



ACADEMIA DE LAS CIENCIAS
Y LAS ARTES MILITARES

Serie de monografías y ensayos

Disquisiciones sobre la ingeniería y la tecnología militar y su historia

Francisco José Gómez Ramos

Enero de 2022



ACADEMIA DE LAS CIENCIAS
Y LAS ARTES MILITARES

Serie de monografías y ensayos

Disquisiciones sobre la ingeniería y la tecnología militar y su historia

Francisco José Gómez Ramos
Academia de las Ciencias y las Artes Militares
Sección de Prospectiva de la Tecnología Militar

Nota: Las ideas y opiniones contenidas en este documento son de responsabilidad del autor, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento de la Academia de las Ciencias y las Artes Militares.

Índice de contenido

Resumen	1
<i>Abstract</i>	1
Ingeniería y Tecnología militar.....	2
Ingeniería y Tecnología	4
Ingeniería.....	5
Tecnología.....	7
Ingenieros y tecnólogos.....	7
Procesos tecnológicos y de ingeniería	8
Dimensión temporal del desarrollo I+T	9
Adquisición de la I+T	9
Ciencia e I+T	10
Industria.....	10
Método científico	11
Ingeniería y Tecnología en el ámbito militar	11
Armamento	12
Actividades de I+T militar	12
Relación con las actividades de I+T «civil»	14
Criterios de delimitación convencionales de la I+T militar	14
Dominios de la Tecnología Militar.....	15
Funciones de combate y capacidades militares	16
Capacidades militares	16
Funciones de combate	17
Procesos de génesis y obtención de sistemas y capacidades	18
Objetos del estudio de la historia de la I+T militares	19
¿El porqué de su estudio?.....	20
El individuo y las corporaciones como elemento de estudio	20
Relación con la Historia Militar	21
Conclusión sobre la extensión del estudio	24
Fuentes y métodos para el estudio.....	24
Resumen y conclusión final.....	25
Bibliografía.....	26

Disquisiciones sobre la ingeniería y la tecnología militar y su historia

Francisco José Gómez Ramos

Academia de las Ciencias y las Artes Militares
Sección de Prospectiva de la Tecnología Militar

Resumen

En la presente publicación el autor expresa los resultados de su reflexión personal sobre la extensión y límites actuales de los conceptos Tecnología e Ingeniería y de su aplicación al dominio militar, sin que se mantenga necesariamente un lenguaje común con el empleado por otros autores y expertos en la materia.

El autor utilizará los resultados mostrados para la elaboración de una obra extensa y genérica sobre la Historia de la Ingeniería y la Tecnología Militares, tema cuya introducción también se aborda en este artículo.

Palabras clave

Tecnología e Ingeniería, Tecnología e Ingeniería militar, Historia de la Tecnología Militar.

Abstract

In this publication the author indicates his personal reflection results on current extension and limits of the concepts of Technology and Engineering, apparent overlapping, their evolution along time and of its application to military domain, without maintaining a necessary common language like that of other authors and experts in the topic.

The author will employ the results showed for elaborating an extent and generic work on the History of Military Engineering and Technology, topic which is introduced in this article.

Key words

Technology and Engineering, Technology and Military Engineering, History of Military Technology

Ingeniería y Tecnología militar

Es evidente que un ejército sin moral de victoria, o sin una conveniente instrucción y adiestramiento, está prácticamente abocado a la derrota en el combate. El Arte de la Guerra demanda que para conseguir la victoria es imprescindible el reunir niveles adecuados de: liderazgo, instrucción de los combatientes, adiestramiento de las unidades y, sobre todo, poseer voluntad de vencer. Pero no es menos cierto que incluso los ejércitos más preparados y combativos están abocados a ser derrotados si no aprovechan las ventajas que proporciona el terreno, modificándolo apropiadamente si procede, o si no se encuentran dotados de equipos, materiales y armamentos que superen, o al menos equilibren, el nivel tecnológico que los de sus adversarios; y además cuenten con una logística y una cadena de suministros que le sostenga en sus operaciones. Esta logística le deberá proveer del personal, armamento y material, infraestructura y servicios necesarios para que el combate se desarrolle siguiendo el plan preestablecido.

La pregunta recíproca es si una superioridad tecnológica garantiza la victoria. La respuesta negativa parece ser la predominante, y se pone como ejemplo paradigmático la derrota de los EEUU en la guerra del Vietnam, donde un ejército dotado con una sofisticada tecnología cayó derrotado por otro aparentemente dotado de otra más primitiva. Pero se debe huir de análisis demasiado simplistas acerca de las causas que determinan los resultados de los conflictos, sobre todo en lo que nos ocupa a la hora de medir los niveles tecnológicos de cada uno de los contendientes. ¿Es qué no se deben considerar como frutos de la aplicación tecnológica la construcción de redes de túneles, la aplicación de principios y factores psicológicos o propagandísticos en entornos determinados, la aplicación de técnicas sofisticadas de guerrilla, etc.?

