BOMBARDEO AÉREO

Problemas de aplicación práctica

Por EMILIO ENTERO CATANEO

Capitán de Aviación

Me propongo en este artículo divulgar cómo se calcula el número de bombas que se deben lanzar sobre un objetivo de dimensiones dadas para conseguir uno o más impactos en él, siendo conocidas las cifras de mérito en bombardeo de la *unidad aérea* o equipo que lo ejecuta. Se acompañan dos gráficos que facilitan las operaciones de cálculo que hay que realizar para la resolución de estos problemas.

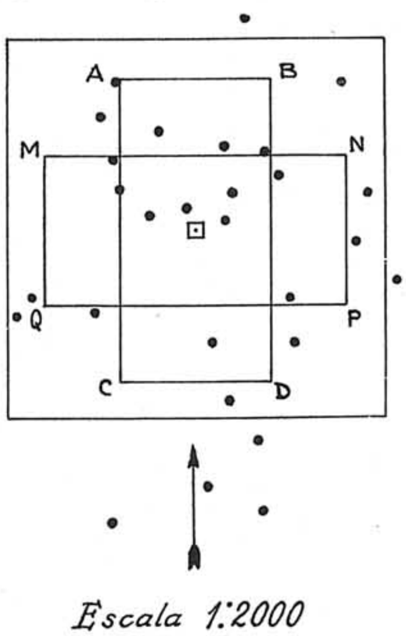


Fig. 1.

La precisión en bombardeo de una unidad o equipo, está dada por los valores de los desvíos probables r_x y r_y en dirección y alcance respectivamente; valores que pueden ser deducidos prácticamente en los bombardeos realizados en los períodos de instrucción con bombas de entrenamiento.

Con los instrumentos y métodos de bombardeo actualmente empleados en España, son aproximadamente iguales ambos desvíos probables r_x y r_y para alturas de bombardeo comprendidas entre 800 y 2.000 metros, siendo $r_x > r_y$ para alturas mayores y $r_x < r_y$ para alturas menores (1). Cuando ambos valores son aproximadamente iguales, se puede admitir que el círculo del 50 por 100 de impactos tiene por radio

$$R = 1{,}745 \sqrt{r_x\, r_y}.$$

Si la magnitud de estos desvíos no ha sido obtenida en bombardeos de entrenamiento realizados por la *unidad*, se puede admitir que $r_x = r_y = 2{,}1\, t$ para los aviones de reconocimiento y $R = 3{,}66\, t$, siendo t el tiempo de caída de la bomba a la altura de vuelo. Estos valores que damos están deducidos de una fórmula francesa; a la precisión que ellos indican se suele llegar fácilmente en los cursos de Los Alcázares, y creo se podrían sobrepasar por las *Unidades* con un poco de entrenamiento.

Conocidos los valores de r_x y r_y se puede determinar la probabilidad de producir un impacto sobre un blanco de dimensiones conocidas, que llamaremos *probabilidad de impacto útil*.

Para mayor claridad en la exposición del método, aplicaremos éste a la resolución de ejemplos numéricos, admitiendo como desvíos probables los obtenidos a 800 metros de altura por uno de los últimos cursos de bombarderos de Los Alcázares, que en el bombardeo de examen obtuvieron la *rosa de impactos* de la figura 1, lanzando las 31 bombas que se ven en ella en la dirección de la flecha. Esta rosa de impactos representa un bombardeo más preciso que el promedio dado por los franceses para aviones de reconocimiento (fórmula $r_x = r_y = 2{,}1\, t$ citada) y se acerca mucho al grado *óptimo* de los americanos; el último curso de observadores ha mejorado esta marca realizando bombardeos a 1.000 metros de altura, alguno de los cuales ha sobrepasado el grado *óptimo*.

Los desvíos probables en la rosa de la figura citada son:

en dirección, $r_x = 20$ metros;
en alcance, $r_y = 25$ metros.

Ejemplo primero. — Calcular la probabilidad de impacto útil sobre el barracón *A B C D*, de 80 metros de largo por 40 de ancho, bombardeándole en la dirección de su lado mayor (fig. 1).

