
DONDE CANTIDAD Y CALIDAD COLISIONAN

Decía Joseph Stalin que *la cantidad es una calidad en sí misma*¹, tratando de justificar la apuesta de la entonces joven URSS por dotarse de grandes cantidades de material militar en lugar de apostar por las capacidades más avanzadas y teóricamente mejores. De ahí que los ejércitos comenzaran a ser medidos por sus componentes, más que por sus capacidades, porque los números daban una idea aproximada de lo que era factible realizar con ellos. No obstante, esa era una mentalidad típicamente pre *Grand Guerre* que sucesivos avances tecnológicos hicieron poco a poco obsoleta.

En el otro bando, los Estados Unidos contemplaron siempre el dotar a sus combatientes del mejor material bélico posible, introduciendo avances científicos en el campo de batalla tan pronto como se demostraba la viabilidad de los mismos. Esto ha conducido, no obstante, a una especie de presión por incorporar todo aquello que se investigue, sea factible o no, así como a esperar cuasi milagros de la próxima generación de armas prevista.

Ambos enfoques tienen sus puntos positivos y sus puntos negativos; ambos pueden argüir que, dado que nunca se han encontrado en el campo de batalla (¡demos gracias al cielo que no lo hicieron sobre Europa Occidental en los ochenta!), su punto de vista es el correcto. Este debate es similar al que a veces he oído en el Ejército del Aire español sobre el tener cuatro aviones muy capaces o disponer de dos mil Bonanzas con las que cumplir los mismos objetivos. ¿Cuál sería el punto de vista acertado? ¿Existe realmente uno mejor que el otro? En este artículo tratare de traer algo de luz sobre este tema en particular.

Históricamente tenemos ejemplos que nos pueden ilustrar sobre cuál de estas dos tendencias es más adecuada. En 1938, el Reino Unido instauró una comisión de adquisiciones en territorio norteamericano bajo la dirección de Sir Henry Self. Según avanza-

ba el conflicto en Europa, a este se le encargó la tarea de conseguir y dotar con cazas americanos a la RAF. Se daba la coincidencia de que el caza preferido por Sir Henry era el Curtiss P-40 pero este avión estaba producido por Curtiss en su planta de Buffalo, Nueva York, y apenas daba abasto con los requerimientos americanos, por lo que la fabricación de un lote para los ingleses se veía como algo realmente difícil. Otra empresa, North American Aviation, dirigida por Dutch Kindelberger, contactó con Sir Self para ofrecerle alguno de sus productos, concretamente el bombardero B-25, pero Self le preguntó sobre la posibilidad de construir el P-40 bajo licencia, a lo que Kindelberger le respondió que podía tener un avión mejor que el *Tomahawk*—apodo del P-40, junto con *Kittyhawk* y *Warhawk*—con el mismo motor en menos tiempo que le llevarían hacer una cadena de montaje del P-40. Self aceptó y puso las siguientes condiciones que el nuevo avión debería cumplir: un armamento de cuatro ametralladoras de 7.7 mms, un motor refrigerado por agua Allison V-1710 (el mismo que llevaba el P-40), un coste por unidad no superior a los 40.000 \$ por avión y la entrega del primer avión en enero de 1941. El contrato se firmó el 24 de abril de ese año y en septiembre el prototipo, denominado NA-73X, realizó su *roll out*, volando por primera vez el 26 de octubre, 149 días después de la firma del contrato². Inicialmente contemplado como un avión de reconocimiento táctico,

el cambio del motor del americano Allison V-1710 al inglés Rolls Royce Merlin transformó sus prestaciones por encima de los 15.000 pies y lo convirtió en uno de los mejores cazas de la 2ª Guerra Mundial y un icono de la aviación de caza.

