferencias de tiempo en la combustion de las espoletas, resulta; que este punto variará en sentido horizontal y vertical, dentro de ciertos límites, con sujecion á la ley de los errores demostrada en el cálculo de probabilidades. Habrá en consecuencia un punto de explosion medio, que corresponderá á su vez á la trayectoria media, la que, cuando el tiro esté rectificado, deberá pasar por el centro del objeto. El intervalo, con el fin de aumentar el rádio de eficacia, deberá ser grande pero, no tanto, que la velocidad con que las balas lleguen al objeto batido, sea insuficiente.

El intervalo medio, debe variar con la distancia á que se tira, y en sentido contrario: porque disminuyendo la velocidad del Shrapnells cuando aquella sea mas grande, debe procurarse que las balas pierdan menos, desde el punto de explosion hasta el objeto.

La rectificacion del tiro, por consiguiente, tiene por objeto, hacer variar el alza convenientemente hasta tanto que la trayectoria media pase por el blanco, y graduar la espoleta, de manera que el punto medio de explosion, tenga el intervalo y altura deseable.

Tanto el intervalo como la altura, se fijan con anterioridad: el primero, igual para todas las distancias, con objeto de simplificar las correcciones en campaña, toma el nombre de *intervalo normal*, siendo 50 metros el mas conveniente; sin embargo, puede sin perder por ello en eficacia, variar 30 metros en mas ó en menos, tolerancia que es preciso en el tiro de campaña. La altura de explosion varía con la distancia, y las tablas de tiro deben dar su valor, siendo en general de 3 á 4 metros para las distancias medias y 6 para las grandes.

Los errores en direccion se corrigen de la manera ordinaria, y los producidos en altura, por la variacion sola del alza, por la de la espoleta ó por ambas á la vez, segun los casos.

Sea (fig. 102) A B la trayectoria media deseable y M el punto de explosion, M O será su altura y O E el intervalo:

supongamos que se obtiene una buena altura y un intervalo grande, siendo entonces, por ejemplo, N el punto de explosion, esto indica que el tiro ha sido bajo y al mismo tiempo que se ha verificado pronto la combustion de la espoleta. Si pues, se aumenta la graduacion de esta en el tiempo correspondiente al error cometido, el punto de explosion pasará á *m* y para llevarlo á M será preciso aumentar tambien el alza en la misma cantidad.

Si el error en el intervalo fuese por defecto, es decir que N sea el punto de explosion, habrá que disminuir la graduacion de la espoleta y tambien la altura de alza, en la cantidad correspondiente á la diferencia del intervalo. Esta doble correccion hecha á la par en el alza y espoleta toma el nombre de *correccion paralela.*

Supongamos ahora que el intervalo sea bueno y la altura superior ó inferior á la que debe obtenerse, caso que corresponde en la figura á los puntos de explosion *m* ó *m'*; bastará para rectificar el tiro, bajar ó subir el alza la cantidad correspondiente á las magnitudes M *m* ó M *m'*, sin mover la graduacion de la espoleta.

Por último, puede suceder tengan que corregirse á la vez la altura y el intervalo, verificándose que ambas circunstancias del tiro sean defectuosas en el mismo sentido ó en sentido contrario.

En el primer caso H ó H' serán los puntos de explosion: haciendo la correccion paralela, se traerán á los *a* ó *a'*, no quedando ya mas que bajar ó subir el alza, como anteriormente se dijo.

En el segundo, P y P' serán los expresados puntos, que por la correccion paralela, vendrán á *b* ó *b'* y despues á M, por bajar ó subir el alza.

Vemos por lo tanto, que cuando haya que corregir altura é intervalo, debe hacerse una correccion que se llame *doble*, por constar de la paralela y de otra sencilla en el alza; esta última es en el mismo sentido ó en sentido contrario, que la efectuada sobre ella misma en la correccion paralela segun que la altura y el intervalo deban corregirse tambien en el mismo

sentido ó en contrario; estas correcciones sobre el alza pueden hacerse de una vez, sumándolas en el primer caso, y restándolas en el segundo: en este último, basta generalmente variar solo la graduacion de la espoleta, por haber compensacion entre lo que tenga que subirse y bajarse el alza.

En resúmen, las correcciones que deben verificarse en todos los distintos casos que pueden ocurrir, son:

1.° *Si la altura es la conveniente; corregir en el mismo sentido el alza y la espoleta, ó sea verificar la correccion paralela.*

2.° *Si el intervalo es el conveniente; la correccion sencilla del alza.*

3.° *Si la altura y el intervalo son á la vez grandes ó pequeños; correccion simple de la espoleta.*

4.° *Si la altura y el intervalo son defectuosos en sentido contrario; correccion doble, es decir en mayor cantidad el alza que la espoleta.*

En general, las correcciones sobre la espoleta se harán siempre de 25 en 25 metros.

Pasemos ya á ver la manera de aplicar estas reglas generales en el tiro, y análogamente á lo que hicimos en el de granada, consideraremos los casos de ser el tiro, de Escuela ó de Guerra.

225. 1.er *Caso.*—Se conoce con exactitud la distancia á que se tira, y pueden, con aproximacion suficiente, apreciarse las alturas é intervalos, y por lo tanto los errores cometidos.

Teniendo presente que los Shrapnells, deben siempre dar intervalos positivos, el punto medio de explosion deberá estar por delante del objeto, y se considerará el tiro rectificado, si la zona que contiene el 50 por 100 de las mejores explosiones, está tambien delante, de modo que la probabilidad de que el punto medio cumpla con tal condicion será superior á 0,5; así pues:

1.° Si de dos disparos, ambos Shrapnells han dado en tierra antes de estallar, ó su punto de explosion está mas allá del objeto; se corregirá el tiro.

2.° Si en tres disparos, solo un Shrapnells ha estallado antes del objeto; se corregirá el tiro.

3.° Si de cuatro disparos, dos Shrapnells han verificado su explosion mas allá del objeto, ó han tocado en tierra antes, ó el intervalo medio de los cuatro es mayor de 100^{m}, se corregirá el tiro.

4.° Despues de hechos estos primeros disparos, se hará una serie de seis, corrigiendo el tiro segun el resultado de la altura ó intervalos medios observados, verificándolo despues nuevamente en otra série de diez.

226. 2.° *Caso.*—Si el tiro está precedido del de granada, se empieza por rectificarle en alcance y una vez conocida la verdadera alza, se hace un grupo de ocho ó diez disparos con la menor de las dos alzas correspondientes á los límites determinados en el tiro anterior, y que deben comprender al objeto en un intervalo de 50 metros, graduando la espoleta para la distancia correspondiente.

Dada la dispersion natural de los disparos y los errores en mas y en menos de la espoleta, resulta; que estando el tiro rectificado, las explosiones de los Shrapnells estarán próximamente, la mitad por encima y la otra por debajo de la altura deseable, y si el intervalo es grande, la mayoria de los disparos, darán explosiones altas, siendo por el contrario bajas, si el intervalo medio es menor que el que debe obtenerse. Ahora bien, para que la espoleta de un Shrapnells reuna buenas condiciones, es preciso que la diferencia máxima de tiempo, que puedan dar, sea menor que el error en mas que se tolera respecto al intervalo, que como ya se ha dicho pueden en campaña llegar á 100^{m}, por consiguiente; supuesta rectificada la trayectoria, no se deberá corregir el tiro de ensayo mas que en el caso en que los intervalos sean pequeños y teniendo en cuenta que se tira á una distancia menor que la verdadera, solo se considerarán como tales los que se observen negativos ó los Shrapnells que toquen en tierra antes de reventar, por consiguiente, si despues de hecho un grupo de disparos, todos los Shrapnells estallan delante del objeto,

puede considerarse el tiro como rectificado. Si se observa algun disparo que lo haga detras del objeto, ó bien dos Shrapnells que dén en tierra antes de reventar, se disminuirá la graduacion 50 metros, volviendo nuevamente á empezar el grupo.

Si al tiro de Shrapnell no precede el de granada, se empieza disparando á una distancia apreciada á simple vista, ó con telemetros de campaña, graduándose el alza consiguientemente. Observando los disparos y siempre que se conozca el sentido del intervalo, se procede á verificar las correcciones paralelas, siguiendo un órden análogo al que indicamos en el tiro de granada, hasta fijar el límite inferior de las dos distancias que comprendan al objeto, en un intervalo de 50^{m}.

Cuando las alturas de los puntos de explosion sean grandes y no pueda apreciarse el intervalo, se hace solamente correccion sobre el alza, rebajándola en la cantidad que se juzgue necesaria; corrigiendo despues el intervalo si resultase negativo.

Si el Shrapnell toca en tierra á gran distancia del objeto, se hace solamente correccion en el alza: y por último, se hará solo en la graduacion de la espoleta, cuando tambien dé en tierra, pero muy próximo á aquel.

En general, deberán preferirse las correcciones en la espoleta en menos, porque las que se hacen aumentando graduacion, pueden dar lugar á intervalos negativos, siendo tambien preferibles los puntos de explosion bajos, por ser mas facilmente observados.

Enseguida se procede al tiro de grupos, haciendo ocho ó diez disparos con la menor de las alzas obtenidas, considerando el tiro rectificado como en el caso anterior.

Como en este caso la distancia no está bien determinada, es mas probable que varios proyectiles dén en tierra por delante del objeto: si así sucede, se corríge aumentando el alza en 50 metros. Del mismo modo, si se observasen varios disparos mas allá del objeto, se hará una correccion paralela de otros 50 metros.

En la continuacion del fuego deben siempre observarse los

resultados de los disparos para hacer las correcciones á que haya lugar.

Si se baten tropas ocultas, el tiro de ensayo se hace del mismo modo, tirando el primer grupo á la distancia media de las dos determinadas que comprendan al objeto, considerándose el tiro rectificado cuando la masa cubriente oculte la cuarta parte ó la mitad de los tiros.

Cuando las tropas se aproximan ó alejan, se verifica el tiro como se dijo al tratar del de granada, empezando primero por determinar dos alzas correspondientes á distancias, que diferenciándose en 200 metros, comprendan al objeto, disparando enseguida á la mas corta. Cuando se oproximan, se continúa el fuego con la misma alza, hasta que se observe alguna explosion mas allá del objeto, en cuyo caso se hace un fuego rápido de seis disparos, disminuyendo despues 200 ó 300 metros segun sea la velocidad de la marcha. Si al alejarse y disparando á la distancia mas corta, no se vé ningun punto de explosion mas allá, se aumentará 100 metros la distancia, continuándose de este modo hasta tanto que no se observe ninguna explosion de esta naturaleza.

227. Tiro de Sitio.—Es tambien el Shrapnell de gran aplicacion en este tiro, como lo demuestran las experiencias que en breve citaremos, al tratar de las ventajas de estos proyectiles sin tener que detallar su arreglo, por estar en el caso del ya explicado cuando se baten tropas ocultas.

