Bombardeo aéreo de objetivos de forma irregular

Por EMILIO ENTERO CATANEO

Capitán de Aviación

Probabilidad teórica de impacto útil

El cálculo teórico de la probabilidad de impacto útil en el bombardeo de objetivos, cuyas formas geométricas son rectángulos, cuadrados o círculos, es relativamente cómodo, sencillo y exacto. En mi anterior artículo vimos el modo de realizar este cálculo para un rectángulo o cuadrado; cálculo muy simplificado por el gráfico correspondiente. Cuando el blanco tiene la forma de un círculo se halla fácilmente la probabilidad pedida, encontrando el factor de probabilidad del radio (cociente de dividir el radio del blanco por el del círculo del 50 por 100) y en una tabla muy usual (1) el tanto por ciento de probabilidad del círculo.

Si el blanco objeto del bombardeo tiene una forma muy aproximada a círculo o rectángulo se podrá realizar el cálculo, aproximadamente, suponiendo que es exactamente una de aquellas figuras; pero en cuanto el blanco tenga una forma diferente, un sencillo trapecio, una figura limitada por líneas curvas, etc., es extraordinariamente complicado el cálculo de la probabilidad, pues hay que descomponer el blanco en rectángulos de la manera más aproximada posible, calcular por separado la probabilidad de cada uno y por su suma obtener la total del blanco.

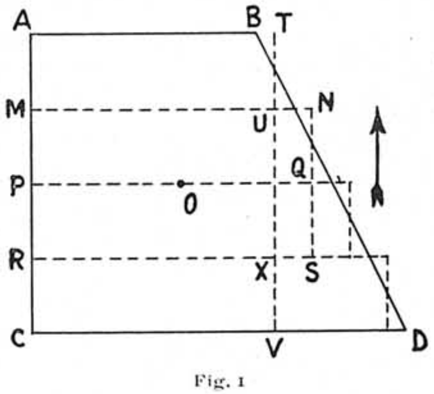

Fig. 1

Para aclarar estos conceptos, consideremos como ejemplo una de las formas más sencillas del blanco que se pueden presentar: el trapecio de la figura 1, suponiendo que se le bombardea en la dirección de la flecha, realizando la puntería sobre el centro *O*.

El trapecio *ABCD* se puede descomponer en los cuatro rectángulos indicados con líneas de puntos, cuyo conjunto forma una figura parecida en forma a la dada y de la misma superficie. Esta descomposición será tanto más exacta cuanto mayor sea el número de rectángulos en que dividamos el blanco y podremos aproximarnos a la verdad tanto como queramos, aunque con la natural complicación si deseamos mucha precisión.

Pero aun habiendo dividido el objetivo en estos cuatro rectángulos solamente, el cálculo de la probabilidad es muy laborioso, pues para calcular la de la zona *MNPQ*, como no es zona centrada respecto al centro de impactos *O*, hay que calcularla teniendo en cuenta que dicha zona es la mitad de la centrada *MNRS*. Relativamente sencillo el cálculo de la probabilidad de estas zonas próximas al centro *O*, es, en cambio, bastante más complicado el de las zonas extremas, pues la zona *AMUT* hay que considerarla como la mitad de la diferencia entre las zonas *ATCV* y *MURX*, siendo su probabilidad la mitad de la diferencia de las probabilidades de estas zonas. Aun más, las zonas *ATCV* y *MURX* no están perfectamente centradas respecto a *O*, y al hacer el cálculo como hemos dicho se comete un error, y si para no cometerlo recurrimos a zonas que estén también centradas en sentido transversal a la dirección de la flecha, aumenta a tal punto la complicación del cálculo que resulta casi imposible realizarlo prácticamente, aunque en teoría exista solución.