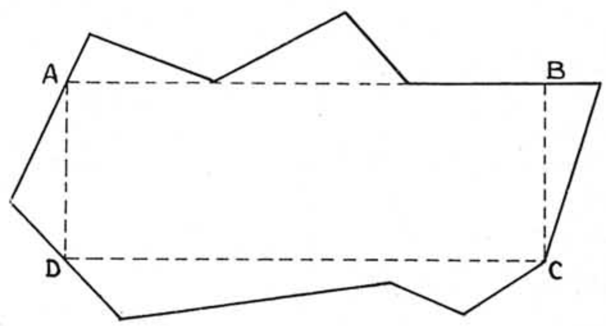


Fig. 2.

Realizando la puntería al centro del barracón y suponiendo el bombardeo centrado, la probabilidad pedida es la compuesta de tener un desvío en dirección menor que la mitad del lado menor (20 metros) y un desvío en alcance

(1) Esta conclusión se ha deducido por la comparación de las rosas de impactos obtenidas en Los Alcáceres durante los cursos de bombardeo y, aunque no se puede afirmar muy categóricamente que dicha comparación sea exacta, por no haber tenido ocasión de realizar muchas experiencias a diversas alturas con los mismos equipos, es digno de observar que muchos autores extranjeros la admiten.

menor que la mitad del lado mayor (40 metros). Esta probabilidad compuesta es, como se sabe, el producto de las dos probabilidades simples indicadas.

Para hallar la probabilidad en dirección se divide el semilado menor por el desvío probable en dirección, obteniendo el factor de probabilidad $f_x = \frac{20}{20} = 1$, al que corresponde una probabilidad $P_x = 0{,}50$ ó el 50 por 100 (tabla XI del libro *Bombardeo Aéreo*).

La probabilidad en alcance es obtenida de una manera análoga:

$$f_y = \frac{40}{25} = 1{,}6, \text{ siendo } P_y = 0{,}72, \text{ ó el 72 por 100.}$$

La probabilidad compuesta es

$$P_c = 0{,}50 \cdot 0{,}72 = 0{,}36, \text{ ó el 36 por 100.}$$

Habiendo lanzado 31 bombas, deben caer dentro (si las leyes de probabilidad se cumplieran matemáticamente en corto número de bombas) $\frac{31 \cdot 36}{100} = 11{,}16$ bombas. En la figura se ven ocho dentro, dos en los bordes y dos tocando el barracón.

Por el empleo del gráfico llamado «Abaco para determinar la probabilidad de impacto útil sobre un rectángulo», nos podemos evitar el hacer los cálculos indicados y el empleo de la tabla, operando para la resolución del mismo ejemplo de la manera siguiente:

Se une por una recta la división 40 de la escala inferior horizontal con la división 20 de la escala inclinada, encontrando en su prolongación la división 1 en la escala horizontal superior; por este punto se traza una paralela a las escalas verticales hasta su intersección con la línea curva y por este punto encontrado una recta horizontal hacia la izquierda, que nos da en su correspondiente escala la probabilidad P_x en dirección; esta probabilidad, 0,5 en este caso, se deja marcada con lápiz en el gráfico o se apunta en un papel. De una manera análoga la unión de la división 80 con la 25 da 1,6 para f_y, que por la vertical hasta la curva y horizontal a la derecha da 0,72 para P_y. Uniendo ahora esta división con la 0,5 encontrada para P_x anteriormente, obtenemos en la escala vertical del centro el valor 0,36 para la probabilidad de impacto útil.

Casi es innecesario advertir que con el empleo de un hilo se facilitan mucho las operaciones y no es necesario manchar el gráfico por no tener que trazar las líneas indicadas.

Ejemplo segundo. — Bombardeo del mismo barracón en la dirección de su lado menor, rectángulo $MNPQ$ de la figura.