Aunque no cabe duda que en muchas ocasiones el empleo por uno de los contendientes de una tecnología más avanzada, o disruptiva, ha sido el factor determinante para decidir el resultado de una batalla o de una guerra. Pero sólo se empieza a tomar conciencia de ese hecho en la Edad Moderna y no se hace explícito y general hasta el siglo XIX, cuando se empieza a dar verdadera importancia al descubrimiento y aplicación de nuevos instrumentos y medios de combate¹. Intuitivamente también se tiene la idea de que aquellas naciones que

¹ Aunque siempre se ha reconocido el valor que la introducción de nuevas armas o defensas, en combinación con un cambio táctico conforme y adecuado, había supuesto para determinar el vencedor en guerras y batallas. Por ejemplo, además de su innegable liderazgo y genio militar, siempre se ha reconocido el valor que la innovación militar que la sarissa y la artillería

han sido capaces de financiar y desarrollar una mejor tecnología que sus adversarias han sido hegemónicas, como se ha observado reiteradamente en el caso de las guerras coloniales.

El progreso técnico ha sido por lo general relativamente lento a lo largo del tiempo, con avances disruptivos puntuales pero acompañados de largos periodos de estancamiento en ese progreso. Fue precisamente con la Primera Revolución industrial cuando éste se acelera, transformando de una manera sustancial el Arte de la Guerra. Un nuevo punto crítico se alcanza en la II Guerra Mundial, cuando la ciencia y la técnica se ponen ya totalmente al servicio de la Defensa, dando lugar a una espiral imparable de innovaciones y cambios. A partir de ese momento se ha manifestado de una forma más palpable la búsqueda deliberada de esas innovaciones disruptivas a través de un proceso consciente, institucional, organizado y permanente cuyo resultado ha sido una renovación continua de los equipos y armamentos, aunque atendiendo adicionalmente en muchas ocasiones a intereses industriales y comerciales.

El paroxismo en el papel fundamental jugado por la tecnología se encuentra en la Guerra Fría, que, además del enorme coste que supuso el mantenimiento de la disuasión nuclear, requirió continuamente la posesión de unas fuerzas armadas mejor dotadas tecnológicamente, llevando a una necesidad también continua de búsqueda de nuevos desarrollos e innovaciones con altísimas inversiones en investigación y desarrollo y, consecuentemente, a una obsolescencia prematura de los armamentos y a un crecimiento continuo de la demanda de recursos de las naciones a este servicio, provocando una carrera acelerada hasta llevar a la pérdida del ritmo y extenuación de uno de los contendientes y su correspondiente derrota.

Se puede concluir por tanto que, si bien es a partir del siglo XX, y particularmente tras la II Guerra Mundial cuando los procesos de ingeniería de los sistemas de combate y en general de defensa, y la Tecnología Militar han adquirido un papel relevante en la construcción del Poder Militar, pero el armamento y la fortificación han estado presentes desde la Antigüedad ligadas a lo militar, jugando en este dominio una influencia notable, aunque relativa según las diferentes épocas.

neurobalística torsional tuvieron en los éxitos militares de Alejandro Magno de Macedonia. Sin embargo, Clausewitz no la consideró un factor decisivo en el resultado de la guerra.

Ingeniería y Tecnología

En particular, la Historia de la Ingeniería y la Tecnología Militar trata sobre la evolución y los resultados obtenidos por la ingeniería y la tecnología a lo largo del tiempo en este dominio particular, y del análisis del propio proceso de búsqueda de la ventaja tecnológica por los distintos ejércitos a lo largo de la historia. Como en toda materia que es objeto de estudio, el primer paso debe de ser delimitar lo que, y lo que no, forma parte del mismo, y ello conlleva definir precisamente que se entiende por ingeniería y tecnología y luego enfocarlas en el ámbito militar.

Hoy día, existe en los medios de comunicación y en nuestro lenguaje diario cierta ambigüedad en lo que se entiende por los términos: «técnica», «ingeniería» y «tecnología». A veces se emplean los términos de un modo muy genérico. Hasta el punto que se podría llegar incluso a considerarlos sinónimos. También ocurre que el término tecnología, referida a la necesaria para «poseer o poner a disposición un producto», se suele confundir en ciertos ámbitos con el propio producto. Así, se suele hablar de tecnología de misiles, cuando realmente ese término comprendería a su vez varias tecnologías, como serían la de propulsión, la aerodinámica o la balística, la de guiado y control, la de explosivos convencionales o la nuclear, etc.

Tradicionalmente se han considerado las técnicas, o genéricamente «la técnica» como, el conjunto de preceptos y reglas que, poseyendo los medios materiales necesarios, permite llevar a cabo una actividad con la mayor eficacia (y/o eficiencia) posibles. Esas reglas se deben basar en el conocimiento, la experiencia y la inventiva. En castellano y hasta el siglo XIX, el término técnica no existía y su significado era abarcado por el término arte, procedente del latín *ars*, y de las que se distinguían las artes liberales, relacionadas con el entendimiento y la razón y las artes mecánicas, que estaban ligadas a las actividades realizadas con las manos, la fuerza muscular y la destreza. En realidad, hoy se puede considerar que la técnica está ligada a las artes mecánicas, pero dirigidas por la razón (Silva Suárez, 2008).