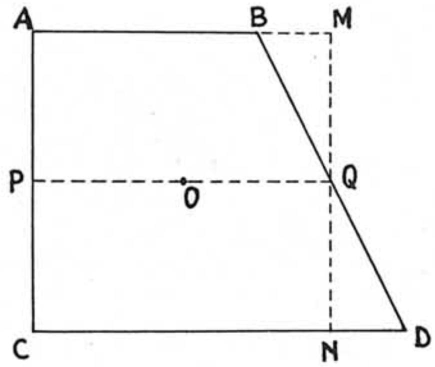

Fig. 2

Vista la imposibilidad práctica de realizar este cálculo, con arreglo a la teoría se recurre a soluciones sencillas aproximadas, como es, por ejemplo, sustituir el cuadrilátero citado por el rectángulo *AMCN* (fig. 2) de la misma superficie e igualmente centrado respecto al punto *O*. En esta solución se comete el error de suponer que el triángulo *BMQ* tiene la misma probabilidad de impacto que el *NQD*, no siendo así, porque, aunque con la misma superficie, tiene mayor probabilidad el *BMQ* por estar más cerca del centro de impactos *O*. Esta sustitución de triángulos, aceptable en el caso de la figura, puede ser muy inexacta si fueran muy diferentes en magnitud los lados *AB* y *CD* del trapecio.

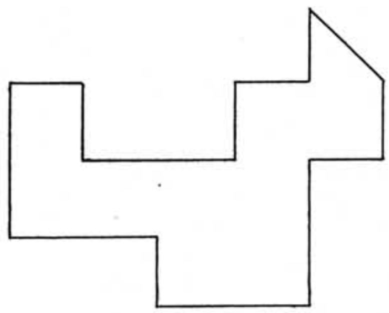
Fig. 3

Si la figura es muy irregular, caso que se puede presentar con mucha frecuencia, aumentan notablemente las dificultades del cálculo, tanto por zonas como por sustitución.

Ejemplo de ello es la figura 3, que sería difícil descomponerla en zonas de fácil cálculo y poco exacta la sustitución de ella por un cuadrado o rectángulo de la misma superficie.

(1) Tabla XIII del libro *Bombardeo Aéreo*.

Como de todos modos la sustitución del blanco por un cuadrado o rectángulo de la misma superficie es más fácil, y por ello es un procedimiento al que hay tendencia a recurrir, voy a insistir sobre su inexactitud, poniendo un ejemplo.

Sea el desvío probable de un bombardeo en alcance y

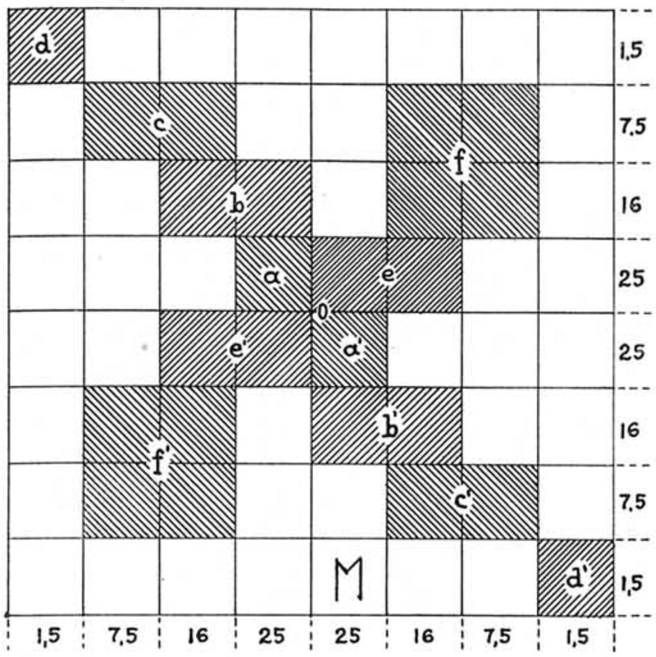

Fig. 4

dirección igual a 24,6 metros, siendo, por tanto, la rosa de impactos circular.