228. Tiro de Costa. En el tiro contra buques es de poca aplicacion el empleo del Shrapnell, por que, estando generalmente la tripulacion en las baterias, seria necesario para causar algun efecto, que las balas penetrasen por las portas. Fácilmente se concibe la dificultad que hay para ello, por las pequeñas dimensiones que tienen; sin embargo, si alguna vez se viese personal del buque sobre cubierta, que es en donde generalmente estará el Comandante, y la distancia lo permite, es conveniente hacer algun disparo con esta clase de proyectil.

229. Ventajas de los Shrapnells.—A primera

vista parecen estos proyectiles inferiores á la granada ordinaria dotada de espoleta de percusion, si se atiende á la facilidad que esta presenta para su manejo, pero como quiera que el servicio de una pieza de artillería necesita varios hombres, una buena distribucion en las obligaciones de cada uno y el perfecto conocimiento de ellas, hace que este inconveniente, presentado como de gran importancia por los adversarios de los Shrapnells, no sea de consideracion ante las ventajas que por otra parte tienen. La experiencia enseña efectivamente, que la Artillería Inglesa los maneja con admirable viveza y precision y en tan alto grado, como pudiera suceder con cualquier otro género de proyectiles.

Una de sus mayores ventajas es la de que su efecto, es independiente por completo de la naturaleza del terreno en que se tira, lo que no sucede en la granada con espoleta de percusion, pues si el terreno es accidentado ó muy blando, pueden llegar á producir un efecto nulo ó muy pequeño.

Se atribuye tambien al Shrapnell el inconveniente de ser dificil la correccion del tiro, por ser necesario tomar en consideracion dos elementos, alza y espoleta, es decir uno mas que en la granada ordinaria, y que además, en el tiro de batería no parece natural cargar mas que una sola pieza, esperando á ver el efecto producido para graduar la espoleta antes de cargar otra, retardándose en consecuencia el fuego. Ya hemos dicho al tratar de la rectificacion del tiro, que las correcciones de alza y espoleta se hacen á la par, y que en muchos casos solo es una correccion simple la que es preciso efectuar, por cuya razon, si bien no puede negarse existe alguna mayor complicacion que en la rectificacion del tiro de granada ordinaria, tambien es indudable que no tiene la importancia que se supone por algunos, y que con una buena instruccion dada á las baterías en nuestras Escuelas prácticas en tiempo de paz, se llegaría á facilitar extraordinariamente el manejo de esta clase de proyectiles y que lleguen á considerarse por sus buenos resultados, como los mas convenientes para la generadad de los casos que en campaña pueden presentarse.

En cuanto al retraso en el fuego por la rectificacion del tiro, no debe preocupar en modo alguno, pues como veremos enseguida, el efecto de este proyectil en los tiros de ensayo, es mucho mayor que el de la granada ordinaria: pueden pues cargarse todas las piezas de la batería antes de rectificar el tiro, lo que proporcionará la ventaja de que su observacion dará un dato mas seguro para la rectificacion.

La influencia de los errores que pueden cometerse, es mucho menor que en la granada ordinaria. En efecto, dada la forma del haz formado por las balas, que segun hemos admitido es un cono recto cuyo eje es la tangente á la trayectoria en el punto de explosion, resulta; que la mitad superior del haz, producirá en el terreno una seccion de mayor longitud que la de la mitad inferior; además, las diversas trayectorias descritas por las balas de aquel medio haz, serán mucho mas tendidas que la del proyectil, y por el contrario las del otro medio presentarán mayor curvatura, de modo; que si el intervalo es grande y pequeña la altura con respecto á lo que se desea, no se perderá el efecto, pues que se aprovecharán las balas de la parte superior del haz, mientras que en los disparos largos se utilizará la mitad inferior.

Tanto por esta circunstancia como por la mayor facilidad que resulta para la observacion, debe procurarse que los puntos de explosion sean bajos, y aun cuando se cometan errores, si son en menos, siempre el Shrapnell producirá buen resultado, pudiéndose aun esperar buen efecto de los disparos largos, lo que nunca sucede con la granada ordinaria, pues sabido es que la que pasa mas allá del objeto que se bate, no causa ninguno.

Contra tropas descubiertas, queda probada la superioridad del Shrapnell, y recientemente se han hecho experiencias en Rusia para determinar si tiene ventaja sobre la granada, cuando aquellas se encuentren colocadas detras de parapetos: de ellas ha resultado, que el tiro indirecto hecho con granada, no tiene efecto contra tropas ocultas detrás de un parapeto de 2,^{m} 15 de altura á menos distancia de 6^{m} del pié, por lo que

dicho tiro ha sido desechado para campaña en todas las Artillerías á escepcion de la Austriaca; el Shrapnell, si bien es cierto que tampoco produce efecto á menor distancia, aun cuando se disminuya la carga con objeto de aumentar el ángulo de caida del semi-haz inferior, presenta la ventaja de producirlo mayor que la granada á mayor distancia y dar por lo tanto mejores resultados sobre las tropas de reserva.

Todas las consideraciones hechas, y la experiencia sobre todo, despues de una sólida instruccion que permita familiarizarse con este proyectil, y hacer de este modo palpables sus ventajas, serán las circunstancias que permitan establecer terminantemente la proporcion en que deben entrar para la dotacion de nuestras baterías.

230. Tiro de metralla.—Su empleo es muy limitado, por dejar de ser eficaz á distancias superiores á 600 metros, pero reune condiciones muy ventajosas para la defensa proxima, tanto por su efecto, como por la facilidad y prontitud de la carga.

Las experiencias últimamente efectuadas en Rusia, con los cañones de campaña, Modelo 1877, han permitido concluir, que para el tiro de metrallas es inútil el pretender una puntería exacta, pudiendo cometerse en mas ó en menos, errores de 5 milímetros en el alza, sin que el efecto obtenido sea alterado sensiblemente.

Las reglas de tiro establecidas para los cañones de campaña rusos, se reducen á apuntar hasta 213 metros con el alza en cero; para la distancia de 426 metros, 30 milímetros de alza y para las intermedias 15 milímetros.

NOTA. Las fórmulas que hemos empleado, relativas al Cálculo de Probabilidades, han sido tomadas de la notable obra del distinguido Jefe D. DIEGO OLLERO, cuyo estudio es indispensable para la inteligencia de este capítulo.

CAPÍTULO 6.°

PENETRACION DE LOS PROYECTILES.

231. Las consideraciones hechas (*) al tratar de la penetracion de los proyectiles esféricos, son aplicables á los ojivales, teniendo estos siempre las ventajas que resultan, tanto de su forma exterior, como de su mayor peso: la causa de ser menor la resistencia del aire sobre los proyectiles ojivales, consiste en que separan mas fácilmente las moléculas de dicho fluido, lo cual tambien sucede cuando marchan á través de medios mas resistentes.

La fórmula obtenida en las experiencias de Metz y Gâvre para la penetracion de los proyectiles esféricos en tierras de diversas clases, mamposterías, carbon y blindajes de madera que es:

$$E = A \frac{p}{d} \log (1 + bV) \qquad (1)$$

en la cual E representa la penetracion, d el diámetro del proyectil, p su peso, V la velocidad de llegada y A y b coeficientes dependientes de la naturaleza del medio penetrado, puede aplicarse con suficiente exactitud á los proyectiles ojivales, conservando los mismos coeficientes, segun lo de-

(*) Tratado de Balística.—Artillería lisa.

muestran las experiencias hechas en Fére, Châlons, Gâvre y fuerte de Enet.

232. La siguiente tabla, contiene los valores de los coeficientes A y *b* para distintos medios resistentes, tomados del Prontuario de Balística experimental de Sebert.

MEDIOS RESISTENTES.	COEFICIENTES.	
	b	A
Mampostería de piedra labrada de buena calidad.	0,000015	0,181
Id. id. id. ordinaria..	0,000015	0,249
Id. id. de ladrillo. . , . .	0,000015	0,316
Tierras vegetales apisonadas..	0,00006	13,5
Tierras arcillosas. . . . . , ...	0,00008	37,5
Carbon. Fuertemente comprimido. .	0,000025	0,263
Carbon. Ligeramente comprimido...		0,383
Madera de encina.	0,000020	0,303
Id. de olmo.		0,465
Id. de pino.		0,640
Id. de álamo.		0,710

Debe advertirse que las penetraciones en las tierras son muy variables, experimentándose á veces variaciones considerables de un disparo á otro. Los proyectiles ojivales al penetrar en ellas, desvian mucho de su direccion inicial, llegando algunas veces hasta dar una vuelta completa, quedando la ojiva hacia atrás, en cuyo caso disminuye la penetracion: esta particularidad se debe indudablemente á la poca homogeneidad de las tierras, por lo que el proyectil buscará para su penetracion los sitios de menor resistencia.

233. Murallas acorazadas.—En la actualidad ha adquirido una gran importancia el problema de la penetracion de los proyectiles al través de las corazas: la dificultad del problema es causa de que sean muy variables las fórmulas que existen segun las diversas experiencias de que proceden: en las que á continuacion exponemos, seguiremos el resúmen pu-

blicado por Mr. Hélie, Profesor de la Escuela de Artillería de la Marina Francesa; de las diferentes experiencias que se han hecho con tal objeto. No puede esperarse de ellas un rigor absoluto, tanto por la incertidumbre en el conocimiento de la velocidad del proyectil en el momento del choque, como por la diversa calidad de las placas.

234. Penetracion de los proyectiles ojivales ó cilíndricos en placas de hierro, aisladas.—Como ya sabemos, la resistencia que un cuerpo presenta á ser penetrado por un proyectil, es proporcional, segun demuestra la experiencia, al cuadrado del diámetro de este y á una funcion de la velocidad; es decir

$$\rho = \frac{\pi d^2}{4}(\alpha + \beta V^2)$$

representando: d el diámetro, V la velocidad, y α y β coeficientes dependientes del medio penetrado.

Las experiencias verificadas últimamente en Inglaterra sobre penetraciones en placas de hierro aisladas, demuestran, que para este caso, puede prescindirse de la influencia de la velocidad, por resultar β muy pequeña; quedando por lo tanto el valor de ρ reducido á

$$\rho = \frac{\pi d^2}{4}\alpha$$

Ahora bien, llamando e al espesor de la placa y W á la velocidad precisa con que el proyectil debe chocar en ella para atravesarla y suponiendo que el movimiento se efectúe como si tuviese lugar en un macizo indefinido; la expresion del teorema de fuerzas vivas nos dará

$$\frac{1}{2}\frac{p}{g}W^2 = \rho e = \frac{\pi d^2}{4}\alpha e.$$

Pero en el caso de un macizo indefinido, la resistencia puede considerarse como constante, pues la compresion de unas capas sobre otras (de las situadas perpendicularmente á la direccion del movimiento del proyectil) es uniforme durante

todo el trayecto, mientras que en un espesor finito, hasta cierto límite disminuirá la resistencia, por la circunstancia de poder ceder las últimas capas, que se encuentran desamparadas; esta disminucion será tanto más rápida, cuanto mayor sea el diámetro de los proyectiles, puesto que el esfuerzo de compresion sería mayor en el medio indefinido.