En cuanto a los términos ingeniería y tecnología, se debe indicar que estrictamente hablando no se trata de términos sinónimos, existiendo matices que separan uno de otro. Si bien, como se ha adelantado, la tendencia actual es considerar que el término tecnología es una extensión que puede englobar al de ingeniería en muchos de sus aspectos.

Ingeniería

Tradicionalmente y de una manera general y amplia, se define la ingeniería como el conjunto de conocimientos científicos y técnicos, recursos (humanos, materias primas, medios de producción, con su organización y recursos, como máquinas y herramientas, y actividades –procesos-, etc.) que permiten transformar el entorno consiguiendo con ello satisfacer de una manera óptima, técnica y económicamente, una necesidad humana, de la organización o de la sociedad.

Aunque estrictamente hablando esta definición implicaría que no habría ingeniería, y por tanto ingenieros, antes del nacimiento de la Ciencia, y muchos autores han ligado el nacimiento de la ingeniería al Renacimiento con el empleo masivo de la artillería en el asedio y la transformación de la fortificación y otros lo han ligado aún más tardíamente a la Primera Revolución Industrial (mediados del s. XVIII), lo cierto es que siempre ha habido individuos que con la aplicación de su imaginación, observación y conocimiento (del carácter que éste fuera), además de otras habilidades, han sido capaces de aprovechar el curso normal de los acontecimientos en el Mundo Natural para sacar beneficio de ellos (o de facilitar la lucha contra ellos, contra lo que luego serían las Leyes de la Naturaleza). Aunque no recibieron la denominación de ingenieros, no es menos cierto que han realizado actividades muy similares a las que estos llevan a cabo. Un caso paradigmático es el *architectus* romano, que proyectaba y organizaba las obras de construcción, o diseñaba y fabricaba armas de proyección o máquinas auxiliares. Junto con el *architectus*, otras figuras que han existido a lo largo de la historia realizando actividades similares relacionadas con la construcción de obras o de artefactos y artilugios o máquinas, aunque sin aplicar conocimientos puramente científicos, sí pueden caracterizarse como agentes desarrolladores de obras de ingeniería, y por tanto merecer un lugar en la Historia de la ingeniería y la tecnología.

En su génesis, la ingeniería emplea «ingenios», *i.e.*, dispositivos, artilugios o máquinas que se emplean para transformar energía con un fin determinado. La transformación energética siempre es una actividad económica, *i.e.*, que «consume dinero» pues debe actuar «contra la Naturaleza, *i.e.*, contra el curso natural», de ahí el interés del ingeniero porque sus soluciones sean las más económicas posibles.

Para esa transformación de la Naturaleza y de su energía en beneficio de los seres humanos y sus sociedades se parte del conocimiento de las leyes que determinan su curso natural (Física, Química, ...), del conocimiento de los conceptos de estas ciencias y del correcto empleo de herramientas: matemáticas, de cálculo, de

contabilidad, de representación gráfica, de transmisión de ideas y conocimientos, etc.

Los conocimientos en los que se basa actualmente la ingeniería deben ser científicos y técnicos, incluyendo los contenidos en: manuales, guías, tablas, gráficos, software (SW), algoritmos, compilaciones de resultados de experiencias previas, etc.; y en cualquier soporte, así como, deben apoyarse en herramientas matemáticas, numéricas, lógicas y medios de expresión gráfica y numérica (Dibujo Técnico, Geometría Descriptiva, Nomografía, Tablas, SW de representación 3D y 2D, etc.). La ingeniería pone también el énfasis en el diseño de útiles, herramientas y/o máquinas necesarias para, mediante la aplicación conveniente de energía, transformar las materias primas (o productos precedentes) en un producto o servicio que es el que satisface la necesidad.

La propia ingeniería como tal, ha ido evolucionando como una disciplina del marco técnico-científico, desarrollando sus propios conceptos y principios. Así, la necesidad a satisfacer, se expresa actualmente de un modo explícito mediante unos requisitos de usuario, que se deben transformar convenientemente por el ingeniero en requisitos técnicos (de materiales, procesos y prestaciones, entre otros). Con este marco conceptual, se supera hoy día generalmente la antigua práctica, en la que estos quedaban implícitos al abordar el problema, ya que, en ocasiones la solución surge de forma no intencionada. En tal caso hay que justificar que esa solución satisface una necesidad o supera, en algún aspecto, a una solución ya existente.

La solución que proporciona el ejercicio de la ingeniería, que está limitada por diversos condicionantes, debe ser la óptima entre las posibles, satisfaciendo el conjunto de restricciones existentes y siendo la más favorable económicamente, cumpliendo la legislación, regulaciones o normativas vigentes en cada momento. La ingeniería también se ocupa de la organización y control de todos esos procesos y actividades y de la estructura de las organizaciones que las llevan a la práctica y de su gestión. Su campo de aplicación no está restringido y se amplía con la evolución de la Tecnología.