Operando de una manera análoga a la anterior, se encuentra por cálculo o por el abaco:

$$f_y = \frac{20}{25} = 0{,}8, \qquad P_y = 0.41, \qquad f_x = \frac{40}{20} = 2, \qquad P_x = 0{,}82,$$

siendo la probabilidad compuesta

$$P_c = 0{,}41 \times 0{,}82 = 0{,}34, \text{ ó el 34 por 100.}$$

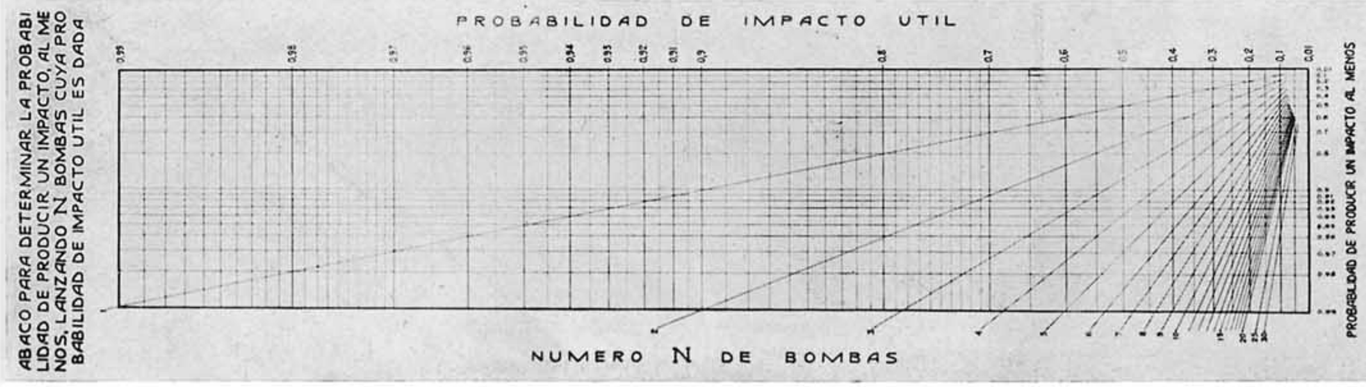
Análogamente al ejemplo anterior deben caer dentro $\frac{34 \times 31}{100} = 10{,}54$; en la figura quedan nueve dentro y una a un metro de distancia.

Por la comparación de los dos ejemplos vemos que al bombardear un rectángulo la probabilidad de impacto útil es en este caso menor si se bombardea a lo ancho que a lo largo, ocurriendo esto por ser menor en la rosa citada r_x que r_y; es decir, por ser el bombardeo a dicha altura más preciso en dirección que en alcance. Si hubiera sido r_x mayor que r_y, como sucede a grandes alturas, sería mejor bombardear el barracón a lo ancho.

De esta comparación se deduce que hasta alturas de 800 ó 1.000 metros es conveniente bombardear los blancos rectangulares en la dirección de su lado mayor; entre 1.000 y 2.000 metros es indiferente la dirección elegida, pues en todas se encuentra aproximadamente la misma probabilidad, y que desde 2.000 metros en adelante es preferible bombardear a lo ancho.

Claro está que cuando la obtención de la probabilidad de impacto útil se haga para que sirva de base al cálculo de bombas que se deben llevar, se debe suponer que se va a realizar el bombardeo en el caso más desfavorable, aunque después se haga en la forma más favorable, si es posible.

Si el blanco objeto del cálculo es irregular, se podría descomponer en zonas rectangulares para calcular por partes la probabilidad de cada una y en función de ellas la total del blanco; pero siendo este procedimiento muy laborioso, se puede recurrir a inscribir en el objetivo el mayor rectángulo posible, como el $ABCD$ en la figura 2;



calculando la probabilidad de impacto útil sobre este rectángulo se tendrá en ella expresada por defecto la del blanco y, por tanto, un exceso de garantía en el número de bombas que se calculen.

