

LA CAJA DE PANDORA

Hitos de la automática en el contexto bélico

Por Antoni Escrig Vidal,
Ingeniero Técnico de Telecomunicación

La historia de la tecnología mostrará que por primera vez, hemos invadido el espacio con nuestro cohete. Vuestros nombres, amigos míos, están asociados a esta hazaña. La alcanzamos con un sistema de control automático...

Walter Dornberger



Lanzamiento de una V-2 alemana en los momentos finales de la Segunda Guerra Mundial. Al lado se puede observar una foto aérea de la base alemana.

Londres, a finales de 1944. Un grupo de mujeres se dispone a comprar fruta en el mercado. Están alegres y dicharacheras pues la cuenta guerra que ha azotado el imperio los últimos cinco años está a punto de finalizar. Las tropas alemanas, tras el desembarco de Normandía, están en plena retirada en todos los frentes y las temibles bombas volantes V-1 han dejado de resultar una amenaza.

De repente, un fogonazo. Y la muerte. Sin tiempo para reaccionar una gran explosión destroza parte del mercado y la algarabía se convierte en una pesadilla

dantesca. Por doquier se vislumbran desperdigados despojos de lo que unos segundos antes eran seres humanos. Al cabo de un instante, se oye un extraño sonido. La causa, el misil V-2, una de las armas de venganza nazis, con las que desesperadamente Hitler intentó cambiar el curso inevitable de la contienda. Una anomalía, un prodigio supersónico, un adelanto formidable en materia armamentística aunando lo mejor de la tecnología alemana con una firmeza sin parangón. Un verdadero misil balístico que se desplazó más de 200 km desde Holanda

sin ninguna protección ante el que sólo cabía una solución contundente: acabar la guerra cuanto antes.

LAS ARMAS SECRETAS DE HITLER

En 1944 la guerra ya estaba perdida para los alemanes. La intervención directa de los EEUU en 1941 había resultado decisiva. El frente ruso, que en diciembre de 1942 había soportado una debacle en Stalingrado donde perecieron más de 200.000 soldados alemanes, se había convertido en un continuo retroceso a partir de la batalla de Kursk que, a la postre, resultó ser la última iniciativa de Hitler en el este. El segundo frente en Italia y el posterior desembarco de Normandía representaron el zarpazo final de los aliados. Los sueños de grandeza de un nuevo imperio alemán estaban acabados para siempre.

Pero Hitler no claudicó: usó las terribles armas de venganza. Una venganza terrible, donde una vez más surgió lo peor de la especie humana. El ingenio, lo más adelantado de la técnica al servicio de la destrucción. Y aparecieron las V-1. Las primeras armas de venganza que eran bombas volantes, disponiendo de un sistema de pilotaje automático. Un giroscopio, accionado por aire comprimido, se

encargaba de darles estabilidad. La dirección se determinaba por un sistema de compás magnético y la altitud con un altímetro barométrico. Cuando el sistema automático consideraba que había alcanzado el objetivo, el motor, accionado por gasolina de bajo octanaje, se apagaba y el misil caía en picado ofreciendo un ruido característico. La población amenazada se asustaba cuando se dejaba de oír el ruido, pues significaba la inmediatez del impacto.

Por suerte, las V-1 a pesar de un alcance de más de 260 km y una autonomía de 22 minutos de vuelo, volaban a una velocidad de 640 km/h que facilitaba enormemente que fueran interceptadas. Pero esto era una nimiedad ante lo que estaba a punto de llegar.

Los comienzos de este prodigio de la ingeniería alemana que significó la V-2 datan de 1934 cuando un grupo de aficionados a los cohetes, la asociación VFR, fueron captados por el ejército nazi. A partir de ese momento, lo que anteriormente eran dificultades financieras y técnicas, se convirtieron en facilidades. El ingeniero más destacado del grupo eran Von Braun, un experto en cohetes que dejaría su huella en la historia de la humanidad, como en el cohete Saturno V.