Esos conocimientos en los que se basa el ejercicio de la ingeniería deben de ser además susceptibles de ser compilados, registrados, conservados y transmitidos, acciones para las cuales se aplicaran a su vez diversas tecnologías (educativas, de impresión, comunicación, de enseñanza, de seguridad y conservación, etc.)

Tecnología

La mencionada ambigüedad entre los términos ingeniería y tecnología se ha alimentado por definiciones muy generales de ésta última, del tipo de: «La tecnología se puede entender como la conjunción del conocimiento humano, organización, estructura, medios, recursos, procesos o métodos de producción, que permiten fabricar y mantener en servicio un determinado producto con unas determinadas características funcionales que lo hacen más idóneo para satisfacer el fin con el que se le concibió». O con otra incluso más general, «la aplicación de conocimientos teóricos para la obtención de resultados prácticos», o también, «la aplicación de un efecto físico mediante un artefacto, objeto o producto». En una forma ya de lo más genérica hemos visto asimismo definirla como, «un método para resolver problemas». Esta última, que resulta ciertamente difusa, se muestra muy útil al calificar como tecnología el intangible proceso humano de encontrar soluciones prácticas ante los retos y dificultades que constantemente afronta.

En cualquier caso, la utilización del término tecnología alude a cuatro aspectos fundamentales: la tecnología como la aplicación del conocimiento científico, la tecnología como método o proceso para crear un producto o proporcionar un servicio y la tecnología como las propiedades únicas de un producto para satisfacer deseos y necesidades del ser humano y, consecuentemente, la tecnología como el impacto que su implantación provoca en el entorno, la naturaleza y la sociedad. Es precisamente este último aspecto, el que la separa de las definiciones que hasta ahora se han dado de la ingeniería.

Pero, también, se puede utilizar el término tecnología para englobar de forma genérica el conjunto de conocimientos, medios, recursos (materiales y humanos) que permiten a la sociedad, a un estado u organización, el poner en servicio y operar un sistema, sistemas de sistemas o familias de sistemas/servicios con objetivos definidos, contemplando además el estudio del impacto que la implantación de la solución elegida puede ejercer sobre su entorno (medio ambiente, estructura social, mercado, organización, etc.), aspectos estos últimos que predominan sobre los factores puramente económicos o los puramente técnicos.

Ingenieros y tecnólogos

Para ayudar a efectuar esa desambiguación se puede recurrir al diferente ámbito profesional del ingeniero y el tecnólogo. El ingeniero, que es el agente que lleva a cabo esas actividades «de ingeniería», deberá aplicar los conocimientos científico-técnicos, adquiridos por su formación, aprendizaje y su experiencia, para proponer

una solución (o mejorar una ya existente) a problemas concretos, atendiendo a limitaciones (físicas, técnicas y de recursos), eligiendo la mejor posible y materializarla y ponerla en práctica (proyectándola y/o construyéndola), pero sin abandonar un objetivo económico (la solución deberá ser la menos onerosa posible que satisfaga los requerimientos predeterminados que debe cumplir, o sea los requisitos). En definitiva, la actuación del ingeniero se pone en énfasis en las actividades de proyecto, diseño, planificación, construcción, ejecución y de organización, control y pruebas o experiencias. Se ve además de nuevo que la ingeniería siempre se halla asociada a la economía, al coste de la solución. Se enfoca por tanto en los medios de producción y fabricación, los procesos productivos, la organización de tareas, la evaluación de prototipos y el estudio de mejoras a los elementos de serie. En definitiva, a la optimización en todos sus aspectos de los procesos de producción y construcción. No se deben olvidar tampoco entre sus actividades las de organizar y controlar el mantenimiento de los sistemas y organizaciones para que se encuentren operativos de forma eficaz y eficiente el mayor tiempo posible durante todo su ciclo de vida, incluyendo desde su concepción hasta la retirada del servicio.

El tecnólogo, en contraposición al ingeniero, no pondrá tanto el foco de su interés en el detalle de los conocimientos científicos y técnicos en los que se basa la solución tecnológica (dominio que queda casi en exclusiva en manos de éste último –y por extensión del científico o profesional técnico) ni en la forma de obtener o materializarla, como en el estudio de las causas que originan esos procesos de innovación y en las consecuencias que su implantación puede provocar (éticas, sociales, económicas globales, medio-ambientales, organizativas, estructurales, etc.). El objetivo de su trabajo profesional será estudiar para prever y minimizar esos potenciales impactos negativos y cómo favorecer o potenciar sus efectos positivos (mejoras que su empleo puede producir en otros ámbitos, como el de la formación, la enseñanza, las relaciones sociales, su extensión y difusión, etc.).

Procesos tecnológicos y de ingeniería

Es común que el origen de los procesos tecnológicos y genéricos de ingeniería sean ideas, necesidades o demandas y su resultado innovaciones que, a su vez, pueden ser evolutivas o disruptivas. Las primeras, fundamentalmente, incorporan mejoras o cambios no esenciales a soluciones ya existentes, bien sea modificando –parcial o totalmente– el diseño, el material de que está fabricado, las herramientas y procesos con que se fabrica, las instalaciones o su organización, la forma de proveer los servicios, etc. Las segundas suponen soluciones totalmente nuevas, prácticamente no relacionadas con soluciones o problemas

anteriores o que supongan un cambio esencial de la función que algo ya existente desempeñaba. El impacto que producen esas soluciones disruptivas es muy sensible a la solución elegida.