Cálculo del número de bombas

Conocida de la manera explicada la probabilidad de impacto útil es fácil encontrar el número de bombas que se deben lanzar sobre un blanco dado para que en él caigan un número fijado de bombas, como se comprende por la resolución del siguiente:

Ejemplo. — Bombardeando con la precisión correspondiente a la rosa de la figura 1, ¿cuántas bombas se deben lanzar para que caigan 22 en un cuadrado de 100 metros de lado?

La probabilidad de impacto útil sobre este cuadrado se encuentra como anteriormente:

$$\left.\begin{array}{ll} f_y = \dfrac{50}{25} = 2, & P_y = 0{,}82 \\ f_x = \dfrac{50}{20} = 2{,}5, & P_x = 0{,}90 \end{array}\right\} \quad P_c = 0{,}74, \quad \text{o sea 74 por 100}$$

Luego si de 100 caen dentro 74, para tener 22 se precisan $22 \times \dfrac{100}{74} = 30$ bombas. En la figura se ve que hay dentro del cuadrado 22 bombas, habiendo lanzado 31.

Esta manera de proceder da resultados suficientemente exactos cuando el número de bombas puestas en juego es bastante grande para que las leyes de probabilidades se puedan admitir como exactas; pero cuando ese número es pequeño, hay que buscar más garantía, pues, por ejemplo, se comprende que si la probabilidad de impacto útil es del 50 por 100, no basta tirar dos bombas para tener una dentro, pues si bien lanzando muchas entrarían dentro próximamente la mitad, si sólo se tiran dos, podrían quedarse las dos fuera.

El gráfico denominado «Abaco para determinar la probabilidad de producir un impacto, al menos, lanzando N bombas», resuelve este caso, procediendo como se ve en el siguiente:

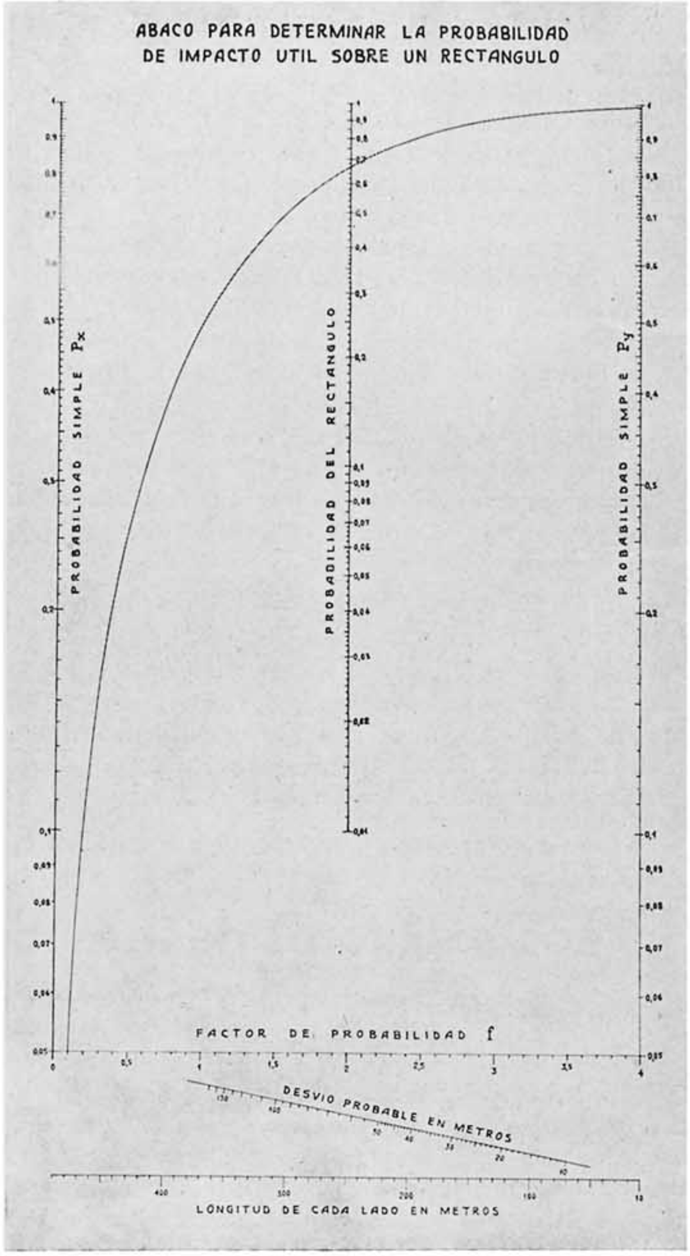
Ejemplo. — Siendo la probabilidad de impacto útil sobre un blanco de 0,7 ó el 70 por 100, ¿cuántas bombas se deben lanzar para que, al menos, caiga una dentro?