Se sabe (fig. 4) que los impactos se distribuyen alrededor del centro apuntado *O*, en ocho fajas de anchura igual al desvío probable, fajas de direcciones paralela y perpendicular a la de marcha del avión. En la figura 4 están representadas dichas fajas en escala 1 : 4.000, indicando los números situados en ellas el porciento de impactos que las corresponden, y, por tanto, la probabilidad de impacto de cada faja.

El cuadrado de lado, igual a ocho desvíos probables, donde caen todas las bombas, queda así dividido en 64 cuadraditos de superficie igual, pero de probabilidad diferente. La probabilidad de impacto de cada cuadradito es el producto de la de las dos zonas que le forman; por ejemplo, la del cuadradito señalado con la letra *M* es igual a $0{,}25 \cdot 0{,}015 = 0{,}00375$, no llega a 0,4 por 100; análogamente, la probabilidad del rectángulo *c* es igual a $(0{,}075 + 0{,}16)\ 0{,}075 = 0{,}017625$.

Establecido esto, resulta bastante sencillo encontrar la probabilidad de impacto de una figura que, centrada respecto de *O*, esté constituída por rectángulos y cuadrados de los comprendidos entre fajas.

Sea objeto de nuestro estudio, la parte rayada de la figura 4, representada aparte en la figura 5.

La probabilidad teórica de la figura considerada se encuentra de la siguiente forma:

Probabilidad del rectángulo....	$d = 0{,}015 \cdot 0{,}015$	0,000225
	$c = 0{,}075\ (0{,}075 + 0{,}16)$	0,017625
	$b = 0{,}16\ (0{,}16 + 0{,}25)$	0,0656
	$a = 0{,}25 \cdot 0{,}25$	0,0625
	$e = 0{,}25\ (0{,}25 + 0{,}16)$	0,1025
	$f = (0{,}16 + 0{,}075)\ (0{,}16 + 0{,}075)$..	0,055225
Probabilidad total de las zonas *d, c, b, a, e* y *f*......		0,303675

Como la zona inferior, constituída por *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'* y *f'*, tiene la misma probabilidad, resulta que la total de toda la figura debe ser doble de la hallada, o sea, 0,607350, el 60 por 100 próximamente.

Por otra parte, esta figura está constituída por 24 cuadraditos de 24,6 metros de lado, teniendo una superficie de $24 \cdot 24{,}6^2 = 14.523{,}84$ metros cuadrados. Un cuadrado de igual superficie, debe tener por lado $\sqrt{14.523{,}84} = 120{,}5$ metros, siendo su factor de probabilidad igual a $\frac{120{,}5}{2 \cdot 24{,}6} = 2{,}45$, la probabilidad simple correspondiente 0,90 y la compuesta, que es la probabilidad de impacto del cuadrado, igual $0{,}9^2 = 0{,}81$ ó el 81 por 100. Se ve claramente que la probabilidad de 81 por 100, encontrada para la figura por el método de sustitución por un cuadrado, es notablemente diferente de 60 por 100, que es la que realmente tiene.

Es interesante comparar estos resultados teóricos con los que se obtienen en la práctica, y para ello me voy a servir de una de las rosas de impactos obtenidas en Los Alcázares por el último curso de observadores. Cada alumno de los cinco del curso, lanzó 12 bombas, excepto uno, que sólo tiró nueve, por quedarse tres enganchadas en el lanzabombas; las 57 bombas lanzadas, están representadas por puntos en la figura 5, constituyendo una rosa de impactos real a escala 1 : 4.000. El blanco está representado por la cruz del centro, y la flecha indica la dirección del bombardeo.