En otro marco temporal, en febrero de 1945, un tal Adolf Galland, general de la Luftwaffe caído en desgracia ante sus jefes por sus constantes críticas a la política operacional, la doctrina estratégica y las tácticas impuestas por el Alto Mando de la Luftwaffe, se le or-



**Jorge Juan Fernández
Moreno**

Teniente Coronel
del Ejército del Aire



dena crear una unidad especial, el JV (por Jagdverband) 44, dotada con lo mejor en personal y material. Se esperaba que al mandarlo a primera línea de combate, acabase cayendo ante los proyectiles... pero no sucedió así. Se le autorizó a escoger a quienes él decidiera y este optó por los mejores, los pilotos más experimentados y con mayor bagaje de victorias; también es cierto que la mayoría de ellos permanecían en tierra por la escasez de combustible que asolaba a la gran mayoría de las unidades de combate de la Luftwaffe. Tanto es así que los seis pilotos con más victorias del JV 44 sumaban entre ellos más de mil cien derribos y que la media de los once siguientes era superior a los 50 derribos; otros pilotos de la Luftwaffe bromeaban afirmando que la Cruz de Caballero, la más alta condecoración que el régimen nazi concedía a combatientes, era parte estándar en la uniformidad del JV 44. Por otro lado, junto con el mejor grupo de guerreros aéreos que pudo juntarse, se les dotó del mejor material, el revolucionario Me 262 *Schwalbe* (golondrina) al que solo la injerencia política de querer convertirlo en cazabombardero le privó de entrar mucho antes en la contienda y quién sabe si haber alterado el devenir de esta³. Una vez en vuelo, el *Schwalbe* era superior al mejor de los cazas aliados; sin embargo, tenía un talón de Aquiles en forma de bajas prestaciones por debajo de los 15.000 pies y poca maniobrabilidad y aceleración en las fases de despegue y aterrizaje. Para solucionarlo, el JV 44 fue dotado con cinco Focke Wulf 190D, que ejercían de protección aérea a 1.500 pies mientras los Me 262 despegaban o aterrizaban. La Flack (artillería antiaérea alemana) proporcionaba una burbuja adicional de protección.





Con estos mimbres se podría pensar que la historia del JV 44 estuviera llena de derribos y medallas. Lo cierto y verdad es que no fue así: constantes cambios de ubicación por el avance sistemático de los aliados, junto con el hecho de que jamás contarán con más de seis Me 262 operativos simultáneamente y que únicamente pudieran combatir dos meses antes de la rendición incondicional a los aliados hicieron que los esfuerzos de todos esos ases fueran poco menos que marginales. La historia dice que cuando el JV 44 fue desmantelado, había obtenido 47 victorias sobre aviones aliados —entre abril y mayo de 1945— perdiendo a cambio unos nueve aparatos, si bien esta cifra no está contrastada⁴. Se esperaba del JV 44 que tuviese una relación de victorias cercana a 20:1, es decir, derribar 20 aviones enemigos por cada avión propio derribado. Realmente su letalidad comparada con el resto de unidades de la Luftwaffe llegó a esas cotas pero tomando en consideración sólo derribos enemigos, derribos propios y relación de fuerzas, la proporción quedó en un mucho más humilde 9:1. Y aunque pueda parecer un número realmente esperanzador, se reduce a 3:1 al tomar en consideración las Leyes de Lancaster. Y con una relación de 3:1 y sólo dos meses de operación real, el JV 44 no pasó de ser una imagen de lo que pudo haber sido y no fue por diversos motivos.

Las Leyes de Lancaster son una serie de ecuaciones diferenciales que establecen la resistencia entre dos ejércitos que se están disparando entre sí. Fueron desarrolladas por Frederick Lanchester en

1916, en plena I Guerra Mundial, con el fin de establecer el balance de fuerzas entre dos entidades que combaten. Desarrolló primero la Ley Lineal de Lanchester, que tiene en cuenta combates antiguos, sin armas de fuego o con disparos realizados al azar, para luego pasar a desarrollar la Ley Cuadrática de Lanchester, que ya toma en consideración que un único atacante pueda batir varios blancos y que se pueda recibir impactos desde diversas direcciones o enemigos. Grosso modo, la Ley Cuadrática establece que por mucha calidad que haya en un bando, esta se reduce a la proporción de 3:1. Estas leyes se aplican sobre todo al combate con armas de fuego; para combate con salvas de misiles se desarrolló posteriormente lo que ha venido en denominarse el Modelo de Combate en Salvas.