Se busca la probabilidad dada en la escala vertical llamada «Probabilidad de impacto útil», y se encuentra que la interseccion de la línea horizontal que pasa por 0,7 con la escala vertical izquierda está comprendida entre las divisiones 3 y 4, que nos indica que hay que tirar más de tres bombas y menos de cuatro; es decir, que son cuatro las bombas necesarias.

De una manera análoga, si la probabilidad de impacto es 0,9, hay que lanzar dos bombas, y si es 0,30, hay que tirar 13 bombas.

Este abaco tiene otra aplicación complementaria que es la siguiente:

Supongamos que la probabilidad de impacto útil es 0,4 y vemos que se deben lanzar nueve bombas; pero podría ocurrir que por ser bombas de gran peso no se pudiera llevar un número tan grande y sólo se pudieran lanzar cinco, por ejemplo, entonces la intersección de la línea horizontal correspondiente a 0,4 con la inclinada 5, nos da un punto que, llevado a la escala inferior horizontal corresponde a la división 0,92, que indica que tirando sólo cinco bombas, en lugar de las nueve necesarias, se tendría una probabilidad de un impacto, al menos, de 92 por 100, que si no es la certeza, sí es bastante elevada para decidirse a realizar el bombardeo con bastantes probabilidades de éxito.



El cálculo de bombas para que al menos una caiga dentro, se resuelve por el abaco indicado de modo que tengamos la certeza práctica (el 99 por 100 de probabilidades) de que se va a conseguir nuestro propósito. Pero, naturalmente, esta certeza exige un número de bombas tal, que al tener la seguridad de una dentro, implica que con bastantes probabilidades caigan más en el blanco.

El número de impactos útiles que probablemente se tendrán se resuelve como indica el siguiente:

Ejemplo. — Siendo la probabilidad de impacto útil 0,60 o el 60 por 100, ¿cuántas bombas se deben lanzar para tener al menos una dentro y cuántas del número lanzado caerán con muchas probabilidade sobre el blanco?

La primera parte se resuelve como en el ejemplo anterior, por el gráfico, encontrando que para tener al menos una bomba dentro se deben lanzar cinco.

La segunda parte la resolvemos de acuerdo con el cálculo de probabilidades, teniendo en cuenta que, por ser 0,6 la probabilidad de impacto útil, es $1 - 0,6 = 0,4$ la de impacto inútil, y, por lo tanto, para tener cinco impactos útiles se tiene una probabilidad igual a

$$(0,6)^5 = 0,078, \text{ ó el } 7,8 \text{ por } 100, \text{ es decir, muy pequeña.}$$

Para tener cuatro impactos útiles y uno inútil, la probabilidad es:

$$\frac{5!}{4!\;1!}\,(0,6)^4\,(0,4)^1 = 5 \times 0,1296 \times 0,4 = 0,259.$$

Luego para tener, al menos, cuatro impactos útiles, la probabilidad será la suma de las dos anteriores, puesto que cuatro impactos útiles, al menos, se consiguen si caen dentro del blanco cuatro bombas y también si caen cinco.