Así pues, será preciso en este caso, multiplicar el valor de la resistencia que aparece en la fórmula anterior, por una funcion $\varphi\left(\frac{e}{d}\right)$ que debe ser creciente con $\frac{e}{d}$ y hacerse constante á partir de un cierto valor de esta relacion. Tendremos por consiguiente

$$\frac{1}{2}\frac{p}{g}W^2=\frac{\pi d^2}{4}\alpha e\varphi\left(\frac{e}{d}\right)$$

Desarrollando la funcion $\varphi\left(\frac{e}{d}\right)$ en serie y limitándola á su primer término, al que podrá reducirse cuando $\frac{e}{d}$ no pase de un cierto valor, se tendrá, afectando la fórmula de un coeficiente K

$$\frac{1}{2}\frac{p}{g}W^2=K\pi\frac{d}{4}\alpha e^2$$

de donde

$$pW^2=\frac{K\pi\alpha g}{2}de^2$$

y haciendo

$$h^2=\frac{K\pi\alpha g}{2}$$

se tendrá

$$pW^2=h^2de^2$$

ó bien

$$W\sqrt{p}=he\sqrt{d}$$

determinándose h por la expresion

$$h = \frac{W}{e}\sqrt{\frac{p}{d}}$$

en la cual, p, d y e son conocidos, bastando por lo tanto calcular el valor de W para cada uno de los que tengan las otras tres cantidades.

Puede hacerse esto por tanteos, variando la carga, hasta obtener aquella que dé una velocidad al proyectil que no exceda de la necesaria para atravesar la placa, y conociéndose la velocidad inicial se conocerá igualmente la remanente en el punto de choque.

Si llamamos V la velocidad en el punto de choque, supuesta mayor que la W, extrictamente necesaria para atravesar la placa, el proyectil saldrá de esta con una cierta velocidad u, y siendo la fuerza viva del choque igual á la consumida en él, agregada á la que el proyectil conserva al salir de la placa, se tendrá

$$W^2 = V^2 - u^2$$

fórmula que, calculando V por el conocimiento de la velocidad inicial y determinando u experimentalmente, nos dará el valor de W.

Segun los razonamientos hechos, el valor de h debería ser constante, sin embargo de ello, las experiencias inglesas han demostrado que decrece cuando aumenta el espesor de las placas, lo que puede atribuirse á la falta de homogeneidad de aquellas, tanto mayor cuanto mayor sea el espesor, por la consiguiente dificultad de fabricacion. De estas experiencias se dedujo que el valor mas aproximado de h segun los encontrados, se obtiene por la expresion

$$h = \frac{1440}{\sqrt[3]{e}}$$

por lo que la fórmula definitiva de las penetraciones para los

proyectiles de acero ingleses, (esféricos ó cilíndricos) con cabeza semi-esférica es

$$W = 1440\, e^{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{d}{p}} \qquad (2)$$

de donde

$$p\, W^2 = 2.073.600\, d\, e^{\frac{4}{3}} \qquad (3)$$

en la que p se expresa en kilógramos, W en metros, y d y e en decímetros.

En las experiencias ejecutadas en Gâvre con proyectiles cilindro-ojivales de los empleados por la Marina Francesa, atravesando placas de hierro forjado, se tomó como valor de h, que mas concuerda con los resultados de la experiencia

$$h = \frac{1660}{\sqrt[3]{e}}$$

y por lo tanto

$$W = 1660\, e^{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{d}{p}} \qquad (4)$$

fórmula que no solamente está conforme con los resultados obtenidos en 1864 sobre placas que tenian hasta $1^{dm},2$ de espesor, sino tambien con las experiencias de 1875 empleando placas de $4^{dm},4$.

235. Corazas compuestas de placas superpuestas.—Supongamos una coraza compuesta de m placas cuyos espesores sean $e_1, e_2, e_3 \ldots\ldots$; llamando $W_1, W_2, W_3 \ldots\ldots$ las velocidades necesarias en los proyectiles para atravesar cada placa si estuvieran aisladas y V la precisa para atravesar todo el sistema; admitiendo que la fuerza viva total sea igual á la suma de las fuerzas vivas parciales que exigen la perforacion de cada una de las placas aisladas, tendremos

$$W^2 = W_1^2 + W_2^2 + W_3^2 + \ldots\ldots$$

Sea e el espesor de una placa aislada, que exige para ser

atravesada, la velocidad W: siendo dados los valores de W, W_1, W_2..... por las fórmulas (2) y (4) sustituyendo en ellas en lugar del espesor los valores e, e_1, e_2..... se tendrá

$$\frac{V^2}{W^2} = \frac{e_1^{\frac{4}{3}} + e_2^{\frac{4}{3}} + e_3^{\frac{4}{3}} + \ldots\ldots}{e^{\frac{4}{3}}}$$

Ahora bien, para que la placa de espesor e sea equivalente al sistema propuesto, es decir para que se verifique

$$V = W$$

es preciso que se cumpla la condicion

$$e^{\frac{4}{3}} = e_1^{\frac{4}{3}} + e_2^{\frac{4}{3}} + e_3^{\frac{4}{3}} + \ldots\ldots \qquad (5)$$

de la cual se deduce el valor e del espesor de la placa equivalente, así como el de W, valiéndose de las ecuaciones (2) y (4).

Si todas las placas fuesen del mismo espesor, es decir

$$e_1 = e_2 = e_3 = \ldots\ldots$$

y fuese m el número de placas; de la ecuacion (5) se deduce

$$e^{\frac{4}{3}} = m\, e_1^{\frac{4}{3}}$$

de donde

$$e = m^{\frac{3}{4}} e_1$$

ó sea

$$e = \frac{m\, e_1}{\sqrt[4]{m}} \qquad (6)$$

El valor que de esta manera se obtiene para la velocidad, resultará necesariamente inferior al verdadero, pues en este sistema de corazas, cada una de las placas no presentará la misma resistencia que presentaria si estuviese aislada, sino una mayor, por efecto de la ligazon que se establece entre las diferentes partes del sistema.

Limitándonos al caso mas general de estar constituida la

coraza por dos placas superpuestas y llamando W' la velocidad necesaria para atravesar una placa de espesor Σ igual á la suma $e'+e''$ de los espesores de las dos placas dadas, se tendrá

$$\frac{W_1^2+W_2^2}{W'^2}=\frac{e'^{\frac{4}{3}}+e''^{\frac{4}{3}}}{\Sigma^{\frac{4}{3}}}$$

para valor de la relacion de la fuerza viva con que el proyectil puede atravesar todas las placas, á la que necesita para atravesar una sola cuyo espesor sea igual á la suma de los de aquellas: suponiendo

$$\frac{e_1}{e_2}=n$$

y siendo además

$$e_1+e_2=\Sigma$$

se tiene

$$e_1=\frac{n\Sigma}{n+1} \quad \text{y} \quad e_2=\frac{\Sigma}{n+1}$$

y por lo tanto

$$\frac{W_1^2+W_2^2}{W'^2}=\frac{1+n^{\frac{4}{3}}}{(1+n)^{\frac{4}{3}}}$$

en la que, si se verifica $n=1$ ó bien $e_1=e_2$ se deduce

$$\frac{W_1^2+W_2^2}{W'^2}=0,76$$

en donde vemos, que la suma de las fuerzas vivas, es menor que la precisa para atravesar la placa aislada, siendo aun esta relacion demasiado pequeña: por esta razon adoptaremos el valor dado por las experiencias de Gâvre, hechas con una coraza

compuesta de dos placas iguales de 2^{dm} de espesor cada una, en las que resultó

$$\frac{W_1^2 + W_2^2}{W'^2} = 0{,}86$$

es decir

$$\frac{e_1^{\frac{4}{3}} + e_2^{\frac{4}{3}}}{\Sigma^{\frac{4}{3}}} = 0{,}86$$

y llamando e al espesor de la placa equivalente al conjunto de las dos dadas ó sea

$$e^{\frac{4}{3}} = e_1^{\frac{4}{3}} + e_2^{\frac{4}{3}} = 2\, e_3^{\frac{4}{3}}$$

se tendrá

$$\frac{e^{\frac{4}{3}}}{\Sigma^{\frac{4}{3}}} = 0{,}86$$

ó bien

$$e = 0{,}898\, \Sigma$$

Esta relacion $\frac{e}{\Sigma}$ debe crecer á medida que n aumente y ser igual á la unidad para $\frac{1}{n} = 0$, por resultar en este caso

$$e_2 = 0 \quad \text{y} \quad \Sigma = e_1$$

quedando una sola placa. Así pues, la relacion estará expresada bajo la forma

$$\frac{e}{\Sigma} = 1 - \frac{\varpi}{n}$$

que para el caso de ser $n = 1$ sabemos tiene por valor 0,898 y por lo tanto

$$\varpi = 0{,}10^2$$

así pues, en general

$$\frac{e}{\Sigma} = 1 - \frac{0,10^2}{n}$$

Despejando e en esta última expresion y sustituyendo su valor en la fórmula (4) nos dará la velocidad necesaria para atravesar la coraza.

236. Blindajes de madera —Llamando e el espesor de madera que se trata de atravesar, expresado en decímetros; u la velocidad necesaria, en metros; p el peso del proyectil en kilógramos; y d su diámetro en decímetros: por consideraciones análogas á las hechas al tratar de la penetracion en placas de hierro, llegariamos á obtener la expresion

$$p\,u^2 = h^2\,d\,e^2$$

de donde

$$u = h\,e\sqrt{\frac{d}{p}}$$

fórmula que dará para h un valor demasiado grande, puesto que la relacion $\frac{e}{d}$ es en general mayor tratándose de maderas que cuando se aplica á placas de hierro, y por lo tanto el error cometido al prescindir en el valor de $\varphi\left(\frac{e}{d}\right)$ de los términos que siguen al primero, es mayor en los blindajes de madera, que en las placas de hierro.