En este último modelo, pensado para buques que combaten mediante lanzamientos de salvas de misiles —aunque, con ciertas modificaciones, podría usarse para combate aéreo—, se toman una serie de parámetros que se detallan a continuación: para una facción, digamos Azul, se tiene un número de efectivos **A**, una capacidad ofensiva de los mismos **α** , una capacidad defensiva o de denegación de acierto de misiles enemigos **γ** (en el modelo de combate en salvas, este parámetro hace referencia a las capacidades de defensa activa de los buques implicados; para combate aéreo, bastaría con tomar en consideración las capacidades de guerra electrónica y la agilidad de los elementos contemplados para incluir los misiles derrotados cinemáticamente), una resiliencia o capacidad de absorber



Comparativa entre los proyectiles M3 (cal 0.50) del F-86 Sabre y NR-23 y NR-37 del MiG 15.

daños w y una letalidad por misil u que, lógicamente, resulta de invertir esa resiliencia pero aplicada al enemigo ($u=1/w$). Para la facción contraria, que definiremos como Roja, se dan los mismos parámetros pero será B la cantidad de elementos; β , su capacidad ofensiva; z , su capacidad defensiva; x , su resiliencia; y v , la letalidad por misil. De este modo, el modelo calcula la cantidad de efectivos perdidos en cada ataque, ataque que se realiza por medio de lanzamientos masivos de misiles. La fórmula resultante es:

$$\Delta A = -(\beta B - \gamma A) * u,$$

siendo ΔA la cantidad de elementos perdidos que siempre oscilará entre 0 y A , sin poder ser nunca negativa. Esta fórmula permite iteraciones en las que se incorporarían las variaciones ocurridas tras la primera descarga, de modo que se empezarían con números ligeramente diferentes, A' y B' , si bien el resto de parámetros se mantendrían constantes mientras durase el enfrentamiento.

Tratemos ahora de adecuar esta fórmula al entorno aéreo. Las cantidades implicadas, A y B , siguen teniendo el mismo significado, esto es, la cantidad total de cazas en el aire de uno y otro bando. Las capacidades ofensivas, α y β , se definen como el número de misiles por salva correctamente apuntados y lanzados; es decir, en este apartado debería tenerse en cuenta tanto las



SCL's⁵ propias de cada sistema de armas en el aire como los parámetros de lanzamiento de cada misil (cuántos de ellos han sido lanzados a R_{max} , R_{aer} , R_{ne} o R_{min} ⁶, otorgándoles un factor numérico en función de la mayor o menor probabilidad de derribo que implica cada distancia). En las capacidades defensivas, y o z, se han de contemplar, como ya se menciona anteriormente, la capacidad de nuestra suite de guerra electrónica, asignándole un valor numérico, y la agilidad y potencia del sistema de armas en cuestión, cualidades que le permitirán pasar de una posición defensiva a una ofensiva o viceversa en un tiempo muy corto si dispone de esas cualidades... o tardar más y perder la iniciativa si no se dispone de ellas. La resiliencia, w y x, son más difíciles de medir ya que las

aeronaves son, por naturaleza, frágiles y ligeras, ¡aunque los pilotos del A-10 Warthog podrían opinar de otra manera! Existen aviones tradicionalmente duros (los pilotos de los Su 22 demostraban la resistencia de sus aparatos agarrándose al largo mástil de la sonda y haciendo dominadas en los tiempos de la URSS) y otros que son más sensibles ante el fuego enemigo; a este respecto, diversas investigaciones han demostrado que los números tenidos por ciertos relativos a la Guerra de Corea no son precisos. De los casi 800 derribos de MiG 15's reclamados por la USAF y que habrían dado una relación de victorias de 14:1 frente al F-86 Sabre se ha pasado, tras el estudio de los datos obtenidos tras la caída de la Unión Soviética, a aceptar algo más de 200 MiG's como cantidad real, cantidad que coloca la relación de derribos en un