Por todo lo mencionado hasta aquí se considera conveniente el matizar el significado de esos términos, por los que ambos se mantienen: Ingeniería y Tecnología (I+T), en el título.

Dimensión temporal del desarrollo I+T

Hay que tener en cuenta que en ocasiones el no haber podido poner en práctica una solución determinada no se ha debido a que esa solución se desconociera en un momento (pudiendo incluso estar completamente diseñada), sino, a que no se ha podido poner en práctica, bien fuera porque no se disponía aún del material de partida, o de los medios de producción requeridos, o porque no resultaba económica (escasez del material adecuado, de mano de obra especializada, caras instalaciones que había que construir y que no merecieron la atención de los estados o de los poderes financieros).

En este último sentido, la Historia de la Ingeniería y la Tecnología ha sido una fuente de ideas que ha permitido rescatar y poner en práctica, con adecuadas modificaciones del diseño (o incluso sin ellas), soluciones ya existentes, una vez que desaparecen las restricciones que impedían implantarlas.

Adquisición de la I+T

En cuanto a la adquisición de un tecnología particular por un estado u organización hay que tener en cuenta que ésta se puede realizar por diversos caminos: Se pueden promover estudios, desarrollos, realización de demostradores, etc., que permitan definir con una fidelidad y resolución suficiente, tanto las características del producto o servicio, como la forma de llevar a cabo de forma práctica estos proyectos en un ámbito específico, incluyendo los recursos materiales y humanos necesarios (como el promover la propia formación de los ingenieros y técnicos que se requieran). Otra posibilidad de adquirirla es mediante un acuerdo económico que permita la transferencia de esa tecnología mediante licencias o patentes. Por último, también se ha utilizado la realización de actividades de espionaje industrial.

Ciencia e I+T

Para terminar este apartado, se debe recordar la distinción con la Ciencia. Hay que recordar que el objeto de la Ciencia es distinto al de Ingeniería o la Tecnología. Éstas últimas buscan siempre, o se relacionan con, una aplicación práctica, mientras que la primera busca el conocimiento en sí mismo; aunque de él se puedan derivar aplicaciones prácticas, su objetivo será esencialmente otro: el estudio de las causas de los fenómenos observados, el establecimiento de Leyes de la Naturaleza que permitan predecir comportamientos futuros, la clasificación, taxonomía y categorización de esas causas referidas, sus efectos, objetos y fenómenos...etc. Pero, la ingeniería y la tecnología se aprovecharán de los conocimientos aportados por la Ciencia para lograr sus objetivos.

Industria

Desde el origen del hombre, la aplicación de la ingeniería y la tecnología ha sido posible gracias a que se ha observado que determinados fenómenos tenían un comportamiento uniforme, repetitivo y predecible, de modo que podía sacar provecho de algunos de ellos. Por ejemplo, que es más fácil el herir con un objeto punzante que con uno romo. La aplicación de esos conocimientos es pues el origen de la tecnología. Los primeros útiles y herramientas evolucionarían conforme fue creciendo el conocimiento técnico y se crearían otras nuevas. La difusión de estos conocimientos fue al principio oral, transmitida de maestros a aprendices dentro de los gremios de artesanos, y por tanto lenta. También provocó el olvido de varios inventos que luego se reinventarían. La continua mayor complejidad que fueron adquiriendo los procesos, las máquinas y las herramientas y de la demanda de mayor número de productos, motivó que fueran surgiendo estructuras organizativas para coordinar de forma eficiente las tareas productivas que también fueron cada vez más complejas y que fueron el germen de las fábricas que surgirían como un conglomerado de los primitivos talleres. Aunque no se puede descartar la existencia de organizaciones más antiguas, fue el Imperio Romano el primero en establecer de forma organizada, en sus *fabricae*, la figura del *Architectus*², que se puede considerar el prototipo de primer ingeniero, como poseedor de los conocimientos necesarios (aunque realmente no eran todavía científicos) y la autoridad para planificar, coordinar y organizar el trabajo

² A pesar de la similitud fonética, el *architectus* romano no representaba la misma figura de nuestro arquitecto actual. Como se indica en la obra de Vitrubio, Los diez libros de Arquitectura, su ejercicio incluía, entre otros, la fabricación de máquinas de guerra y otros artilugios y máquinas, y no sólo la de edificaciones. Era sobre todo un organizador del trabajo de los artesanos y trabajadores manuales, profesionales u ocasionales, ya que la fuerza de trabajo fundamental para los trabajos públicos la constituían los propios legionarios.

de los artesanos de distintos dominios: herreros, guarnicioneros, carpinteros, constructores,...