Las experiencias de Gâvre demuestran que para la madera de encina, el valor de h es 95 y por lo tanto

$$u = 95\,e\sqrt{\frac{d}{p}} \qquad (7)$$

237. Blindajes de madera acorazados.—Tratándose de esta clase de blindajes, la velocidad con que el proyectil debe salir de la placa, en el supuesto de que no haya ligazon ninguna entre ella y la madera, debe ser igual, á la

necesaria para atravesar esta última: así pues, si llamamos V, W y u respectivamente, á las velocidades precisas para atravesar todo el sistema, la placa y la madera; análogamente á lo dicho al tratarse de placas superpuestas, debe verificarse

$$V^2 = W^2 + u^2$$

debiendo calcularse W y u por las fórmulas anteriormente encontradas para las penetraciones en hierro y madera. El valor que de este modo se encuentre para V no será exacto, puesto que, en primer lugar, al establecer la relacion anterior, se ha prescindido de la ligazon que siempre existe entre las diversas partes del conjunto y además, que tampoco se toma en cuenta la circunstancia de que el proyectil, durante algun tiempo, está á la vez en el hierro y la madera. Apesar de esto, la experiencia demuestra que pueden emplearse las fórmulas (4) y (7) para los valores de W y u, los que sustituidos en la expresion anterior, dán

$$V^2 = \frac{d}{p}\left(9.025\, e^2 + 2.755.600\, e^{\frac{4}{3}}\right) \qquad (8)$$

Desde luego se observa la diferencia que existe entre las fórmulas Inglesas y Francesas, para la penetracion de los proyectiles á través de placas aisladas, lo que debe suponerse debido principalmente á la diferente resistencia de las placas empleadas. Además de esto, el eje de los proyectiles en el momento del choque cambia de direccion, dejando de ser normal á la placa, variacion que será tanto mayor cuanto mas grande sea la distancia á que se tire: las variaciones que experimentan las velocidades iniciales son tambien otra causa de incertidumbre, que unida á las anteriores, indican la necesidad de tomar para término medio de la velocidad necesaria en el momento del choque, un valor algo superior al obtenido por las fórmulas, asegurando de este modo, que el mayor número de proyectiles atravesará las corazas.

Estas fórmulas, que son de una aplicacion sencilla en la resolucion de un problema tan interesante, no deben ser

aplicadas sino cuando se tiren proyectiles semejantes á los empleados en las experiencias hechas para su establecimiento, siendo por lo tanto muy conveniente, que se hicieran entre nosotros, para determinar los coeficientes que corresponden á nuestros proyectiles.

238. Tiro oblicuo sobre corazas.—El proyectil al chocar con la coraza, necesita tener una velocidad tal, que la componente normal á ella, sea igual por lo menos á la necesaria para atravesarla; si pues, se llama i al ángulo de inclinacion con la normal y t la velocidad de llegada

$$t' = t \cos i:$$

que es la componente normal de la velocidad, debe ser igual al valor dado por las fórmulas anteriores, para determinar la velocidad precisa para la penetracion de los proyectiles.

239. Efecto de los proyectiles.—El sitio de París por el ejército aleman, en los años 1870 al 71, suministra datos muy importantes sobre el efecto de los proyectiles en distintas obras de fortificacion, por ser en donde se reunió un tren de sitio, quizá, el mas completo de los conocidos hasta ahora, por cuya razon estractamos las noticias dadas por la Revue d'Artillerie sobre este particular.

240. Penetracion en tierras.—De las observaciones hechas sobre la penetracion de los proyectiles alemanes en las tierras de la fortificacion, se deduce; que las granadas de 15^{cm} han llegado á penetrar hasta tres metros de profundidad en tierras fuertes y sentadas recientemente; en las tierras sentadas de antiguo, la penetracion es mucho menor, pues no pasa generalmente de $1^{m},5$; tambien se observó, que era nula la penetracion de las granadas de 9^{cm} en las carreteras y terrenos helados; penetrando solo $0^{m},9$ en los antiguos parapetos y tierras sentadas.

La penetracion es menor en tierras poco consistentes y arenosas, así, para la referida granada de 15^{cm}, se observaron las penetraciones de $2^{m},10$ en las primeras y $1^{m},80$ en las segundas.

La siguiente tabla, dá idea de las distintas penetraciones.

Fuertes y Sectores.	PENETRACIONES.		DISTANCIAS.			OBSERVACIONES.
	Tierras duras ó antiguos parapetos.	Parapetos modernos.	Calibre	Mínima.	Máxima.	
	Metros.	*Metros.*	*Cent.*	*Metros.*	*Metros.*	
Briche.....	1 á 1'50	2'50 á 3	15	1800	4050	Tierras fuertes.
Double Couronne...	1 á 1'50	2'50 á 3	15	1275	4725	id.
Est	»	3'00	15	3450	3725	id.
Aubervilliers.....	1 á 2	1 á 2	15	2775	5400	Tierras arcillosas.
Rosny.....	»	2'50 á 3	15	4125	5250	id.
Noisy.....	»	2'00	15	»	4950	id.
Saint-Maur.....	1 á 1'50	»	15	»	3900	»
Hautes-Bruyéres...	0'90	1'20	9	»	2100	Tierras arenosas.
Buître.....	0'80 á 1	»	9	»	3500	id.
Montrouge.....	»	0'80 á 1	21	»	2000	Tierras poco consistentes.
	»	2'10	15	1950	2170	id.
	»	2'00	12	»	2100	id.
	»	1'30	9	»	3500	id.
Vanves.....	»	3'00	15	1800	2400	Tierras consistentes.
6.° Sector.....	»	2'60	15	3000	4500	Tierras fuertes.
		1'80	15	»	»	Tierras arenosas.
7.° Sector.....	1 á 1'50	»	15	3000	4800	id.

Generalmente se observó, que las granadas al estallar en el interior de las masas de tierra, no proyectaban cascos al exterior, atribuyéndolo la comision de exámen, á la circunstancia de producirse la detonacion antes de perder el proyectil toda la fuerza viva.

La granada de 21^{cm} cuando revienta, arroja las tierras hacia afuera, produciendo una escavacion de forma de embudo, de 3 á 4 metros cúbicos de capacidad en algunos puntos.

Por último, se observó tambien, que la penetracion de los proyectiles en los parapetos de sacos á tierra era menor que en las tierras de los declives.

241. Penetracion en las mamposterias.—Muros aislados.—Sobre muros aislados se observó; que la granada de 15^{cm} penetra, en los construidos de piedras regulares, de 0,8 á 1^{m} de espesor, tirando á una distancia variable entre 1300 y 5000^{m}, produciendo al estallar en el muro, un agujero de forma cónica de $1^{m},2$ y $0^{m},25$ de diámetro en las dos bases: generalmente, la granada de este calibre atravesó muros de $0^{m},70$ de espesor, reventando á la salida y conservando los cascos, fuerza suficiente para atravesar otros de $0^{m},35$ de espesor.

Las granadas de 9^{cm} penetran mucho menos; atravesarán sin embargo á 1300^{m}, espesores de $0^{m},50$ á $0^{m},60$. Muchos de estos proyectiles, que llegaban con gran inclinacion, penetraron $0^{m},2$ ó $0^{m},3$ y algunos, reventando al chocar con la mampostería, producian solo ligeros desperfectos.

242. Muros macizos de sosten.—En esta clase de muros, destinados como se sabe al sostenimiento de las tierras que les están adosadas; la penetracion de los proyectiles produce agujeros, algunas veces de forma cilíndrica y generalmente tronco-cónica, presentando en este caso en el fondo, una parte cilíndrica de $0^{m},2$ de profundidad.

La penetracion varía con los elementos del tiro y muy principalmente, con la distancia y el ángulo de inclinacion de los proyectiles con el muro, así es que, la dificultad de recoger estos datos durante el sitio, no permitió sacar de las ob-

servaciones hechas, todo el partido que se podia esperar.

Las baterías alemanas, situadas á distancias comprendidas entre 4000 y 1300^{m}, han producido, en muros normales á la linea de tiro, penetraciones de 0^{m},50 á 0^{m},80 de profundidad, destruyéndolos en parte, en una extension que generalmente era un círculo de 1^{m} de diámetro.

243. Muros de máscara.—Durante la investidura, se reforzaron los muros de máscara de las casamatas destinadas á las municiones. Se construyó dentro de la casamata un tabique de mamposteria de 0^{m}.50 de espesor y á la distancia de 1^{m},50 del muro de máscara, rellenando el espacio comprendido entre ambos muros, con piedra seca y arena: así reforzado, los proyectiles de 15^{cm}, disparados á las distancias de 1300 á 5000^{m}, penetraban algunas veces atravesando el muro de máscara hasta 1^{m},50 de espesor pero sin entrar en la casamata y solo al cabo de muchos disparos se quebrantaba algo el muro de refuerzo, por lo que se reforzó de nuevo, colocando un tabique de sacos á tierra de 2 á 3^{m} de espesor y adosado á él, otro muro de 1^{m} de espesor, con objeto de que si la parte anterior era destruida, quedando un declive de 45°, el nuevo muro evitase la penetracion de los proyectiles dentro de la casamata.

Las casamatas destinadas á alojamientos y provisiones, se reforzarán, adosando al muro una pared de sacos á tierra de 3 á 4^{m} de espesor, observándose, que los proyectiles no penetraban al interior y generalmente reventaban al atravesar el muro de máscara, quedando los cascos diseminados en el muro de sacos á tierra.

En algunos casos, que los proyectiles llegaron á la casamata, se observó que era debido á que los sacos fueron llenados de tierra helada y el deshielo produjo huecos por donde aquellos pasaron libremente.

En las casamatas muy expuestas al fuego enemigo, el muro de máscara fué derribado y destruido el de sacos por la parte exterior, pero; reforzado por el interior, de modo que el espesor no bajase de 3 á 4^{m}, ningun proyectil llegó á él.

244. Bóvedas cubiertas de tierra.—La observacion del efecto producido en las bóvedas de los traveses, han demostrado, que las granadas de 15 y 21^{cm}, disparadas á distancias comprendidas entre 1800^{m} y 4000^{m}, han atravesado algunas veces capas de tierra de 2^{m},50 de espesor y la bóveda de 0^{m},6 de mampostería reciente, no siendo por lo tanto suficiente dicho espesor de tierra.

En los almacenes antiguos, la resistencia ha sido mayor, pues se observó que los proyectiles que penetraban una capa de tierra de 1^{m} de espesor, en muchos casos no rompian la mampostería.

Las bóvedas de las casamatas que tenian 0^{m},75 de espesor y una capa de tierra de 0^{m},80, fuertemente apisonada, han demostrado que no pueden resistir el tiro de la granada de 21^{cm} bajo un gran ángulo de caida.

245. Abrigos de madera, recubiertos de tierra.—Durante el sitio, fué muy grande la diversidad de abrigos de este género que se construyeron, pudiento sin embargo ser clasificados en tres grupos distintos.