En esta rosa el desvío probable en dirección es 23,5 metros, y en alcance, 26 metros; por ser casi iguales ambos desvíos, se puede considerar la rosa circular con un desvío probable en ambos sentidos de 24,6 metros, siendo 43 metros el radio del círculo del 50 por 100. Como el bombardeo fué realizado a 1.000 metros, corresponde a esta rosa una calificación americana de precisión próxima al *grado óptimo*, y representa un bombardeo bastante más preciso que el promedio dado por los franceses para aviones de reconocimiento, que a esa altura dan un radio del círculo del 50 por 100 igual a 54 metros. En los exámenes de bombardeo del curso citado, se obtuvieron aún

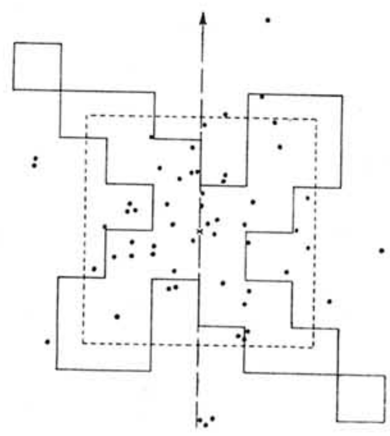

Fig. 5

rosas de impactos mejores, y también, naturalmente, peores; se puede considerar la que doy como un promedio.

Pues bien: por la observación de la figura 5, se ve que sobre el objetivo de forma irregular, al que me estoy refiriendo, caen 31 bombas de las 57 lanzadas, representando una probabilidad de impacto de 0,55 ó el 55 por 100, bastante aproximada a la encontrada teóricamente (1). Sobre el cuadrado de puntos, de superficie equivalente, caen 46, siendo la probabilidad de impacto útil igual a $\frac{46 \cdot 100}{57} = 81$ por 100, igual a la encontrada teóricamente. Si a la rosa de impactos se le hace girar alrededor de su centro, cosa análoga a suponer que el bombardeo se hubiera realizado en otras direcciones, con respecto al blanco, quedan dentro de ambas figuras un número de bombas casi igual, que hacen variar en muy poco la probabilidad de impacto.

Vemos así que los resultados teóricos y prácticos están de acuerdo y lo erróneo que puede ser para hacer el cálculo de la probabilidad de impacto sustituir la figura del blanco por un cuadrado de superficie equivalente. Si así lo hubiéramos hecho, en este caso creeríamos que en la figura dada deben caer el 81 por 100 de bombas lanzadas, es decir, $\frac{81 \cdot 57}{100} = 46$ de las 57 lanzadas, y realmente no caen más que 31 a 34.

Solución práctica del problema

Para poder encontrar la probabilidad de impacto útil sobre un blanco de una manera sencilla y rápida, visto lo complicado de su resolución teórica, propongo la construcción de *rosas de impactos tipo,* que nos dan el porcentaje deseado con gran rapidez y bastante precisión.

Veamos la manera de construir una rosa tipo para un radio determinado del círculo del 50 por 100 de impactos; la correspondiente al radio de 43 metros en escala 1 : 2.000:

La tabla de factores de probabilidad del radio correspondientes a los diversos valores del tanto por ciento de probabilidad del círculo nos da, por ejemplo, para $100\,P = 20$, es decir, círculo del 20 por 100 de impactos, que $f = 0{,}567$, lo que nos indica que el radio del círculo del 20 por 100 dividido por el del círculo del 50 por 100 es 0,567; luego el radio del círculo del 20 por 100 debe ser $0{,}567 \cdot 43 = 24{,}38$ metros; en escala 1 : 2.000 será 12,19 milímetros. Haciendo centro en *O* (fig. 6) (2) se puede trazar el círculo *b* que tenga este radio y dentro de él debe estar el 20 por 100 de las bombas de la rosa, si éstas caen con arreglo a las leyes de la probabilidad.