Date	Unit	Aircraft	Pilot	Weapon	Victim	Country	Fired
27 Dec. 92	USAF	F-16D		AIM-120A	MIG25PD	IrAF	1
17 Jan. 93	USAF	F-16D		AIM-120A	MIG29B	IrAF	1
28 Feb. 94	86FS/526FW	F-16C 89-2137	B. Wright	AIM-120A	J-21	RVRS (Pescic KIA)	1
14 Apr. 94	53FS/52FW	F-15C	E. Wickson	AIM-120A	UH-60A	US Army	1
24 Mar. 99	322 sqn KLu	F-16A/MLU J-063	P. Tankink	AIM-120A	Mig-29 18106	127.lpe/JRviPVO (Mulinovic OK)	1
24 Mar. 99	493EFS/48FW	F-15C 80-0169	C. Rodríguez	AIM-120C	MiG-29 18112	127.lpe/JRiPVO (Arizanov OK)	1
24 Mar. 99	493EFS/48FW	F-15C 86-0159	M. Shower	AIM-120C	MiG-29 18112	127.lpe/JRviPVO (Arizanov OK)	1
24 Mar. 99	493EFS/48FW	F-15C 86-0159	M. Shower	AIM-120C	MiG-29 18111	127.lpe/JRviPVO (Nikolic OK)	3
26 Mar. 99	493EFS/48FW	F-15C 86-156	J. Hwang	AIM-120C	MiG-29 18113	127.lpe/JRviPVO (Radosavijevic KIA)	1
26 Mar. 99	493EFS/48FW	F-15C 86-156	J.Hwang	AIM-120C	MiG-29 18114	127.lpe/JRviPVO (Peric OK)	2
4 May. 99	78EFS/20FW	F-16C 91-0353	M. Geczy	AIM-120 C	MiG-29 18109	127.lpe/JRviPVO (Pavlovic KIA)	1



1,3:1. La gran diferencia entre uno y otro dato tiene como base la escasa capacidad de derribo que tenían los proyectiles de las seis ametralladoras de calibre 0.50 (o 12.7 mms.) con que estaba dotado el Sabre comparados con los proyectiles disparados por el MiG. El F-86 fue concebido como un caza de superioridad aérea mientras que el MiG era un interceptor de bombarderos por lo que su armamento era mucho más poderoso⁷. Y sirva como muestra la comparativa entre los proyectiles.

Por último, la letalidad por misil (la inversa del factor anterior) podría asociarse al Pk, la probabilidad de derribo de un misil determinado, un parámetro muy utilizado y adecuadamente depurado y estudiado en todos los escuadrones de caza.

Analizando la fórmula, vemos que los factores a tener en cuenta son:

a) el número. Aunque pueda parecer extraño, este factor hay que explicarlo. En la fórmula no se introduce simplemente el número de aviones disponibles, sino el número de ellos *capaces de lanzar los misiles en las condiciones adecuadas*. Esto implica que se ha de tener en cuenta la operatividad de los aviones y su tasa de disponibilidad. En un supuesto enfrentamiento entre, pongamos, 20 F-22

Raptors (bando Azul) y 30 JAS-39 Gripen (bando Rojo), todo el mundo apostaría por una fácil victoria para los aviones norteamericanos. Sin embargo, aplicando el 55.5% de disponibilidad de la flota de Raptors⁸ y el 90% de los Gripen⁹, tendríamos que se enfrentarían en realidad $20 \times 0,55 = 11$ F-22's contra $30 \times 0,9 = 27$ Gripens. El resultado del combate, que parecía evidente, comienza a volverse contraintuitivo.

b) los misiles correctamente lanzados por salva. Aquí entraría una serie de datos que intentaremos identificar y delimitar de la mejor manera posible. Primero, el número de misiles que porta cada avión. La configuración estándar en aire-aire del F-22 es de seis misiles AIM-120 AMRAAM y dos AIM-9X Sidewinder; para el Gripen, esos números son de cuatro AMRAAM's y dos Sidewinder. Si los multiplicamos por los aviones que cada bando ha conseguido poner en el aire, tendremos que el bando Azul podrá lanzar $11 \times 6 = 66$ misiles y $27 \times 4 = 108$ el bando Rojo, empezando en términos BVR¹⁰. Se podría argumentar aquí que la cantidad de misiles que puede lanzar el bando Azul es superior a la totalidad de los aviones del bando Rojo y que pueden lanzarlos desde más lejos, con lo que

los Gripen jamás llegarían a estar en posición de lanzar sus propios misiles. Eso podría ser cierto si el AIM-120 tuviese un Pk de 1.0, cosa que no es así. Los datos actuales hablan de un Pk de 0,46 (13 misiles lanzados para obtener 6 derribos) pero lo cierto y verdad es que los aviones derribados con esos misiles no fueron auténticos oponentes. La lista de dichos derribos figura en la tabla de la página 180.