1.° *Abrigos de techo horizontal; construidos en los traveses, masas cubrientes y terraplen de la muralla.*

2.° *Blindajes de los corredores de almacenes de pólvora antiguos y de los techos de los cuarteles.*

3.° *Abrigos inclinados y blindajes establecidos al pié de los muros de los cuarteles ó delante de las entradas de las casamatas.*

En los primeros, los hubo construidos por filas de rails horizontales y separados 1^{m}; sostenidos por postes verticales; estaban además recubiertos de madera de 0^{c},08 de espesor y sobre ellos una capa de tierra que variaba entre 1^{m},50 y 3^{m}; los que tenian 3^{m} de tierra suplieron todo el sitio, con solo el cuidado de reparar los destrozos hechos por los proyectiles en la tierra: en cambio, los que solo tenian 1^{m},50 de tierra, fueron inmediatamente destruidos por las granadas de 15 y 21^{cm}.

Los construidos con bastidores de mina de 0,20 de cuadratura, separados 0,60 y su encofrado revestido de una capa

de tierra de $2^m,50$ de espesor, resistieron en general á un gran número de proyectiles.

La granada de 9^{cm} no penetró tampoco en abrigos análogos al anterior, recubiertos de una capa de tierra de $1^m,80$ de espesor.

Los abrigos que mejor resistieron, fueron los formados por tres traveses cuyos muros tenian 1^m de espesor, distando 4^m uno de otro. Sostenian estos muros una fila de troncos de árbol unidos, de $0^m,30$ de diámetro, siendo de 4^m el mínimo espesor de tierras que los proyectiles tenian que atravesar.

Las observaciones anteriores, en union de las verificadas con los abrigos del segundo y tercero grupo en que han sido clasificados y que en general estaban construidos, revistiendo las vigas ó postes que constituyen el esqueleto del abrigo, unas veces con madera y tierra sobre ellos; otras con troncos de árbol de 0,30 á 0,40 de diámetro, y otras con sacos á tierra de dos metros de espesor; permitieron deducir las consecuencias de que los únicos abrigos de madera recubiertos de tierra que resistieron á la artillería alemana, son los construidos en galería de mina protegidos por una capa de tierra, que tenga 3^m de espesor mínimo, ó aquellos en que siendo esta menor, (generalmente 2^m) tenian su techo formado por una ó dos capas de troncos de árbol de 0,30 ó 0,40 de diámetro, y pequeña longitud.

246. Penetracion en corazas.—Indicaremos ligeramente las experiencias llevadas á cabo en Italia en el tiro de ensayo del cañon de 100 toneladas, que prueban evidentemente, que en la lucha constante entre las corazas y la artillería, la ventaja siempre será de esta última; fácil es comprender efectivamente, que un aumento extraordinario en los espesores de las corazas, conducen forzosamente á perjudicar las condiciones náuticas de los buques, muy particularmente á la movilidad que deben tener para la lucha en buenas condiciones; esto hace, que dichos espesores tengan sus límites que no podrán traspasarse, y como á la artillería, por ahora, nada la limita, se comprende que siempre podrá construirse un cañon que penetre á las corazas mas resistentes.

Las experiencias á que nos referimos, han hecho ver que las corazas de hierro de espesores mayores que los empleados hasta ahora, han sido atravesadas, y que si bien las de acero no lo han sido en los primeros disparos, su destruccion era segura; estos resultados han dado gran impulsion á la idea, ya bastante extendida entre los marinos franceses é ingleses, de renunciar hasta cierto punto á las corazas, construyendo en cambio buques que puedan marchar con gran velocidad, y que conduzcan tres ó cuatro cañones de grueso calibre: á estos principios obedece la construccion del Nelson; su armadura está muy reducida, así como las dimensiones del buque, para dotarle de gran velocidad en la marcha; es susceptible de montar una potente artillería, teniendo blindado el puente: es además del sistema celular, es decir, dividido en muchos compartimientos dispuestos de modo que sean menos sensibles los efectos de los proyectiles y torpedos.

Un buque de estas condiciones, seria fácilmente destruido con la artillería hoy usada, bastando para ello uno ó dos disparos que le alcanzasen en sitio conveniente: se comprende por esto la necesidad de dar á sus corazas la solidez necesaria para resistir por lo menos á los primeros disparos, pues de este modo, aprovechándose de que la misma exageracion en los calibres de las piezas hace que el fuego no pueda ser vivo, podrá en el intervalo de uno á otro disparo, causar daños grandes en las baterías enemigas.

247. Consideraciones análogas pueden hacerse con respecto á las corazas aplicadas á las fortificaciones, en las cuales se emplean combinaciones de hierro, madera y mampostería, y que si bien sus espesores no están limitados como en los buques, y puede aumentarse su resistencia, en cambio las condiciones del combate son completamente distintas. Batiendo un buque, por su movilidad, no puede esperarse dar siempre en un mismo punto, mientras que por el contrario puede conseguirse sobre una fortificacion cuando el tiro esté completamente rectificado, puesto que en la actualidad no solo se ha conseguido aumentar el efecto balístico de las piezas, sino

tambien su certeza, como lo prueba el resultado obtenido con el cañon de 100 toneladas.

Cuatro fueron los blancos empleados en estas experiencias: el primero, que designaremos con el número 1, estaba recubierto con dos placas de acero de 56^{cm} de espesor, construidas por la casa Schneider; detrás de ellas habia dos capas de madera, una formada por postes horizontales y otra verticales, reforzados con hierro, formando ambas un espesor de 73^{cm}, y detrás de ellas una doble placa de 3^{cm},8, dando por detrás á todo el sistema una resistencia igual á la que podria experimentar por parte del costado opuesto del buque: los pernos que ligaban todo el sistema, no atravesaban mas que la mitad de las placas.

El blanco núm. 2 era análogo al anterior en su constitucion y apoyo: las placas eran de hierro laminado y del espesor de las anteriores, su procedencia era distinta; la superior, construida en la casa Cammell y la inferior en la de Marrel.

El blanco núm. 3 estaba formado por dos tipos completamente distintos: la mitad superior se componia de dos placas de hierro laminado Cammell, la primera de 30^{cm} de espesor y 25^{cm} la segunda, separadas por un almohadillado de madera reforzado de hierro: la mitad inferior se componia de una placa de 20^{cm} de hierro Cammell sobre otra placa de 35^{cm} de fundicion dura.

El blanco núm. 4 en su parte superior era idéntico al anterior, sin otra diferencia que ser las placas de la casa Marrel; la mitad inferior, tenia sus placas de las mismas dimensiones que en el anterior, difiriendo en que el almohadillado de madera estaba colocado verticalmente en lugar de ser horizontal, y estaba interpuesto entre la placa anterior, que era de hierro forjado, y la posterior de fundicion dura.

Todos ellos en total tenian un espesor de 1^{m},33 entre hierro y madera.

Antes de haber hecho fuego con el cañon de 100 toneladas, se hizo con otros dos cañones de grueso calibre, uno de 25^{cm},4 y otro de 27^{cm},9: los blancos estaban situados á 100 metros

próximamente de la batería, y el primer disparo del cañon de 100 toneladas fué dirigido contra un parapeto revestido de gaviones y sacos de tierra, cuya altura era de $8^{m},50$ y su espesor de 16^{m}: el proyectil no le atravesó, pero sí arrancó una masa considerable de tierra, arrastrando los sacos á tierra y los gaviones del revestimiento.

El segundo disparo se hizo con una carga de 150 kg., el proyectil adquirió la velocidad de 450^{m}, teniendo por ello en el momento del choque una fuerza viva de 9300 toneladas métricas: se disparó sobre la placa Schneider: esta se quebró en muchos pedazos, de ellos unos cayeron al pie del blanco y otros fueron lanzados en todas direcciones: el blanco fué empujado hácia atrás 20^{cm} próximamente: la placa fué atravesada y quedó detenido el proyectil en el refuerzo de madera.

Se hizo otro disparo sobre una parte de la placa Cammell: una mitad de ella habia desaparecido, quedando al pie del blanco un monton de escombros de madera y hierro. Un gran trozo del almohadillado de madera, próximamente de $1^{m},22$ de diámetro, fué arrojado á muchos metros detrás: la velocidad del proyectil en el momento del choque fué de 450^{m} y conservaba aun 200^{m} á su salida del blanco.

Otro nuevo disparo hecho sobre la placa Marrel, es decir, sobre la parte inferior del blanco núm. 2, causó efectos análogos al anterior, destruyendo por completo el blanco, y los fragmentos desprendidos variaban en peso desde 30 gramos hasta 100 kg.: es decir, que un buque acorazado como este blanco, en pocos minutos quedaria fuera de servicio: en este disparo la fuerza viva del proyectil era de 10.000 tonelametros.

Disparando nuevamente sobre la placa de acero, si bien el blanco quedó muy destrozado, la penetracion completa no llegó á verificarse.

Los sucesivos disparos tuvieron por objeto comparar la resistencia de los blancos compuestos por dos placas separadas por una capa de madera, con los de una sola placa de espesor igual á las dos: empezó el fuego con los cañones de $25^{cm},4$ y $27^{cm},9$ que no atravesaron los blancos, quedando en cambio

completamente destruidos y atravesados por el cañon de 100 toneladas.

De estas experiencias se dedujo: que el acero tenia ventaja sobre el hierro, puesto que el único blanco que quedó en pié, aun cuando muy destrozado, fué el compuesto de placas de acero: así mismo, quedó demostrada la superioridad de las corazas de una sola placa sobre las de dos.

248. Antes de llevar al terreno de la realidad la construccion del cañon de 100 toneladas, llamado por los Italianos el Rey de los cañones, hubo muchas dudas sobre sus resultados. No eran ciertamente de estrañar si se atiende al crecimiento de dificultad en la construccion con el crecimiento del calibre ó bien de la masa; así como á los inconvenientes propios del manejo de piezas tan enormes, Los resultados de las experiencias pusieron bien claro de manifiesto, que pueden construirse con las condiciones necesarias de resistencia, y ser manejados con gran facilidad, pero para llegar á tal fin, preciso es contar con los poderosos elementos de la casa Armstrong; con los notables trabajos de cálculo del ilustrado Capitan Noble, honra de los artilleros ingleses y justa admiracion de los de todas las naciones; y con el ingenio de M. G. Rendel, para hacer fácilmente manejables piezas de tan gran calibre.