Método científico

El origen de la ciencia es sin embargo distinto, ya que buscaría un conocimiento sistemático sin un propósito específico y se centraría en la articulación de una teoría que, con un número limitado de principios generales, explicara los hechos observados en la Naturaleza. La evolución de la Ciencia se caracterizó por la ampliación de ese paradigma o por su sustitución por otro capaz de explicar un mayor número de hechos o de hacerlo con una mayor precisión, estando por ello íntimamente ligada a la génesis de los nuevos procesos I+T.

Pero la falta de una base teórica sustentada en principios sustancialmente reales y verdaderos, llevó durante mucho tiempo a que las innovaciones que se fueron introduciendo se basaran en la intuición, el pragmatismo y el empirismo, o fueran resultado de la casualidad, quedando por tanto más próximo al arte que a la ciencia. Pero el nacimiento y la aplicación del método científico tuvo lugar en la Europa de finales del Siglo XVII. Basado en la observación y la experimentación, éste quedaría estrechamente ligado al progreso tecnológico, favoreciendo una continua interacción y realimentación entre el progreso técnico y el científico, de modo que, la obtención de nuevos principios de la Física, la Química y otras ciencias básicas favoreció su empleo en la obtención de nuevos productos, servicios máquinas y útiles por la Ingeniería.

Ingeniería y Tecnología en el ámbito militar

En cuanto a la pregunta de si existen unas ingenierías y unas tecnologías militares específicas, que se engloben dentro de una Ingeniería/Tecnología Militar, conviene recordar que en este ámbito el término herramienta o útil, que juega en ellas un papel esencial, puede hacerse sinónimo al de armamento, sistema de combate o de fortificación, siendo éste un elemento muy específico. Además, en este caso, la necesidad que se espera satisfacer o el producto/servicio que se espera obtener, es la mejora de las funciones de combate, y con ello de las capacidades militares. Luego en principio parece justificarse la existencia de un dominio específico para estas materias, incluido dentro del de la Historia General de la Ingeniería o la Tecnología y ocupando una parte relevante de él durante su evolución en el tiempo.

Armamento

Siguiendo esta línea argumental, se debe recordar que, la definición genérica de «armamento» incluye, tanto al ofensivo, por tanto a las armas, *i. e.*, cualquier instrumento que se utilice para ofender (causar un daño) y también para defenderse (armaduras, protecciones, blindajes, fortificaciones o defensas), que constituyen el armamento defensivo; y también incluirá a las plataformas, que dan servicio y movilidad a las armas y sistemas de combate que transportan (sistemas de puntería o dirección de tiro, comunicaciones, sensores,...), y que incluyen: vehículos terrestres, naves de superficie y submarinas, aeronaves, satélites, e incluso el dominio de las comunicaciones digitales o ciberespacio...etc. La ingeniería y la tecnología militar se ocupará por tanto principalmente del armamento y las fortificaciones, pero también ha extendido su dominio de estudio al resto de sistemas de combate: de comunicaciones, de vigilancia, de identificación e inteligencia, de mando y control, ..., luego su dominio de aplicación es lo suficientemente extenso como para justificar al menos una existencia autónoma.

Actividades de I+T militar

En definitiva, de lo indicado se deduce que la Ingeniería Militar deberá por tanto aportar soluciones para mejorar las funciones de combate (tanto individual como colectivo), o que permitan reaccionar a los cambios y mejoras introducidas por el adversario en las suyas. En particular, deberá desarrollar armas que superen las nuevas protecciones desarrolladas, así como, defensas que protejan de las innovaciones introducidas en sus armas por los ejércitos adversarios. La Historia de la Ingeniería Militar se preocupará de la evolución de la Ingeniería Militar en las diversas épocas.

En este punto es preciso hacer notar que, por motivos históricos existió la tendencia de restringir el término ingeniería militar a las acciones realizadas sobre el terreno encaminadas a facilitar el movimiento de las fuerzas propias o dificultar las del enemigo; principalmente mediante la construcción de fortificaciones, vías, puentes, o el sembrado de minas u obstáculos. Esta definición comprendía así, en unión de las señales y transmisiones, las misiones cuya ejecución se había asignado tradicionalmente al Cuerpo de Ingenieros (mientras que de las otras labores de ingeniería relacionadas con el diseño, proyecto, fabricación y mantenimiento de armamento y material se encargó el Cuerpo de Artillería). Pero en la mayoría de las naciones, estos cuerpos han evolucionado hasta convertirse actualmente en armas combatientes, realizándose las actividades de ingeniería relacionadas con el diseño, fabricación, proyecto, construcción y pruebas y

experiencias a cuerpos específicos de ingenieros o a los departamentos de ingeniería de la industria (privada o pública). Con ello, se entiende actualmente que el término ingeniería militar se encuentra hoy extendido para comprender todas las labores de ingeniería relacionadas con los sistemas e infraestructuras militares, entendiéndose como tales los sistemas empleados para llevar a cabo las funciones del combate o las infraestructuras necesarias para la vida y funcionamiento de los ejércitos, tanto en tiempo de guerra, como en paz. Por tanto, que el término ingeniería militar debe incorporar esa acepción tradicional, pero añadiendo además las correspondientes a las labores de ingeniería de todos los sistemas militares, que abarcan desde los primeros bocetos de un arma o defensa, hasta la planificación de su desmilitarización (o retirada del servicio e inutilización). La otra consecuencia que esta interpretación tiene es que, mientras que originalmente los agentes de la Ingeniería Militar eran fundamentalmente militares, la tendencia actual, a potenciarse en el futuro, es la implicación cada vez mayor en estas actividades de personal civil.