Dicha probabilidad es por lo tanto:

$$0,078 + 0,259 = 0,337, \text{ ó el } 33,7 \text{ por } 100, \text{ aun pequeña.}$$

Análogamente, para tener tres impactos útiles y dos inútiles, la probabilidad es

$$\frac{5!}{3!\;2!}\,(0,6)^3\,(0,4)^2 = 10 \times 0,216 \times 0,16 = 0,3456.$$

Tener, al menos, tres impactos útiles será la suma de las probabilidades para tener 5, 4 y 3, y dicha suma es

$$0,078 + 0,259 + 0,3456 = 0,6826, \text{ ó el } 68 \text{ por } 100.$$

Del mismo modo, para tener dos impactos útiles y tres inútiles, la probabilidad es

$$\frac{5!}{2!\;3!}\,(0,6)^2\,(0,4)^3 = 10 \times 0,36 \times 0,064 = 0,2304,$$

y la total para tener, al menos, dos impactos útiles, sería

$$0,078 + 0,259 + 0,3456 + 0,234 = 0,9130, \text{ ó el } 91 \text{ por } 100$$

que es ya bastante elevada.

En resumen, vemos que tener, al menos, un impacto útil es seguro tirando cinco bombas, según se ha deducido por el gráfico; pero que al tirar estas cinco bombas es *casi seguro* tener dos impactos útiles y *bastante posible* tener tres; así como sería mucha suerte tener cuatro o cinco impactos útiles.

En general, se puede admitir como número de impactos muy probable, el obtenido cuando las sumas hechas en el ejemplo pasan del 75 u 80 por 100.

Los extintores de incendio a bordo de los aviones

Por CIPRIANO RODRÍGUEZ DÍAZ

Capitán de Aviación

Es inútil recordar la importancia que tienen los incendios a bordo: ellos y la rotura de alguna parte vital del avión son casi los dos únicos peligros ciertos que hacen inútil la lucha; de nada sirven la pericia ni la serenidad, no hay más recurso que abandonar el avión por medio del paracaídas. La rotura en vuelo es poco frecuente; con aparatos bien construídos y entretenidos imposible, y en todos los casos es una avería que no se teme porque no se ve próxima; no es como el incendio, que siempre se encuentra posible, especialmente en esos días cálidos en que todo el avión es un horno.

Para hacer más clara la explicación de uno de los medios de combatir el fuego a bordo, vamos antes a enunciar sus dos causas más frecuentes. Cuando un avión gana altura, por disminuir la presión atmosférica, el aire tiene menos moléculas de oxígeno cada vez, y como la cantidad de gasolina que sale por el surtidor es igual que en el suelo, la mezcla carburada aumenta de riqueza, quedando en el interior de la cámara de explosión moléculas de gasolina que no han podido quemarse por falta de oxígeno y que lo hacen a la salida del cilindro, en el propio tubo de escape, al encontrar el de la atmósfera, con el ruido bronco y algo de humo negro característico del exceso de gasolina. El corrector de altura disminuye la cantidad de gasolina que sale por el surtidor, volviendo a hacer la mezcla normal. Pues bien: si por emplear con exceso el corrector o no quitarlo a tiempo al descender, la mezcla llega a ser pobre, se produce un fenómeno inverso, que puede tener la consecuencia de explosiones al carburador, con el consiguiente riesgo de que se incendie la cuba de nivel constante; hecho éste poco frecuente, pero perfectamente posible. Otra causa, tal vez más corriente que la anterior, es algún defecto de aislamiento en los cables de alta de las bujías, que pueden hacer salte sobre la masa del motor una chispa hasta de cuatro milímetros de longitud; alguna pequeña fuga en una junta, el rebose de una cuba de nivel constante por un defecto de cierre en la aguja, etc., puede dar como consecuencia la formación — dentro del ambiente caldeado de los capots — de una atmósfera carburada muy a propósito a su inflamación por la chispa que constantemente salta del defecto del cable de alta.

Una vez producido el fuego, por alguna de esas causas o por cualquiera otra, como no se le sofoque inmediatamente, toma unas proporciones que hacen inútil todo intento de lucha, pues el calor desarrollado dentro de los capots, basta para que a los pocos segundos las tuberías de gasolina calientes lancen chorros de vapor por todas las juntas en forma parecida a como hacen las lámparas de soldar. Los primeros remedios que instantáneamente