El equipo de Von Braun empezó a desarrollar un misil con el objetivo de llegar a la luna pero, en plena contienda, los planes iniciales tuvieron que cambiar. Ahora no se trataría de colonizar el espacio sino de destruir un objetivo situado a una distancia inmensa. Hitler, al principio de la contienda, era muy escéptico. No creía en este tipo de armas ya que se apartaba de todo lo conocido. Pero ante la debacle alemana cambió rápidamente de opinión. Necesitaba ante todo un golpe de efecto devastador. Y dió absoluta prioridad al costosísimo proyecto.

Como en toda tecnología innovadora, las primeras pruebas fueron un desastre: el 13 junio de 1942, en el primer lanzamiento oficial del V-2, éste se estrelló al poco de despegar. Unos meses más tarde, el 3 de octubre de 1942, un tercer intento se culminó exitosamente.

Las perturbaciones en la trayectoria eran en gran medida producidas por el viento durante la fase de ascenso provocando un desplazamiento lateral. Para compensar este efecto se utilizaron seña-



Efectos devastadores de una V-1 alemana en Londres.

les de guiado mediante radiofrecuencia y acelerómetros. Se empleó un sistema de guiado inercial, el LEV-3, que dotaba a cada misil 2 giroscopios para la estabilización lateral, un acelerómetro y 8 timones (4 internos y 4 externos). El misil se lanzaba en bases móviles holandesas impulsado por una mezcla de etanol y agua que se combinaba con oxígeno líquido durante la combustión. La cabeza del misil estaba dotada de una tonelada de explosivo. La distancia que alcanzaban estaba determinada por el momento en que los impulsores se desconectaban siguiendo a partir de entonces una trayectoria balística. El apagado del motor ocurría cuando un fino revestimiento de plata era erosionado electroquímicamente por una débil corriente. Los primeros modelos tenían un computador analógico que ajustaba el azimuth del cohete. Más tarde, las V-2 guiadas por señales de radio conseguían una mayor precisión.

Desgraciadamente, el único método de defensa contra estos misiles supersónicos, cuyos objetivos principales eran británicos y belgas, era la destrucción de las plataformas de lanzamiento o las fábricas en que se construían. Al ser estos hangares subterráneos, la tarea era del todo imposible. Pero una importante pregunta cabe plantearse. ¿Por qué no resultaron decisivas estas innovadoras armas?

La respuesta se halla en un cúmulo de factores: errores en los mapas de referencia, oscilaciones de la plataforma de lanzamiento, errores en la circuitería electrónica y perturbaciones en la trayectoria balística. Fundamentalmente una falta de tiempo en el desarrollo del producto. Es importante señalar que una pequeña falta de precisión se amplifica cuando se tratan distancias muy grandes como era el caso. Esto último fue debido a inevitables errores en la alineación del cohete con su objetivo, un apagado prematuro del motor y a fallos en la corriente eléctrica en el sistema de guiado. Afortunadamente para los aliados, en algunas ocasiones, tecnologías más antiguas son más determinantes como el empleo de caballos para el transporte de artillería.

Aunque ya hemos comentado que las trayectorias de las V-2 no eran del todo precisas, los alemanes no abandonaron su empresa. Utilizaron una máquina inventada por Konrad Zuse en 1936 de la que los aliados no tenían ninguna constancia: el Z1. Este era una computadora digital que se encargó de calcular las trayectorias de las V-2.

Hemos de remarcar que el Z1 disponía de una memoria de 64 palabras de 22 bits. Quizás, el Z-1 es el primer ordenador digital programable de la historia. No usaba relés. Tenía una memoria mecánica que no era más lenta que la de relés y



Los caza "Spitfire" británicos poco podían hacer contra las V-2 germanas.

sí que ocupaba menos espacio. Lectura por tarjetas perforadas. Un motor eléctrico generaba una frecuencia de reloj de 1 Hz. Se entraban y salían números decimales, pero el Z1 realizaba la conversión a binario. Otras versiones posteriores (Z2 y Z3) ya utilizaron relés para implementar la unidad de control y aritmética.