Haciendo lo mismo para otros valores de la probabilidad, deducimos la tabla siguiente:

Probabilidad del círculo 100 P	Factor de probabilidad f	Radio del círculo en metros R	Radio del círculo en milímetros, escala 1 : 2.000
10	0,39	16,77	8,38
20	0,567	24,38	12,19
30	0,716	30,788	15,4
40	0,858	36,894	18,45
50	1	43	21,5
60	1,149	49,207	24,6
70	1,317	56,631	28,3
80	1,523	65,489	32,74
90	1,822	78,346	39,2
99	2,575	110,725	55.4

Trazando los círculos correspondientes a los radios en milímetros obtenidos en la tabla, tenemos los círculos señalados con las diez letras de la figura 6. En ella vemos que por tener 10 bombas dentro del círculo *a* y 20 dentro del *b*, debe haber 10 entre el *a* y el *b*, y así sucesivamente; es decir, entre cada dos círculos debe haber 10 bombas de cada 100 y 10 también dentro del *a*.

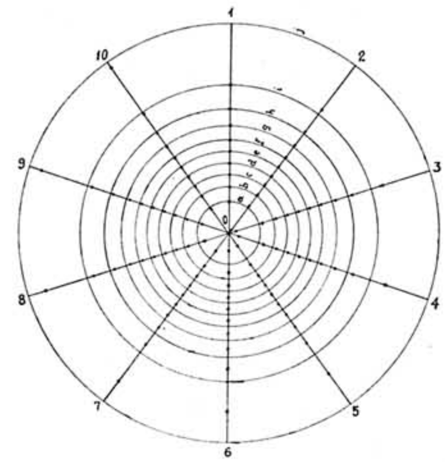

Fig. 6

Se continúa la construcción de la rosa tipo trazando los 10 radios de la figura, numerados 1, 2, 3, etc., formando entre sí ángulos de 36 grados. Ahora, como dentro del círculo *a* debe haber 10 bombas de las 100, se coloca una en el centro *O;* otra en el radio 2, a una distancia igual a 1/10 del radio de *a*; otra en el radio 3, a 2/10, y así sucesivamente hasta colocar la del radio 10 a 9/10 de distancia del centro. Las comprendidas entre las circunferencias *a* y *b* se colocan: la primera, en la intersección del radio 1 y circunferencia *a*; la segunda, sobre el radio 2 a 1/10 de la distancia entre las circunferencias *a* y *b*, contada a partir de *a*, y así sucesivamente para las demás bombas entre ambas circunferencias, y para las que debe haber entre las restantes hasta completar las cien que debe tener la rosa tipo (1).

(1) Por no ser la rosa real perfectamente circular, y dado lo irregular de la figura, no resulta en el bombardeo real el porcentaje teórico del 60 por 100, realizándolo en la dirección de la flecha, pues el 60 por 100 de 57 bombas, son 34. Este número es precisamente el de bombas que quedan dentro de la figura, si se supone que la dirección del bombardeo es la de una de sus diagonales, dando a la rosa real un giro alrededor de su centro de 45 grados.

(2) Por conveniencia de ajuste las figuras están a escala 1 : 400. Para la práctica de manejo de las *rosas tipo,* conviene dibujarlas en escala 1 : 2.000.

(1) Procediendo con mayor exactitud se debía colocar la primera bomba en el centro *O*, la segunda a la distancia que resulte en función del factor de probabilidad correspondiente al círculo del 1 por 100, la tercera a la del 2 por 100, y así sucesivamente, sin trazar los círculos indicados y sí únicamente los 10 radios que después serán borrados. Pero por los resultados que en la práctica se tienen, como luego se verá, es suficiente situar las bombas, repartiéndolas uniformemente dentro de cada círculo, aun haciéndolo a ojo un buen delineante.

Para después aplicar esta rosa sobre los blancos objeto del cálculo será conveniente dibujarla en papel transparente o talco, dejando en ella solamente las bombas representadas por puntos y borrando los círculos y radios que sirvieron para trazarla.