Tabla núm. 1.

$$\int_0^{\delta} \frac{d\delta}{\sqrt{1-\left(\frac{q}{2}\right)^2 \operatorname{sen}^2\delta}}, \quad \left(\frac{q}{2}=\operatorname{sen}\theta\right)$$

δ	θ									
	0°	10°	15°	30°	45°	60°	75°	80°	89°	90°
1	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745	0,01745
2	03491	03491	03491	03491	03491	03491	03491	03491	03491	03491
3	05236	05236	05236	05237	05237	05238	05238	05238	05238	05238
4	06981	06981	06982	06983	06984	06986	06987	06987	06987	06987
5	08727	08727	08727	08729	08732	08735	08737	08737	08738	08738
10	17453	17456	17459	17475	17498	17520	17537	17540	17543	17543
15	26180	26189	26199	26254	26330	26406	26463	26475	26484	26484
20	34907	34927	34953	35082	35262	35447	35586	35615	35638	35638
25	43633	43674	43723	43973	44328	44699	44982	45040	45087	45088
27	47124	47174	47236	47551	48000	48472	48835	48910	48971	48972
30	52360	52429	52513	52943	53562	54223	54736	54843	54930	54931
32	55851	55933	56035	56555	57310	58123	58760	58893	59002	59003
35	61087	61193	61325	62003	62998	64085	64950	65132	65282	65284
37	64577	64702	64857	65655	66836	68141	69191	69414	69597	69599
40	69813	69969	70162	71165	72667	74358	75745	76043	76288	76291
42	73303	73483	73704	74860	76608	78600	80258	80617	80914	80917
45	78540	78756	79025	80437	82602	85122	87270	87741	88133	88137
47	82030	82275	82578	84178	86656	89585	92124	92687	93158	93163
50	87266	87556	87915	89825	92829	96465	99711	1,00444	1,01062	1,01068
53	92502	92841	93262	95514	99115	1,03587	1,07711	08665	09475	09483
55	95993	96366	96832	99331	1,03371	08479	13307	14442	15413	15423
57	99484	99894	1,00406	1,03167	07680	13494	19136	20488	21655	21667
60	1,04720	1,05188	05774	08955	14243	21254	28371	30135	31679	31696
63	09956	10486	11151	14784	20926	29332	38281	40594	42657	42679
65	13446	14020	14740	18691	25447	34893	45316	48098	50618	50645
66	15192	15787	16536	20651	27727	37728	48976	52031	54824	54855
67	16937	17555	18333	22615	30020	40600	52738	56096	59199	59232
68	18682	19324	20130	24583	32325	43510	56606	60303	63756	63794
69	20428	21092	21928	26555	34642	46457	60586	64661	68514	68557
70	22173	22861	23727	28520	36972	49441	64684	69181	73494	73542
71	23918	24630	25527	30509	39313	52463	68905	73877	78717	78771
72	25664	26400	27328	32491	41666	55522	73256	78759	84211	84273
73	27409	28169	29129	34477	44030	58618	77743	83844	90008	90079
74	29154	29939	30930	36466	46404	61750	82371	89146	96144	96226
75	30900	31710	32733	38457	48788	64918	87145	94682	2,02665	2,02759
76	32645	33480	34535	40452	51183	68120	92073	2,00470	09622	09732
77	34390	35251	36339	42449	53586	71356	97157	06529	17082	17212
78	36136	37022	38143	44449	55999	74625	2,02403	12878	25426	25280
79	37881	38793	39947	46451	58419	77924	07813	19538	33853	34040
80	39626	40564	41752	48455	60848	81253	13390	26527	43395	43625
81	41372	42336	43557	50462	63283	84609	19131	33866	53922	54209
82	43117	44108	46362	52470	65725	87991	25035	41569	65664	66031
83	44862	45879	47168	54479	68172	91395	31097	49648	78938	79422
84	46608	47651	48974	56490	70625	94821	37309	58105	94206	94870
85	48353	49423	50781	58503	73082	98264	43658	66935	3,12170	3,13130
86	50098	51195	52587	60516	75542	2,01723	50129	76116	33964	35467
87	51844	52968	54394	62530	78006	05194	56703	85642	64613	64253
88	53589	54740	56200	64545	80472	08674	63357	95366	99410	4,04813
89	55334	56512	58007	66560	82939	12161	70068	3,05304	4,55347	74135
90	1,57080	1,58284	1,59814	1,68575	1,85407	2,15652	2,76800	3,15338	5,43491	∞

Tabla núm. 2.

Valores de la funcion $\theta(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\lambda} e^{-t^2} dt.$

Tomada del tratado de Cálculo de Probabilidades de Ollero.

λ	θ (λ)	Dif.	λ	θ (λ)	Dif.	λ	θ (λ)	Dif.
0,00	0,00000	1128	0,30	0,32863	1029	0,60	0,60386	782
0,01	0,01128	1129	0,31	0,33892	1021	0,61	0,61168	773
0,02	0,02257	1127	0,32	0,34913	1015	0,62	0,61941	764
0,03	0,03384	1127	0,33	0,35928	1008	0,63	0,62705	754
0,04	0,04511	1126	0,34	0,36936	1002	0,64	0,63459	744
0,05	0,05637	1125	0,35	0,37938	995	0,65	0,64203	735
0,06	0,06762	1124	0,36	0,38933	988	0,66	0,64938	725
0,07	0,07886	1122	0,37	0,39921	980	0,67	0,65663	715
0,08	0,09008	1120	0,38	0,40901	973	0,68	0,66378	706
0,09	0,10128	1118	0,39	0,41874	965	0,69	0,67084	696
0,10	0,11246	1116	0,40	0,42839	958	0,70	0,67780	687
0,11	0,12362	1114	0,41	0,43797	950	0,71	0,68467	676
0,12	0,13476	1111	0,42	0,44747	942	0,72	0,69143	667
0,13	0,14587	1108	0,43	0,45689	934	0,73	0,69810	658
0,14	0,15695	1105	0,44	0,46623	925	0,74	0,70468	648
0,15	0,16800	1102	0,45	0,47548	918	0,75	0,71116	638
0,16	0,17901	1098	0,46	0,48466	908	0,76	0,71754	628
0,17	0,18999	1095	0,47	0,49374	901	0,77	0,72382	619
0,18	0,20094	1090	0,48	0,50275	892	0,78	0,73001	609
0,19	0,21184	1086	0,49	0,51167	883	0,79	0,73610	600
0,20	0,22270	1081	0,50	0,52050	874	0,80	0,74210	590
0,21	0,23351	1079	0,51	0,52924	866	0,81	0,74800	581
0,22	0,24430	1072	0,52	0,53790	856	0,82	0,75381	571
0,23	0,25502	1068	0,53	0,54646	848	0,83	0,75952	562
0,24	0,26570	1062	0,54	0,55494	838	0,84	0,76514	553
0,25	0,27632	1058	0,55	0,56332	830	0,85	0,77067	543
0,26	0,28690	1052	0,56	0,57162	820	0,86	0,77610	534
0,27	0,29742	1046	0,57	0,57982	810	0,87	0,78144	525
0,28	0,30788	1040	0,58	0,58792	802	0,88	0,78669	515
0,29	0,31828	1035	0,59	0,59594	792	0,89	0,79184	507
0,30	0,32863		0,60	0,60386		0,90	0,79691	

λ	θ (λ)	Dif.	λ	θ (λ)	Dif.	λ	θ (λ)	Dif.
0,90	0,79691	497	1,30	0,93401	205	1,70	0,98379	62
0,91	0,80188	489	1,31	0,93606	200	1,71	0,98441	59
0,92	0,80677	479	1,32	0,93806	195	1,72	0,98500	58
0,93	0,81156	471	1,33	0,94001	190	1,73	0,98558	55
0,94	0,81627	462	1,34	0,94191	185	1,74	0,98613	54
0,95	0,82089	453	1,35	0,94376	180	1,75	0,98667	52
0,96	0,82542	445	1,36	0,94556	175	1,76	0,98719	50
0,97	0,82987	436	1,37	0,94731	171	1,77	0,98769	48
0,98	0,83423	428	1,38	0,04902	165	1,78	0,98817	47
0,99	0,83851	419	1,39	0,95067	161	1,79	0,98864	45
1,00	0,84270	411	1,40	0,95228	157	1,80	0,98909	43
1,01	0,84681	403	1,41	0,95385	153	1,81	0,98952	42
1,02	0,85084	394	1,42	0,95538	148	1,82	0,98994	41
1,03	0,85478	387	1,43	0,95686	144	1,83	0,99035	39
1,04	0,85865	379	1,44	0,95830	140	1,84	0,99074	37
1,05	0,86244	370	1,45	0,95969	136	1,85	0,99111	36
1,06	0,86614	353	1,46	0,96105	132	1,86	0,99147	35
1,07	0,86977	356	1,47	0,96237	128	1,87	0,99182	34
1,08	0,87333	347	1,48	0,96365	125	1,88	0,99216	32
1,09	0,87680	340	1,49	0,96490	121	1,89	0,99248	31
1,10	0,88020	333	1,50	0,96611	117	1,90	0,99279	30
1,11	0,88353	326	1,51	0,96728	113	1,91	0,99309	29
1,12	0,88679	318	1,52	0,96841	111	1,92	0,99338	28
1,13	0,88997	311	1,53	0,96952	107	1,93	0,99366	26
1,14	0,89308	304	1,54	0,97059	103	1,94	0,99392	26
1,15	0,89612	298	1,55	0,97162	101	1,95	0,99418	25
1,16	0,89910	290	1,56	0,97263	97	1,96	0,99443	23
1,17	0,90200	284	1,57	0,97360	95	1,97	0,99466	23
1,18	0,90484	277	1,58	0,97455	91	1,98	0,99489	22
1,19	0,90761	270	1,59	0,97546	89	1,99	0,99511	21
1,20	0,91031	264	1,60	0,97635	86	2,00	0,99532	94
1,21	0,91296	257	1,61	0,97721	83	2,05	0,99626	76
1,22	0,91533	252	1,62	0,97804	80	2,10	0,99702	62
1,23	0,91805	245	1,63	0,97884	78	2,15	0,99764	50
1,24	0,92050	240	1,64	0,97962	75	2,20	0,99814	40
1,25	0,92290	234	1,65	0,98037	73	2,25	0,99854	32
1,26	0,92524	227	1,66	0,98110	71	2,30	0,99886	25
1,27	0,92751	222	1,67	0,98181	68	2,35	0,99911	20
1,28	0,92973	217	1,68	0,98249	66	2,40	0,99931	17
1,29	0,93190	211	1,69	0,98315	63	2,45	0,99947	12
1,30	0,93401		1,70	0,98379		2,50	0,99959	

λ	θ (λ)	Dif.	λ	θ (λ)	λ	θ (λ)
2,50	0,99959		0,0443	0,050	0,5951	0,600
		10				
2,55	0,99969		0,0888	0,100	0,6608	0,650
		7				
2,60	0,99976		0,1337	0,150	0,7329	0,700
		6				
2,65	0,99982		0,1791	0,200	0,8134	0,750
		5				
2,70	0,99987		0,2253	0,250	0,9062	0,800
		3				
			0,2724	0,300	1,0179	0,850
2,75	0,99990		0,3208	0,350	1,1631	0,900
		2				
2,80	0,99992		0,3708	0,400	1,3859	0,950
		2				
2,85	0,99994		0,4227	0,450	1,8214	0,990
		2				
2,90	0,99996		0,4769	0,500	2,3268	0,999
		1				
2,95	0,99997		0,5342	0,550		
		1				
3,00	0,99998					

Tabla núm. 3.