LOS HIJOS DE CAÍN

La mitología narra que Caín mató a Abel con una quijada de asno. Así intenta explicar el sinsentido de la guerra, del asesinato, del crimen más abyecto. Una condición inherente al género humano de la que, como hemos percatado durante muchos siglos, no podemos escapar. La violencia, el afán de poder y riqueza, de dominar los territorios han desarrollado la tecnología con un impulso inusitado. La ciencia de la automática, como veremos, ha contribuido eficazmente a esta labor proporcionando rapidez, precisión y mortandad. Intentando ver

algo positivo de esta labor, es justo mencionar que gran parte de la tecnología desarrollada también se ha aplicado a labores más altruistas. Extrapolando el caso a la energía nuclear, intentemos apreciar la globalidad, no sólo los aspectos negativos. La energía atómica, globalmente, ha salvado más vidas de las que ha destruído. Los forofos antinucleares olvidan a menudo que buena parte de los sistemas de captación de imágenes utilizados en medicina, que tantas vidas han salvado, hacen buen uso de isótopos radiactivos.

Y al principio, lo que vió el hombre fue la piedra. Se percató que utilizándolas conseguía mayor efecto que con las simples manos. Y no todas las piedras eran iguales, alguna eran más resistentes, otras penetraban más en el cuerpo del adversario. Como bien afirma Jorge Wagensberg en su magnífico ensayo "La rebelión de las formas", el ángulo penetra. Por tanto, al cabo de los años se desarrolló una tecnología de tratamiento, afilado pétreo.

Y al principio, también vió las ramas. E inconscientemente, descubrió la ley de la palanca, apreciando que el efecto destructor de un golpe dependía en gran medida del punto de agarre de la rama. Era cuestión de tiempo de que estas sencillas armas ganaran sofisticación con la ayuda de nuevos conceptos físicos. Y los sabios de la antigüedad, por dinero o por simplemente supervivencia, dedicaron grandes esfuerzos en dotarlas de mayor efectividad.

ARQUÍMEDES: EL GENIO DE SIRACUSA

Si de un superdotado para la ingeniería hemos de hablar en la antigüedad, éste sin duda alguna, fue Arquímedes. Vivió inmerso en cruentas guerras, donde los romanos intentaron por todos los medios la invasión de los pueblos griegos. Dotados de mayores medios los romanos parecían imparables. Pero una ciudad se les resistía. Los escritos de la época habla-

ban de rayos que quemaban las naves romanas, brazos prodigiosos que hacían naufragar los barcos y grandes piedras que surgían de la nada provocando una gran distracción. Después de un largo asedio, la ciudad debido a la hambruna sucumbió. Intentando los invasores descubrir el autor de las armas fantásticas encontraron un viejo sentado en el suelo. Ajeno a la entrada de los soldados, Arquímedes, trazaba círculos en la arena; se hallaba totalmente abstraído en una materia que dominaba: las matemáticas. Los bárbaros romanos lo mataron al no responder Arquímedes a sus preguntas. El centurión invasor mandó eyectutar a sus obtusos soldados. Sin duda, se percató que un aliado como Arquímedes habría contribuido en sobremanera a la gloria expansiva de Roma.

Aunque sus armas no eran automáticas, si que utilizó los principios de la física aplicados a la maquinaria para aumentar la fuerza humana logrando lo inalcanzable hasta ahora. Sus logros en ingeniería armamentística tuvieron una fuerte repercusión en la mecánica posterior. Concibió la ley de la palanca, usó los planos inclinados, polea compuesta, leyes de la hidrostática (principio de Arquímedes). Se supone que fue el inventor de la catapulta. Con el tornillo de arquímedes, aplicándose en sistemas de regadío, se conseguía subir el nivel de agua con un rendimiento y una robustez encomiables.