A estos datos hay que añadir una serie de factores: el derribo marcado en amarillo es un blue-on-blue¹¹ debido a errores en la identificación NCTR¹², los MiGs iraquíes estaban huyendo del escenario y no reaccionaron al disparo, el J-21 serbio carecía tanto de radar como de equipo ESM, los MiGs serbios tenían los radares inoperativos y en ninguno de estos casos se informó del uso de contramedidas por parte de los aviones blanco. En el ejemplo que nos ocupa, el Gripen dispone de suites ES y EA¹³ (usualmente denominados alertadores y perturbadores) y tiene la agilidad suficiente como para reaccionar al lanzamiento –estos dos parámetros estaban englobados en el término y ó z de la ecuación–, por lo que es altamente probable que la P_k de los AIM-120 lanzados por el bando Azul caiga de manera importante; por mor de simplificar, aceptemos que cada factor (disponibilidad de alertador y agilidad del JAS 39 por un lado; y capacidades de los perturbadores de abordaje, por otro) degrada un 50% sobre el dato inicial, bajando el P_k resultante a 0,12 aunque es muy posible que la cifra final fuese incluso más baja. Eso significa que para obtener un derribo se han de lanzar ocho misiles sobre un mismo blanco, tarea complicada en un entorno de combate aéreo hasta para los altamente capaces AN/APG-77 y los procesadores que equipan al Raptor. Aún suponiendo que se consiga, los 66 misiles AMRAAM que puso en vuelo el bando Azul obtendrían $66/8 = 8$ derribos (aproximadamente). Ahora bien, los F-22s habrían lanzado todos sus misiles radáricos y ahora habría 19 enemigos que estarían acometiéndoles, disponiendo ellos de misiles infrarrojos únicamente. ¿Qué hacer? ¿Lanzarse a continuar el combate en entorno WVR¹⁴ o darse la vuelta y proceder a su base? La lógica dicta que los Raptor, poco entrenados para combate a corta distancia, dieran la vuelta y huyeran. Cierto es que la combinación de *stealth*, supercrucero y fusión de datos hacen de ellos un enemigo temible incluso en WVR; sin embargo, no es previsible que se arriesgaran a perder un avión en un combate cercano por lo que, confiando en las superiores prestaciones en cuanto a techo de combate, aceleración y capacidad de crucero supersónico les permitan librarse de los Gripen enemigos que ahora les persiguen.

Esto, siendo ahora diecinueve, tratarían de derribar cuantos Raptors fuera posible. Pero ahora se les aplicaría los mismos factores que fueron de aplicación para los F-22's cuando lanzaron sus misiles. Es