En este aspecto, hay que tener también en cuenta que, en el pasado, hasta finales de la I Guerra Mundial y en muchas naciones hasta bien después de finalizada la segunda, se podía simplificar sin mucho margen de error definiendo la I+T como, la desarrollada por (organizaciones) militares o aplicada directamente a sistemas militares.

En cuanto a la primera definición, ya se ha explicado como el sector civil cada vez se ha incorporado más a esas actividades. La Tecnología Militar estudia los recursos organizativos, humanos y materiales que requerirán el potencial desarrollo e introducción de esas innovaciones y las consecuencias que provocan en las capacidades militares, estructuras de las unidades operativas y logísticas, tácticas de empleo, doctrina, formación, instrucción y adiestramiento, etc. Tradicionalmente estas labores de estudio, prospectiva e implantación han venido siendo realizadas en el ámbito militar por los propios generales y comandantes o los oficiales de sus estados mayores. Pero se han ido agregando a la realización de las labores de estudio y discusión también personal civil, que se ha incorporado en grupos de reflexión, institutos de estudios estratégicos, Academias, centros superiores de formación, *Think tanks*, ..., etc.

En definitiva, las actividades relacionadas con la Ingeniería y la Tecnología Militar, que durante un largo periodo de tiempo fueron realizadas prácticamente de un modo exclusivo por militares, están sirviendo como puente de conexión y conocimiento mutuo de ambos dominios, lo cual siempre resulta positivo. Pero en contraposición, el carácter de los agentes que las llevan a cabo ha dejado de servir para etiquetar esas labores estrictamente como «civiles» o como «militares».

Adicionalmente, el concepto de Defensa se ha globalizado, expandiendo su histórico encapsulamiento al ámbito militar.

Respecto a esa segunda definición tradicional hasta el siglo XX, se debe indicar que las fronteras que separaban los sistemas militares de los civiles, cada vez se han difuminado más.

Relación con las actividades de I+T «civil»

Ingenuamente podríamos llegar, pues, a deducir que existe una I+T «militar» en contraposición a una I+T «civil», con lo que quedaría (y de lo dicho ya está bastante hecho) el delimitar esa frontera de separación. Pero hemos dicho «ingenuamente», porque si se procediera así se olvidarían aspectos esenciales. Por ejemplo, se tiene la tendencia a relacionar lo militar exclusivamente con la guerra, y ésta con el conflicto armado frente a un enemigo. Y si bien ese encapsulamiento parecería simplificar nuestro problema de delimitación, ello conllevaría en la actualidad a paradojas. O, ¿no se considera hoy también «guerra» a la lucha con todos los medios posibles, ciertamente ni mucho menos exclusivamente militares, pero si con su participación, contra pandemias, plagas o desastres?

Además, y en paralelo, mientras que en el pasado predominaba el que las soluciones de ingeniería militares pudieran obtener más tarde aplicaciones en el ámbito civil (pero diferenciadas), cada vez es más común que ese tránsito se recorra en sentido inverso y muchas veces con una integración completa casi sin necesidad de adaptación (sobre todo en el sector de las Comunicaciones y las Nuevas Tecnologías), o también, que se realicen desarrollos que pretenden hacer uso de los términos tecnologías o ingenierías «duales», o «de doble uso». Se ve por tanto que esa delimitación, tan importante para que este trabajo no se extienda sin límites, no es ni mucho menos fácil.

Criterios de delimitación convencionales de la I+T militar

Hay pues que recurrir a nuevos criterios que permitan restablecer de modo claro e inequívoco una categoría de ingeniería o tecnología militar, que si bien, no tengan por qué tener una aceptación general, permitan delimitar el dominio de interés de la materia y de este trabajo, que ya de por si resulta bastante extenso.

Uno de ellos, y que se seguirá en términos generales en este trabajo, es que, la I+T Militar se corresponde con la que se emplea para resolver mediante el uso de la fuerza los conflictos entre las naciones o entre éstas y los estados fallidos o

«piratas». Por puro convencionalismo se considerará que las que tratan de ganar ventaja en la lucha contra las organizaciones terroristas se engloban en la categoría asociada al sector de la seguridad, que, aunque manteniendo un grado de solape, se separan así de las estrictamente consideradas como «militares»³.

Quedan así pues fuera de este estudio toda la panoplia de las que, por contraposición, sí podremos denominar como «civiles», que son las tecnologías que habitualmente emplea la sociedad para atender sus otros menesteres, desde las actividades del sector primario, a las industriales y de servicios. No se debe sin embargo olvidar que, como se ha indicado previamente, cada vez con más frecuencia hay tecnologías «duales» o, «de doble uso». Pero de momento, en razón de la secuencia histórica que se sigue en el trabajo, nos centraremos en la ingeniería y tecnologías aplicadas exclusivamente en el ámbito estrictamente militar.