Su empleo, una vez obtenida, es bien sencillo: basta colocarla sobre una fotografía vertical del blanco o plano a la misma escala que la rosa, de modo que su centro coincida con el punto al que se va a realizar la puntería (el centro del blanco generalmente) y contar las bombas que caen dentro de él. Esta cuenta se hace bien fácilmente por estar las bombas alineadas en sus radios, debiendo, para evitar confusiones, marcar con una estrella la alineación de bombas correspondiente al radio 1, por el cual se empezará a contar, teniendo en cuenta que la primera bomba de este radio es la del centro y contando los restantes radios en el sentido de las agujas de un reloj.

Cuando una bomba coincida justamente con algún límite del blanco se contará como media. También se debe hacer girar la rosa tipo, colocándola en tres o cuatro posiciones con respecto al blanco, tomando como tanto por ciento de probabilidad la media de los valores hallados en las varias posiciones, evitando así el error que pudiera ocasionarse con una sola posición a causa de estar las bombas alineadas en sus radios en lugar de estar más uniformemente repartidas.

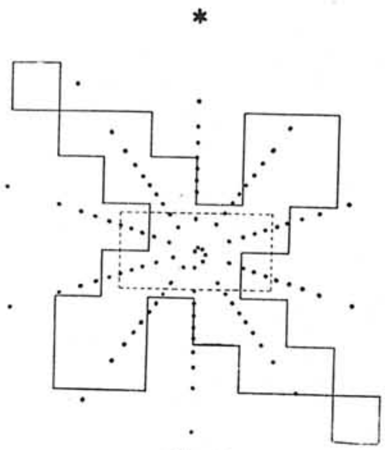

Fig. 7

Como ejemplo apliquemos la rosa tipo sobre la figura 5, encontrando (fig. 7) que caen dentro de ella en varias posiciones un número de bombas comprendido entre 55 y 64, con un promedio de 60 (en la posición de la figura 7 hay 55 dentro y nueve en los bordes, que se deben contar como 4,5). La probabilidad hallada por la rosa es, por tanto, de 60 por 100, igual a la encontrada teóricamente.

Claro está que si la rosa tipo la hemos construído principalmente para encontrar la probabilidad de impacto útil sobre blancos de forma irregular, también es cómodo su empleo cuando se trate de blancos que sean rectángulos o círculos.

Por ejemplo, aplicada sobre un barracón de 80 por 40 metros, señalado de puntos en la figura 7, encontramos que en varias posiciones quedan dentro de él un promedio de 30 bombas, dando una probabilidad del 30 por 100. Teóricamente se encuentra:

Factor de probabilidad en dirección. $f_x = \frac{40}{24,6} = 1,62.$

— — en alcance.. $f_y = \frac{20}{24,6} = 0,810.$

Probabilidad simple en dirección. $P_x = 0,725.$

— — en alcance... $P_y = 0,411.$

Probabilidad del barracón. $0,725 \cdot 0,411 = 0,298.$

o el 29,8 por 100, igual al 30 por 100 encontrado con la rosa tipo.

Carpeta de rosas tipo

El método expuesto, aunque más sencillo quela descomposición del blanco en zonas y más exacto que su sustitución por un cuadrado, no resultaría de todos modos muy práctico si fuera necesario construir una rosa tipo para cada valor del radio del círculo del 50 por 100. La descrita como ejemplo se ha hecho para un valor de $R = 43$ metros para comparar los resultados obtenidos con la rosa real del mismo radio.

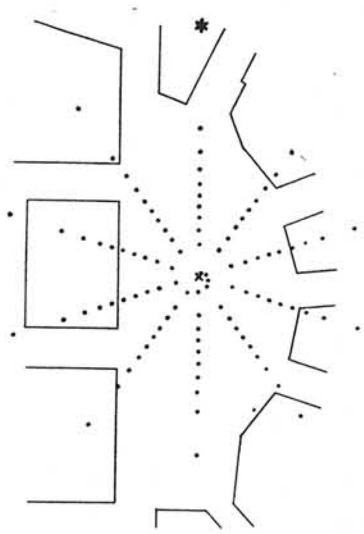

Fig. 8

Pero para las aplicaciones prácticas será suficiente construir varias para valores redondos del radio, comprendidos dentro de los límites que en el estado actual del bombardeo puede aquél alcanzar. Estos valores pueden ser desde 30 a 100 metros variando de 10 en 10 metros.