Valores de $f'(z) = \dfrac{(1+z)^{\frac{5}{2}} - \frac{5}{2}z - 1}{\frac{15}{8}z^2}$

z	$f'(z)$	Dif	z	$f'(z)$	Dif	z	$f'(z)$	Dif	z	$f'(z)$	Dif
0,00	1,0000	17	0,45	1,0713	15	0,90	1,1365	14	1,35	1,1971	13
0,01	1,0017	16	0,46	1,0728	15	0,91	1,1379	14	1,36	1,1984	13
0,02	1,0033	17	0,47	1,0743	15	0,92	1,1393	13	1,37	1,1997	13
0,03	1,0050	16	0,48	1,0758	15	0,93	1,1406	14	1,38	1,2010	13
0,04	1,0066	17	0,49	1,0773	15	0,94	1,1420	14	1,39	1,2023	13
0,05	1,0083	16	0,50	1,0788	15	0,95	1,1434	14	1,40	1,2036	13
0,06	1,0099	16	0,51	1,0803	15	0,96	1,1448	14	1,41	1,2049	13
0,07	1,0115	17	0,52	1,0818	14	0,97	1,1462	13	1,42	1,2062	13
0,08	1,0132	16	0,53	1,0832	15	0,98	1,1475	14	1,43	1,2075	13
0,09	1,0148	16	0,54	1,0847	15	0,99	1,1489	14	1,44	1,2088	13
0,10	1,0164	16	0,55	1,0862	15	1,00	1,1503	14	1,45	1,2101	13
0,11	1,0180	16	0,56	1,0877	15	1,01	1,1517	14	1,46	1,2114	13
0,12	1,0196	17	0,57	1,0892	14	1,02	1,1531	13	1,47	1,2127	12
0,13	1,0213	16	0,58	1,0906	15	1,03	1,1544	14	1,48	1,2139	13
0,14	1,0229	16	0,59	1,0921	15	1,04	1,1558	14	1,49	1,2152	13
0,15	1,0245	16	0,60	1,0936	15	1,05	1,1572	14	1,50	1,2165	13
0,16	1,0261	16	0,61	1,0951	14	1,06	1,1586	13	1,51	1,2178	13
0,17	1,0277	16	0,62	1,0965	15	1,07	1,1599	14	1,52	1,2191	12
0,18	1,0293	16	0,63	1,0980	14	1,08	1,1613	13	1,53	1,2203	13
0,19	1,0309	16	0,64	1,0994	15	1,09	1,1626	14	1,54	1,2216	13
0,20	1,0325	16	0,65	1,1009	14	1,10	1,1640	14	1,55	1,2229	13
0,21	1,0341	16	0,66	1,1023	15	1,11	1,1654	13	1,56	1,2242	12
0,22	1,0357	15	0,67	1,1038	14	1,12	1,1667	13	1,57	1,2254	13
0,23	1,0372	16	0,68	1,1052	15	1,13	1,1680	14	1,58	1,2267	12
0,24	1,0388	16	0,69	1,1067	14	1,14	1,1694	13	1,59	1,2279	13
0,25	1,0404	16	0,70	1,1081	14	1,15	1,1707	13	1,60	1,2292	13
0,26	1,0420	15	0,71	1,1095	15	1,16	1,1720	14	1,61	1,2305	12
0,27	1,0435	16	0,72	1,1110	14	1,17	1,1734	13	1,62	1,2317	13
0,28	1,0451	15	0,73	1,1124	15	1,18	1,1747	14	1,63	1,2330	12
0,29	1,0466	16	0,74	1,1139	14	1,19	1,1761	13	1,64	1,2342	13
0,30	1,0482	16	0,75	1,1153	14	1,20	1,1774	13	1,65	1,2355	13
0,31	1,0498	15	0,76	1,1167	14	1,21	1,1787	13	1,66	1,2368	12
0,32	1,0513	16	0,77	1,1181	15	1,22	1,1800	14	1,67	1,2380	13
0,33	1,0529	15	0,78	1,1196	14	1,23	1,1814	13	1,68	1,2393	12
0,34	1,0544	16	0,79	1,1210	14	1,24	1,1827	13	1,69	1,2405	13
0,35	1,0560	15	0,80	1,1224	14	1,25	1,1840	13	1,70	1,2418	12
0,36	1,0575	16	0,81	1,1238	14	1,26	1,1853	13	1,71	1,2430	13
0,37	1,0591	15	0,82	1,1252	15	1,27	1,1866	14	1,72	1,2443	12
0,38	1,0606	16	0,83	1,1267	14	1,28	1,1880	13	1,73	1,2455	12
0,39	1,0622	15	0,84	1,1281	14	1,29	1,1893	13	1,74	1,2467	13
0,40	1,0637	15	0,85	1,1295	14	1,30	1,1906	13	1,75	1,2480	12
0,41	1,0652	15	0,86	1,1309	14	1,31	1,1919	13	1,76	1,2492	12
0,42	1,0667	16	0,87	1,1323	14	1,32	1,1932	13	1,77	1,2504	13
0,43	1,0683	15	0,88	1,1337	14	1,33	1,1945	13	1,78	1,2517	12
0,44	1,0698	15	0,89	1,1351	14	1,34	1,1958	13	1,79	1,2529	13
0,45	1,0713		0,90	1,1365		1,35	1,1971		1,80	1,2542	

Tabla núm. 4.

Valores de $f''(z) = \dfrac{(1+z)^{\frac{3}{2}} - 1}{\frac{3}{2} z}$

z	$f''(z)$	Dif	z	$f''(z)$	Dif	z	$''(z)$	Dif	z	$f''(z)$	Dif
0,00	1,0000	25	0,45	1,1052	22	0,90	1,1992	20	1,35	1,2852	18
0,01	1,0025	24	0,46	1,1074	22	0,91	1,2012	20	1,36	1,2870	18
0,02	1,0049	25	0,47	1,1096	22	0,92	1,2032	20	1,37	1,2888	19
0,03	1,0074	25	0,48	1,1118	22	0,93	1,2052	20	1,38	1,2907	18
0,04	1,0099	25	0,49	1,1140	22	0,94	1,2072	20	1,39	1,2925	18
0,05	1,0124	24	0,50	1,1162	21	0,95	1,2092	20	1,40	1,2943	18
0,06	1,0148	25	0,51	1,1183	22	0,96	1,2112	19	1,41	1,2961	18
0,07	1,0173	24	0,52	1,1205	22	0,97	1,2131	20	1,42	1,2979	18
0,08	1,0197	25	0,53	1,1227	21	0,98	1,2151	19	1,43	1,2997	19
0,09	1,0222	24	0,54	1,1248	22	0,99	1,2170	20	1,44	1,3016	18
0,10	1,0246	24	0,55	1,1270	21	1,00	1,2190	19	1,45	1,3034	18
0,11	1,0270	24	0,56	1,1291	21	1,01	1,2209	20	1,46	1,3052	18
0,12	1,0294	24	0,57	1,1312	22	1,02	1,2229	19	1,47	1,3070	18
0,13	1,0318	24	0,58	1,1334	21	1,03	1,2248	20	1,48	1,3088	18
0,14	1,0342	24	0,59	1,1355	21	1,04	1,2268	19	1,49	1,3106	18
0,15	1,0366	24	0,60	1,1376	21	1,05	1,2287	19	1,50	1,3124	18
0,16	1,0390	24	0,61	1,1397	21	1,06	1,2306	19	1,51	1,3142	17
0,17	1,0414	24	0,62	1,1418	21	1,07	1,2325	19	1,52	1,3159	18
0,18	1,0438	23	0,63	1,1439	22	1,08	1,2344	20	1,53	1,3177	18
0,19	1,0461	24	0,64	1,1461	21	1,09	1,2364	19	1,54	1,3195	18
0,20	1,0485	23	0,65	1,1482	21	1,10	1,3383	19	1,55	1,3213	18
0,21	1,0508	23	0,66	1,1503	20	1,11	1,2402	19	1,56	1,3231	17
0,22	1,0531	23	0,67	1,1523	21	1,12	1,2421	19	1,57	1,3248	18
0,23	1,0554	24	0,68	1,1544	21	1,13	1,2440	19	1,58	1,3266	17
0,24	1,0578	23	0,69	1,1565	21	1,14	1,2459	19	1,59	1,3283	18
0,25	1,0601	23	0,70	1,1586	21	1,15	1,2478	19	1,60	1,3301	18
0,26	1,0624	23	0,71	1,1607	20	1,16	1,2497	19	1,61	1,3319	17
0,27	1,0647	23	0,72	1,1627	21	1,17	1,2516	19	1,62	1,3336	18
0,28	1,0670	23	0,73	1,1648	20	1,18	1,2535	19	1,63	1,3354	17
0,29	1,0693	23	0,74	1,1668	21	1,19	1,2554	19	1,64	1,3371	18
0,30	1,0716	23	0,75	1,1689	20	1,20	1,2573	19	1,65	1,3389	18
0,31	1,0739	22	0,76	1,1709	21	1,21	1,2592	18	1,66	1,3407	17
0,32	1,0761	23	0,77	1,1730	20	1,22	1,2610	19	1,67	1,3424	18
0,33	1,0784	23	0,78	1,1750	21	1,23	1,2629	19	1,68	1,3442	17
0,34	1,0807	23	0,79	1,1771	20	1,24	1,2648	19	1,69	1,3459	18
0,35	1,0830	22	0,80	1,1791	20	1,25	1,2667	19	1,70	1,3477	17
0,36	1,0852	23	0,81	1,1811	20	1,26	1,2688	18	1,71	1,3494	17
0,37	1,0875	22	0,82	1,1831	20	1,27	1,2704	19	1,72	1,3511	18
0,38	1,0897	22	0,83	1,1851	21	1,28	1,2723	18	1,73	1,3529	17
0,39	1,0919	23	0,84	1,1872	20	1,29	1,2741	19	1,74	1,3546	17
0,40	1,0942	22	0,85	1,1892	20	1,30	1,2760	18	1,75	1,3563	17
0,41	1,0964	22	0,86	1,1912	20	1,31	1,2778	19	1,76	1,3580	17
0,42	1,0986	22	0,87	1,1932	20	1,32	1,2797	18	1,77	1,3597	18
0,43	1,1008	22	0,88	1,1952	20	1,33	1,2815	19	1,78	1,3615	17
0,44	1,1030	22	0,89	1,1972	20	1,34	1,2834	18	1,79	1,3632	17
0,45	1,1052		0,90	1,1992		1,35	1,2852		1,80	1,3649	

Tabla núm. 5.