más, la capacidad *stealth* de los aviones americanos degradaría, con toda seguridad, los misiles de los JAS 39 en un porcentaje aún mayor. Un Pk para los AMRAAM's de los aviones suecos de un 0,05 no es descartable, lo que implicaría que los $19 \times 4 = 76$ misiles radáricos podrían derribar un máximo de tres aviones enemigos. Y eso si se consiguiera concentrar ¡veinte! misiles en cada Raptor que huye. Sin embargo, aquí hay que tomar en consideración una serie de factores que tienen su importancia, como son el hecho que los suecos van un paso por delante de muchos otros países en cuanto a data links se refiere. En 1985, los JA37 Viggen, antecesores del JAS 39 Gripen, ya disponían de un IDL (intraflight data link) que les permitía comunicaciones encriptadas entre los cuatro aviones de una formación y que un avión de los cuatro designara los blancos mientras los otros tres llevaban el radar en stand-by, pasándole a través del data link la información del target. Eso era en 1985, los norteamericanos aun no disponían de data links operativos y el JAS 39 Gripen se diseñó con la premisa de disponer "el data link más desarrollado del mundo", de acuerdo con la propia Saab¹⁵, fabricante del Gripen. Así pues, asumamos que la formación de los 19 Gripen restantes funcionan auténticamente en red (networking). No deberíamos descartar el hecho de que dado lo avanzado de su data link, este les permitiera operar como radares biestáticos, esto es, que el pulso lanzado por un avión fuese recibido y procesado por otro diferente, en una ubicación distinta. Esta característica, que parece sencilla pero que no lo es, proporcionaría una ventaja táctica a los Gripen extraordinaria; sencillamente, haría que los Raptor dejaran de ser invisibles y los detectarían sin problemas, pudiendo guiar los AMRAAMs a los blancos con toda normalidad. Pero no solo esto: la capacidad biestática elimina la perturbación, dado que el perturbador dirige la emisión contra el radar emisor, no contra el receptor, del que ignora su situación. Otro factor a tener en cuenta es que un caza en vuelo supersónico genera una onda de choque que hace que a Mach 1.7 se creen temperaturas superiores a los 86° centígrados, proporcionando un claro blanco si se dispone de unIRST; recordemos que el F-22 tiene acreditado un supercrucero de precisamente Mach 1.7. Tengamos en cuenta que los Raptors no utilizarían, lógicamente, sus perturbadores para no delatar su posición; el EMCON¹⁶ de esos aparatos es férreo. Y para acabar, consideremos el concepto *burn-through*: es un concepto de guerra electrónica que establece que existe un punto en función de la distancia a partir del cual el radar víctima ve a través de la perturbación por la sencilla razón de que el eco radar del avión es superior en la señal de retorno a la perturbación que pudiera estar recibiendo. Lo mismo ocurre con el *stealth*; llega un momento en el que el radar ve, por mucho que la plataforma fur-

tiva difume, redirección, absorba en parte o disminuya la energía radar que recibe.

Aun con todos estos datos presentes, que harían aumentar de manera significativa la capacidad de ataque del bando Rojo (recordemos que ese factor se identificaba por las letras α y β , dependiendo del bando que se considere), aceptemos que esos 76 misiles que pueden poner en vuelo los Gripen son capaces de acabar con cuatro F-22's. Al acabar el día, volverían 7 F-22's a su base azul y 19 Gripen a su base roja. Los primeros habrían derribado 8 JAS 39 y habrían encajado 4 derribos. Hasta aquí los números de un hipotético primer choque.

Aquí entraría a jugar el factor de resiliencia o capacidad de encajar los daños, tanto a nivel individual –cada aparato– como a nivel de flota. Los F-22 son aviones grandes y complejos, que requieren muchas horas de mantenimiento para dejarlos operativos. Por otra parte, el concepto de ABDAR –Airframe Battlefiled Damage Assessment and Repair, informe de daños en batalla y reparación de aeronaves– no casa demasiado bien con el de stealth, por lo que no es previsible el caso de un F-22 dañado que sea reparado in situ y puesto a disposición del Comandante de la Fuerza de nuevo; por el contrario, ese lapso de tiempo se antoja largo y altamente dependiente de un apoyo logístico intenso¹⁷. La capacidad de generar salidas de un aparato de esta complejidad es menor que la de aparatos no tan avanzados. En el otro bando, el JAS 39 Gripen, aun basándose su estructura en fibras de carbono y composites, no requiere de tiempos de mantenimiento

tan altos y, consecuentemente, los aviones son reparados en menos tiempo y vuelven antes a la lucha.

Así, al periodo siguiente, por parte del bando Azul despegarían $16 \times 0,55 = 9$ F-22's y, por parte del bando Rojo, $22 \times 0,9 = 20$ Gripen. Como norma general, cualquier ejército con mayor número de efectivos absorbe mejor las pérdidas que otro menor. Es importante destacar que según se reduce el número de Raptors en vuelo, los Gripen van ganando en efectividad al enfrentarse a una cantidad cada vez menor de misiles en vuelo enemigos. Por otro lado, aviones más complejos tienen unas mayores necesidades logísticas y de mantenimiento, por lo que el ataque sobre esas líneas logísticas, como demostraron los talibán en Afganistán, pudiera ser la mejor manera– desde el punto de vista coste/eficacia– de derribar F-22's... antes de que siquiera despeguen.