En esta forma, si por el grado de entrenamiento, condiciones atmosféricas, altura de vuelo, etc., se supone que el radio del círculo del 50 por 100 de un bombardeo ha de ser de 56 metros, se aplicará sobre el objetivo la rosa tipo de 50 metros y la de 60, tomando como probabilidad el promedio de las encontradas con ambas.

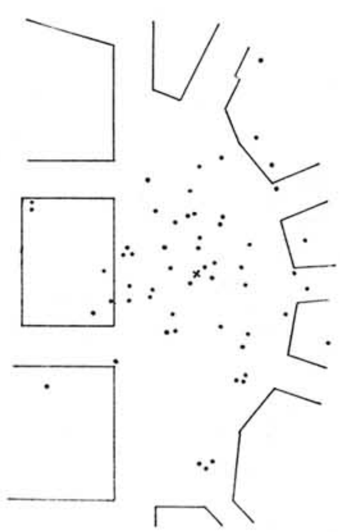

Fig. 9

Estas ocho rosas tipo en papel transparente o talco, constituirán una carpeta que todas las Escuadrillas deben tener, pues si en tiempo de paz estos cálculos son poco empleados, en tiempo de guerra, cuando diariamente tenga que bombardear cada escuadrilla tres o cuatro objetivos, no se podrá perder el tiempo en calcular la probabilidad de impacto útil por otro procedimiento, y sin este cálculo previo no serán juiciosamente empleadas las bombas; unas veces se lanzarán más de las debidas y otras menos.

Aplicación a un objetivo conocido

Como complemento de lo explicado voy a aplicar la rosa tipo y real del último curso de observadores de Los Alcázares a un objetivo bien conocido: la Puerta del Sol de Madrid.

Aplicada la rosa tipo de 43 metros de radio sobre el plano de la Puerta del Sol en escala 1 : 2.000, como se ve en la figura 8 (1), obtenemos una probabilidad de impacto útil de 76 por 100, por ser 76 las bombas que quedan dentro de las 100 que tiene la rosa tipo. En el bombardeo real de 57 bombas deben quedar dentro, por tanto, $\frac{57 \cdot 76}{100} = 43,2$; son precisamente 43 de las de la rosa real las que caen dentro, como se ve en la figura 9.

La rosa de impactos tipo puede tener también otra aplicación. Esta es, que en algunos bombardeos se tomará un blanco como *objetivo principal* realizando la puntería a su centro, pero podrán caer también algunas bombas a otro objetivo cercano al principal, que llamaremos *secundario;* la rosa nos permite encontrar la probabilidad de impacto sobre el objetivo secundario realizando la puntería sobre el principal.

Ejemplo de ello es el bombardeo de la Puerta del Sol como objetivo principal, deseando saber la probabilidad de impacto sobre el Ministerio de la Gobernación considerado como objetivo secundario.

Se ve en la figura 8, que sobre este edificio quedan ocho bombas de la rosa tipo; su probabilidad de impacto es, por tanto, 8 por 100, debiendo caer de la rosa real $\frac{8 \cdot 57}{100} = 4,56$ bombas; en la figura 9 se ven cinco bombas sobre dicho edificio.

Haciendo girar ambas rosas alrededor de su centro no varía mucho la probabilidad, pudiendo considerarse las expresadas como promedios.

(1) La figura está a escala 1 : 4.000.

LA AVIACIÓN INGLESA EMBARCADA

Un *Hawker «Osprey»* de reconocimiento (motor *Rolls-Royce Kestrel* de 525 cv.) volando sobre el portaviones *Eagle*, que actualmente se encuentra en servicio en los mares de China.

(Fot. The Aeroplane.)