Valores de $f'''(z) = (1+z)^{\frac{1}{4}}$

z	$f'''(z)$	Dif	z	$f'''(z)$	Dif	z	$f'''(z)$	Dif	z	$f'''(z)$	Dif
0,00	1,0000	25	0,45	1,0973	19	0,90	1,1741	15	1,35	1,2381	13
0,01	1,0025	25	0,46	1,0992	19	0,91	1,1756	15	1,36	1,2394	14
0,02	1,0050	24	0,47	1,1011	19	0,92	1,1771	16	1,37	1,2408	13
0,03	1,0074	25	0,48	1,1030	18	0,93	1,1787	15	1,38	1,2421	13
0,04	1,0099	24	0,49	1,1048	19	0,94	1,1802	15	1,39	1,2434	13
0,05	1,0123	24	0,50	1,1067	18	0,95	1,1817	15	1,40	1,2447	13
0,06	1,0147	24	0,51	1,1085	18	0,96	1,1832	15	1,41	1,2460	12
0,07	1,0171	23	0,52	1,1103	19	0,97	1,1847	15	1,42	1,2472	13
0,08	1,0194	24	0,53	1,1122	18	0,98	1,1862	15	1,43	1,2485	13
0,09	1,0218	23	0,54	1,1140	18	0,99	1,1877	15	1,44	1,2498	13
0,10	1,0241	23	0,55	1,1158	18	1,00	1,1892	15	1,45	1,2511	13
0,11	1,0264	23	0,56	1,1176	18	1,01	4,1907	15	1,46	1,2524	12
0,12	1,0287	23	0,57	1,1194	17	1,02	1,1922	14	1,47	1,2536	13
0,13	1,0310	23	0,58	1,1211	18	1,03	1,1936	15	1,48	1,2549	13
0,14	1,0333	23	0,59	1,1229	18	1,04	1,1951	15	1,49	1,2562	12
0,15	1,0356	22	0,60	1,1247	17	1,05	1,1966	14	1,50	1,2574	13
0,16	1,0378	22	0,61	1,1264	18	1,06	1,1980	15	1,51	1,2587	12
0,17	1,0400	22	0,62	1,1282	17	1,07	1,1995	14	1,52	1,2599	13
0,18	1,0422	22	0,63	1,1299	18	1,08	1,2009	15	1,53	1,2612	12
0,19	1,0444	22	0,64	1,1317	17	1,09	1,2024	14	1,54	1,2624	13
0,20	1,0466	22	0,65	1,1334	17	1,10	1,2038	14	1,55	1,2637	12
0,21	1,0488	22	0,66	1,1351	17	1,11	1,2052	15	1,56	1,2649	12
0,22	1,0510	21	0,67	1,1368	17	1,12	1,2067	14	1,57	1,2661	13
0,23	1,0531	22	0,68	1,1385	17	1,13	1,2081	14	1,58	1,2674	12
0,24	1,0553	21	0,69	1,1402	17	1,14	1,2095	14	1,59	1,2686	12
0,25	1,0574	21	0,70	1,1419	17	1,15	1,2109	14	1,60	1,2698	12
0,26	1,0595	21	0,71	1,1436	16	1,16	1,2123	14	1,61	1,2710	12
0,27	1,0616	21	0,72	1,1452	17	1,17	1,2137	14	1,62	1,2722	13
0,28	1,0637	20	0,73	1,1469	16	1,18	1,2151	14	1,63	1,2735	12
0,29	1,0657	21	0,74	1,1485	17	1,19	1,2165	14	1,64	1,2747	12
0,30	1,0678	20	0,75	1,1502	16	1,20	1,2179	14	1,65	1,2759	12
0,31	1,0698	21	0,76	1,1518	16	1,21	1,2193	13	1,66	1,2771	12
0,32	1,0719	20	0,77	1,1534	17	1,22	1,2206	14	1,67	1,2783	12
0,33	1,0739	20	0,78	1,1551	16	1,23	1,2220	14	1,68	1,2795	12
0,34	1,0759	20	0,79	1,1567	16	1,24	1,2234	13	1,69	1,2807	12
0,35	1,0779	20	0,80	1,1583	16	1,25	1,2247	14	1,70	1,2819	11
0,36	1,0799	20	0,81	1,1599	16	1,26	1,2261	14	1,71	1,2830	12
0,37	1,0819	19	0,82	1,1615	16	1,27	1,2275	13	1,72	1,2842	12
0,38	1,0838	20	0,83	1,1631	16	1,28	1,2288	14	1,73	1,2854	12
0,39	1,0858	20	0,84	1,1647	16	1,29	1,2302	13	1,74	1,2866	12
0,40	1,0878	19	0,85	1,1663	15	1,30	1,2315	13	1,75	1,2878	11
0,41	1,0897	19	0,86	1,1678	16	1,31	1,2328	14	1,76	1,2889	12
0,42	1,0916	19	0,87	1,1694	16	1,32	1,2342	13	1,77	1,2901	12
0,43	1,0935	19	0,88	1,1710	15	1,33	1,2355	13	1,78	1,2913	12
0,44	1,0954	19	0,89	1,1725	16	1,34	1,2368	13	1,79	1,2925	11
0,45	1,0973		0,90	1,1741		1,35	1,2381		1,80	1,2936	

Tabla núm. 6.

$$f^{iv}(z) = \frac{(1+z)^{\frac{5}{4}} - 1}{\frac{5}{4} z}$$

(Mayeusky.)

z	$f^{iv}(z)$	Dif	z	$f^{iv}(z)$	Dif	z	$f^{iv}(z)$	Dif	z	$f^{iv}(z)$	Dif
0,00	1,0000	13	0,45	1,0509	10	0,90	1,0940	9	1,35	1,1316	8
0,01	1,0013	12	0,46	1,0519	10	0,91	1,0949	9	1,36	1,1324	8
0,02	1,0025	12	0,47	1,0529	11	0,92	1,0958	8	1,37	1,1332	7
0,03	1,0037	13	0,48	1,0540	10	0,93	1,0966	9	1,38	1,1339	8
0,04	1,0050	12	0,49	1,0550	10	0,94	1,0975	9	1,39	1,1347	8
0,05	1,0062	12	0,50	1,0560	10	0,95	1,0984	9	1,40	1,1355	8
0,06	1,0074	12	0,51	1,0570	10	0,96	1,0993	8	1,41	1,1363	8
0,07	1,0086	12	0,52	1,0580	11	0,97	1,1001	9	1,42	1,1371	7
0,08	1,0098	12	0,53	1,0591	10	0,98	1,1010	8	1,43	1,1378	8
0,09	1,0110	12	0,54	1,0601	10	0,99	1,1018	9	1,44	1,1386	8
0,10	1,0122	12	0,55	1,0611	10	1,00	1,1027	9	1,45	1,1394	8
0,11	1,0134	12	0,56	1,0621	10	1,01	1,1036	8	1,46	1,1402	7
0,12	1,0146	11	0,57	1,0631	9	1,02	1,1044	9	1,47	1,1409	8
0,13	1,0157	12	0,58	1,0640	10	1,03	1,1053	8	1,48	1,1417	7
0,14	1,0169	12	0,59	1,0650	10	1,04	1,1061	9	1,49	1,1424	8
0,15	1,0181	12	0,60	1,0660	10	1,05	1,1070	8	1,50	1,1432	8
0,16	1,0193	11	0,61	1,0670	9	1,06	1,1078	9	1,51	1,1440	7
0,17	1,0204	12	0,62	1,0679	10	1,07	1,1087	8	1,52	1,1447	8
0,18	1,0216	11	0,63	1,0689	9	1,08	1,1095	9	1,53	1,1455	7
0,19	1,0227	12	0,64	1,0698	10	1,09	1,1104	8	1,54	1,1462	8
0,20	1,0239	11	0,65	1,0708	10	1,10	1,1112	8	1,55	1,1470	8
0,21	1,0250	11	0,66	1,0718	9	1,11	1,1120	9	1,56	1,1478	7
0,22	1,0261	12	0,67	1,0727	10	1,12	1,1129	8	1,57	1,1485	8
0,23	1,0273	11	0,68	1,0737	9	1,13	1,1137	9	1,58	1,1493	7
0,24	1,0284	11	0,69	1,0746	10	1,14	1,1146	8	1,59	1,1500	8
0,25	1,0295	11	0,70	1,0756	9	1,15	1,1154	8	1,60	1,1508	7
0,26	1,0306	11	0,71	1,0765	10	1,16	1,1162	9	1,61	1,1515	8
0,27	1,0317	11	0,72	1,0775	9	1,17	1,1171	8	1,62	1,1523	7
0,28	1,0328	11	0,73	1,0784	10	1,18	1,1179	9	1,63	1,1530	8
0,29	1,0339	11	0,74	1,0794	9	1,19	1,1188	8	1,64	1,1538	7
0,30	1,0350	11	0,75	1,0803	9	1,20	1,1196	8	1,65	1,1545	7
0,31	1,0361	11	0,76	1,0812	9	1,21	1,1204	8	1,66	1,1552	7
0,32	1,0372	10	1,77	1,0821	10	1,22	1,1212	8	1,67	1,1559	8
0,33	1,0382	11	0,78	1,0831	9	1,23	1,1220	8	1,68	1,1567	7
0,34	1,0393	11	0,79	1,0840	9	1,24	1,1228	8	1,69	1,1574	7
0,35	1,0404	11	0,80	1,0849	9	1,25	1,1236	8	1,70	1,1581	7
0,36	1,0415	10	0,81	1,0858	9	1,26	1,1244	8	1,71	1,1588	7
0,37	1,0425	11	0,82	1,0867	10	1,27	1,1252	8	1,72	1,1595	8
0,38	1,0436	10	0,83	1,0877	9	1,28	1,1260	8	1,73	1,1603	7
0,39	1,0446	11	0,84	1,0886	9	1,29	1,1268	8	1,74	1,1610	7
0,40	1,0457	10	0,85	1,0895	9	1,30	1,1276	8	1,75	1,1617	7
0,41	1,0467	11	0,86	1,0904	9	1,31	1,1284	8	1,76	1,1624	7
0,42	1,0478	10	0,87	1,0913	9	1,32	1,1292	8	1,77	1,1631	8
0,43	1,0488	11	0,88	1,0922	9	1,33	1,1300	8	1,78	1,1639	7
0,44	1,0499	10	0,89	1,0931	9	1,34	1,1308	8	1,79	1,1646	7
0,45	1,0509		0,90	1,0940		1,35	1,1316		1,80	1,1653	

ÍNDICE.

Capítulo 1.°

Pólvora y Balística Interior.

Capítulo 2.°

Resistencia del aire.

Capítulo 3.°

MOVIMIENTO DE LOS PROYECTILES EN LA ATMÓSFERA Y PROBLEMAS SOBRE EL TIRO.

PROBLEMAS SOBRE EL TIRO.

Capítulo 6.°

PENETRACION DE LOS PROYECTILES.

ADVERTENCIA.

La figura que en las láminas no está numerada, es la 6.ª

60€

2 Tomes -

BALÍSTICA.

AZUELA

Y

LORIGA.

1881.