En resumidas cuentas, por mucha diferencia de calidad que exista en un bando, la importancia de los números – como demuestra la Ley Cuadrática de Lanchester – juega su papel. Esto tampoco quiere decir que se deba adoptar un papel refractario a la tecnología y se abogue única y exclusivamente por disponer de muchos elementos de un sistema de armas; el Gripen tampoco es equiparable a una Búcker, sino que sin llegar a los niveles de excelencia del Raptor, su bajo coste permite ser adquirido en mayores proporciones que el caza americano. Y en según qué escenarios y condicionantes, esa diferencia puede bastar para darles la victoria. ¿Cantidad? Sí ¿Calidad? También. Pero sobre todo, equilibrio entre ambas ■

¹Atribuida normalmente a Stalin en lo referente a producción de tanques y tropas, aunque tiene una raíz en el principio teórico marxista de que pequeños pero constantes cambios cuantitativos pueden producir saltos cualitativos repentinos.

²La mayor parte de los datos referentes a la historia del P-51 Mustang han sido extraídos del libro "P-51 Mustang in Detail & Scale: Part 1; Prototype through P-51C", de Bert Kinzey, Carrollton, Texas: Detail & Scale Inc., 1996.

³"Inside the Third Reich: Memoirs", Albert Speer et al, New York, Simon & Schuster, 1997, página 363.

⁴"Luftwaffe Combat Reports", una colección de entrevistas que la inteligencia Americana e Inglesa mantuvieron con los aviadores alemanes que hicieron prisioneros. Prologado por Bob Carruthers, Coda Book Ltd., 2011.

⁵Standard Configuration Load, las diferentes configuraciones en las que se puede volar un avión determinado con el armamento, sensores y tanques de combustible que puede portar.

⁶Alcances máximo, aerodinámico, no-escape y mínimo de un misil dado.

⁷En una entrevista al coronel Yevgeni Pepelyaev, segundo as soviético de la Guerra de Corea, con 20 derribos acreditados, comentaba que "era rutinario para nuestros aviones aterrizar con cuarenta o cincuenta impactos". Se dio el caso de un MiG 15 que aterrizó con más de ¡200! agujeros de bala que fue reparado y volvió a volar a los ocho días.

⁸Informe de la Oficina de Contabilidad Gubernamental (GAO) 12-447 "TACTICAL AIRCRAFT: F-22 A Modernization Program Faces Costs, Technical and Sustainment Risks", página 22.

⁹Dato sacado de <http://airheadsfly.com/2013/12/11/eurofighter-often-grounded-sometimes-for-years/>

¹⁰Beyond Visual Range, más allá del alcance visual. Se refiere al combate con misiles radáricos y a distancias de decenas de millas.

¹¹Ataque entre fuerzas propias, comúnmente denominado "fuego amigo".

¹²Non Cooperative Target Recognition, sistema de identificación amigo-enemigo que no precisa de colaboración por parte del objetivo sino que se basa en tratamiento del eco radar para identificar el blanco.

¹³Electronic Support y Electronic Attack, respectivamente.

¹⁴Within Visual Range, combate donde predominan los lanzamientos de misiles infrarrojos o, llegado el caso, disparos de cañón.

¹⁵Technical Specifications, Gripen Fighter System. Disponible en <http://www.saabgroup.com/en/Air/Gripen-Fighter-System/Gripen/Gripen/Technical-specifications/#Techspec>

¹⁶Emission Control, control de las emisiones (sobre todo las emisiones de radiofrecuencia –radar; radio; data links y navegación– pero se busca eliminar cualquier emisión en el espectro no deseada).

¹⁷A este respecto, es tremendamente interesante la opinión del Tcol. Christopher Niemi, piloto de ensayos con el F-22 y, posteriormente, comandante jefe de un escuadrón de dichos cazas, cuando afirmo en un artículo de la revista Air & Space Power Journal, en el que afirmaba que "se debería reconsiderar la idea de una Fuerza Aérea compuesta enteramente por aviones furtivos". Asimismo afirmaba que "el coste de los F-22 y F-35 amenaza con reducir las flotas de aviones operativos a números peligrosamente bajos". Lo que llama enormemente la atención es que dicho artículo haya sido retirado de la circulación y no pueda encontrarse en la actualidad. Muy probablemente, dio en el blanco. Se puede consultar un resumen, así como otras opiniones discrepantes, en <http://www.wired.com/2012/11/all-stealth-force/>