DE ESTABILIDAD, TRANSFERENCIA DE ENERGÍA Y COMODIDAD

Una varilla afilada lanzada mediante un arco tiene muy poca estabilidad. A la menor perturbación debida a la corriente del aire provoca que se desvíe de su blanco.

El uso de 2, 3 ó 4 plumas, cerca del final del eje de la flecha, proporcionan estabilidad ya que cuando la flecha se desvíe de su trayectoria los estabilizadores provocan una fuerza de recuperación compensadora. Otro factor que contribuye a la estabilidad es el efecto giroscópico producido durante su rotación: un cuerpo que gira, debido a la ley de con-

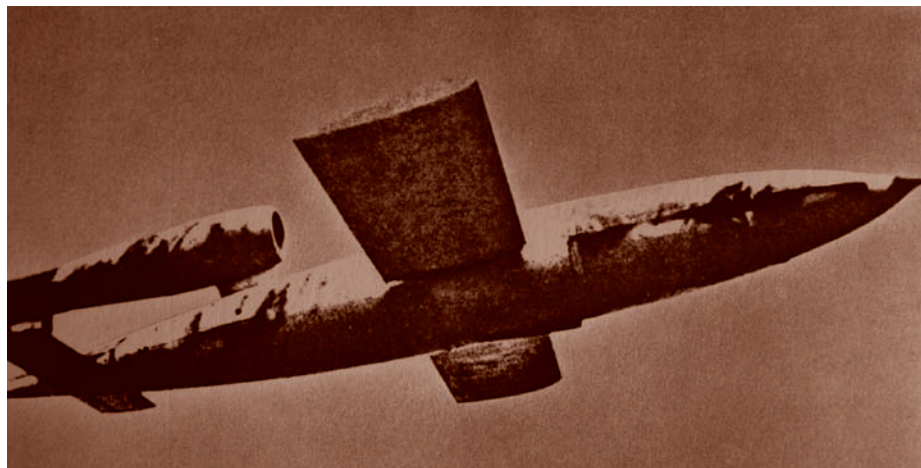


Imagen de una V-1 en pleno vuelo.

servación del momento angular, se opone a cambios en su orientación. La muesca de las flechas optimiza la transferencia de energía entre el arco y la flecha.

Uno de los problemas de las flechas era el hecho de tener que apuntar al objetivo y proporcionar fuerza para tensar el arco de manera simultánea. Esto, indudablemente, provocaba errores en la trayectoria deseada. Una solución, a la que Sun Tzu hace referencia en “El arte de la guerra” en el año 500 antes de nuestra era, son las ballestas. Éstas, que utilizaban mecanismos para el tensaje, a parte de conseguir un alcance más grande permitían la independencia del momento de tensaje del de apunte.

Más tarde se crearon las ballesta repetidoras como las usadas por los chinos en la guerra con los japoneses en 1894. Estas permitían lanzar más de 10 flechas en menos de 15 segundos.

Armas como las silenciosas cerbatanas, aún usadas actualmente por varias tribus en el Amazonas, utilizaban el aire a presión como elemento impulsor. La forma semicónica de los dardos impedía las pérdidas de aire durante el lanzamiento proporcionando un mayor alcance.

FÍSICA Y QUÍMICA: NACEN LAS ARMAS DE FUEGO

Una combustión es una reacción química de oxidación donde los átomos de un combustible se combinan con los átomos de oxígeno dando lugar a otros compuestos. Esta reacción desprende calor con lo que los gases producidos estarán a gran temperatura y,

por tanto, a gran presión. Hace unos quinientos años a alguien se le ocurrió que estos gases podían impulsar un proyectil, y así nacieron las armas de fuego. La estabilidad se consiguió mediante unas estrías en el cañón que provocaban un giro en el proyectil dando origen al efecto giroscópico antes mencionado. Estando asegurada la estabilidad, estaba llegando el momento de mejorar otra variable: la rapidez entre disparo y disparo.

AUTOMATIZANDO LA EXPLOSIÓN

Uno de los factores que pueden determinar la vida o la muerte en una confrontación armada es la rapidez en que se dispara. Un tiempo excesivo entre disparo y disparo puede ser fatal. Por tanto, también en las armas de fuego se ideó la manera de automatizar el proceso de carga. Ejemplo de esto último son las pistolas semiautomáticas, como la archifamosa Walter PPK, donde cada vez que se aprieta el gatillo se dispara una bala siendo el proceso de carga automático mediante un muelle que sitúa la bala en la cámara correcta.

En otros sistemas como el arma automática Thompson, en cada pulsación del gatillo se disparaban varias balas¹ (que también se situaban mediante un muelle). Los gases producidos por la explosión se

¹ En 1884 el estadounidense Hiram Maxim inventó la primera ametralladora totalmente automática.



El espectacular desarrollo tecnológico del armamento del Tercer Reich no pudo impedir su derrota en la II Guerra Mundial. En la foto, un soldado estadounidense examina un carro de combate alemán abandonado.

empleaban también para retornar el disparador a la posición inicial.

Uno de los problemas de los cañones era el retroceso después de cada disparo. Hacía falta volver a situar manualmente el cañón en la posición correcta de disparo. En 1897, se inventó un sistema hidráulico que permitía que el cañón no se moviera de su posición correcta disminuyendo, por tanto, el tiempo entre disparo y disparo.

La ventaja inherente de las minas es evidente. Se dispone de un sistema que es capaz de aniquilar a un soldado sin que el otro combatiente esté presente. No hace falta una orden a distancia para activarlas, ya que disponen de un sensor mecánico de presión, junto con un muelle para regular la presión a partir de la cual se activa, que acciona el detonador. Las Tellermine 35 (antitanque) con más de 5 kg de TNT, fueron usadas por los alemanes en la II guerra mundial. Afortunadamente, al estar construidas en acero, podían ser detectadas por sensores electromagnéticos. Una vez más constatamos que la tecnología tanto puede estar al servicio de la destrucción como de la salvación.

GIROSCOPIOS Y EL SISTEMA DE GUIADO INERCIAL

El giroscopio, uno de los elementos claves del sistema de guiado inercial es, ante todo, una brújula mecánica. Foucault, el científico que demostró la rotación de la Tierra, lo inventó en 1852. Algunos años después, en 1908 el americano Elmer Sperry lo aplicó para reducir el balanceo de los barcos, ya que funcionaba como un eje que siempre estaba orientado al Norte, totalmente insensibilizado de las variaciones de campo magnético.

El giroscopio necesita un par de momento muy elevado para cambiar la orientación de sus ejes. Este es el motivo de su empleo como estabilizador.

Los sensores detectan el movimiento relativo entre el sistema donde está incluido el giroscopio y el disco de éste (cuya orientación no varía). De esta manera, se detecta el grado de giro del sistema. Y con un controlador adecuado, se puede compensar estas variaciones en la

orientación. Su principio de funcionamiento se basa en la conservación del momento angular de un cuerpo en rotación. Este hecho, se ha aplicado en múltiples máquinas que necesitan de una referencia para medir su orientación en el espacio.

WIENER CONTRAATAACA

Norbert Wiener, el padre de la cibernética, la ciencia que estudia los procesos de comunicación y mecanismos de control y realimentación de sistemas complejos, ayudó a derrotar a Hitler. Wiener fue uno de los encargados de automatizar los cañones antiaéreos con el uso de la realimentación. En lugar de basarse en complicadas tablas balísticas, poco operativas ante objetivos móviles, ideó un cañón automático que comparaba la trayectoria de disparo y la trayectoria del objetivo. Cuando coincidía la trayectoria posición futura del proyectil con la posición futura del objetivo disparaba su carga mortífera.

DETECTANDO AL ENEMIGO: EL RADAR

El origen del radar data de 1903 cuando el ingeniero alemán Hulsmeyer patentó un sistema que generaba ondas electromagnéticas y medía el tiempo desde el envío hasta el rebote de éstas con los navíos, con lo que se detectaba la distancia a un obstáculo. Debido a su corto alcance este sistema concebido originariamente como un anti-colisiones, no prosperó. Pero el desarrollo de la electrónica unos años más tarde con la invención del magnetrón permitió aumentar el alcance de las ondas y en 1937 se consiguió incorporarlo a un avión inglés permitiendo detectar objetivos en unas condiciones ambientales adversas. Y fue gracias a la superioridad del radar inglés frente al alemán que permitió a la Royal Air Force inglesa vencer a la temible Luftwaffe alemana en la trascendental batalla de Inglaterra.

Posteriormente, los avances en procesamiento de señal permitieron también la detección de otros parámetros del blanco como la forma, velocidad y tamaño del objetivo.

CONTROLANDO EL TORPEDO

Cuando la guerra mundial alcanzó a los océanos, el submarino constituyó un arma estratégica de primer orden. Ar-

mados con torpedos, éstos se veían afectados por perturbaciones propias de las corrientes marinas. Mediante el uso de giroscopios se asegura que seguirá una trayectoria rectilínea independientemente de cualquier interferencia. También se desarrollaron computadores que calculaban la trayectoria correcta del torpedo. Eran máquinas analógicas y estaban constituidas esencialmente por relés. Teniendo en cuenta los valores del tipo de torpedo, de la dirección y velocidad del submarino y de los valores estimados del objetivo, la computadora calculaba en qué momento dar la orden de disparo (cálculo del ángulo de giro del torpedo y estimación de la posición del objetivo).

MISILES PATRIOT

Actualmente los logros alcanzados en electrónica, procesamiento de señal y automática dentro del ámbito de defensa militar se pueden apreciar en la logística inherente a los misiles Patriot. Estos son capaces de detectar y neutralizar misiles enemigos, incluso sobrepasando ampliamente la velocidad del sonido. Se utilizaron en la guerra de Irak. Este complejo sistema se ayuda del radar para encontrar, identificar y seguir los objetivos con un alcance de unos ochenta km, permitiendo una operativa totalmente automática.

UN FINAL PESIMISTA

Como hemos visto, el uso de la automática en el área de guerra ha significado un notable incremento de la capacidad destructora y, a su vez, una mayor ventaja para el agresor ya que no tiene que estar presente cuando el sistema actúa.

Un sistema de ataque o contraataque totalmente automático tiene unos grandes riesgos implícitos. Aunque es de destacar la rapidez de respuesta ante una agresión externa no pueden obviarse que cuanto más complejo es un sistema más difícil será erradicar totalmente los fallos en su funcionamiento. Y el uso de circuitos duplicados y, en algunos casos triplicados, no podrán, en la inmensidad de situaciones distintas e impredecibles que comporta el mundo real, eliminar totalmente el riesgo de un malfuncionamiento. Y es que en condiciones extremas, cuando está en juego mucho más que una vida humana, no cabe desdeñar una supervisión humana.

Una historia apócrifa nos cuenta que cierto científico, uno de los padres de la teoría de juegos, llegó a una estremecedora conclusión en plena guerra fría: era necesario un ataque nuclear a la URSS sin previa provocación. Con la ayuda de sus máquinas de cálculo había demostrado que era la mejor estrategia. Felizmente para todos, sus superiores militares no le hicieron caso. ●

BIBLIOGRAFÍA

- ARTOLA Ricardo, *La Segunda Guerra Mundial*, Alianza Editorial, Madrid, 2007.
- DUNGAN, T.D, *V-2 A Combat History of the First Ballistic Missile*, Westholme Publishing, Pennsylvania, 2005.
- OVERY, Richard, *Por qué ganaron los aliados*, Tusquets Editores, Barcelona, 2005.
- The Diagram Group, *The New Weapons of the World Encyclopedia*, St. Martin's Griffin, New York , 2007.