Dominios de la Tecnología Militar

La tecnología será la que determine en último extremo cómo realizará un ejército sus funciones, qué habilidades y destrezas deberá desarrollar el militar individual (que resultan ser función de los sistemas que deba manejar: armas y defensas), y qué características deberá potenciar y desarrollar su organización y estructura a todos los niveles (pues éstas se ven afectadas por los mismos condicionantes y sistemas), así como las tácticas de empleo (que también están fuertemente condicionadas, y correlacionadas por los sistemas empleados).

Si nos fijamos en el dominio de interés tradicional de la Ingeniería Militar, éste lo constituye los sistemas de armas, comunicaciones, inteligencia, mando y control, ..., todos los cuales se pueden englobar bajo el término genérico, sistemas de combate; pero sin olvidarnos de aquellas actividades, trabajos y sistemas que intentan impedir o dificultar la aplicación de las funciones de combate del adversario o paliar o contrarrestar sus efectos, *i. e.*, los que se han venido en denominarse como sistemas de defensa y fortificación. Las innovaciones, novedades y acciones de mejora en todos ellos, tienen como fin el mejorar las funciones de combate de un ejército.

³ A veces se engloba la I+T Militar y la de Seguridad en la que se ha denominado como «de Seguridad y Defensa».

Funciones de combate y capacidades militares

Como se ha indicado en la sección anterior, los ejércitos tienen como misión principal la resolución de los conflictos armados entre estados, una vez que se han agotado otras medidas de resolverlos (conciliatorias, disuasorias, diplomáticas, ...). También tiene como misión genérica el garantizar el ejercicio del poder y la unidad de un estado. En el pasado y en determinadas organizaciones estatales actuales, el ejército también se encargaba de ejercer labores de orden público y de tareas que hoy se consideran de seguridad e incluso hubo estados claramente militarizados. Del mismo modo que la tendencia actual en los estados sea la de aprovechar su potencial en acciones no estrictamente combatientes, como gestión de catástrofes, accidentes globales, etc.

El ejército se prepara para realizar su misión mediante el desarrollo de funciones de combate que contribuyan a las capacidades militares y que se reflejan globalmente en su poder.

Como todas las magnitudes que pretenden medirse, el poder, fuerza o potencial, de un ejército puede en principio caracterizarse tanto por sus propiedades de extensión o cantidad (tamaño, tanto en número de hombres de la fuerza, como de sistemas de combate y defensa que posee), como, también, por la intensidad de sus cualidades (estructura, organización, grado de preparación y de operatividad, movilidad, poder destructor y capacidad de protección y resiliencia, moral de combate, etc.). En conjunto se considera que la unión combinada (no meramente aditiva) de todas ellas determina la capacidad militar global de un ejército o de unas fuerzas armadas, en el sentido de cuáles son los retos y amenazas a los que se puede enfrentar con garantías solventes de éxito. Las características reales de las funciones de combate se encuentran muy directamente relacionadas con las que veremos se denominan capacidades.

Capacidades militares

Éstas se determinan por el nivel de cumplimiento de lo que con el paso del tiempo se han denominado requisitos militares (o de Estado Mayor). Tanto en materia de fuerzas (hombres y unidades), como de equipamiento, armamento y otros sistemas de combate, infraestructuras y de defensa. Los mismos determinan además los correspondientes planes de encuadramiento, sostenimiento, mantenimiento, aprovisionamiento, logístico, de avituallamiento, etc., y que quedan plasmados en los requisitos técnicos que deben satisfacer los sistemas para satisfacer las necesidades expresadas en aquellos y llevar a cabo de forma adecuada a como se prevé, las denominadas funciones de combate.

Funciones de combate

Aunque se admiten matices y consideraciones, la conducción de la fuerza en su conjunto, como repartida en sus unidades, requiere el poder ejercer en un nivel adecuado las siguientes funciones de combate: conducción y maniobra (movilidad táctica y estratégica), fuegos o efectos (que requiere precisión, exactitud, y potencia, que están relacionadas con la letalidad y los daños causados a las fuerzas contrarias), inteligencia (conocimiento de la situación real, tanto de las fuerzas propias, como, de las enemigas y de todos los factores ajenos que pueden influir, como, la meteorología, el terreno,...), mando y control (de la actuación de las fuerzas propias, basada fundamentalmente en las comunicaciones), protección (defensa, fortificación, blindaje,...) y sostenimiento (mantenimiento en un nivel óptimo del resto de las funciones, del material y el equipo, cadena de suministros, logística, etc.)⁴.

Una conducción del combate manteniendo un nivel óptimo (o al menos suficiente y equilibrado en función de las necesidades existentes en cada momento) de esas funciones en la fuerza permitirá lograr la victoria (siempre que se tenga un nivel adecuado de entrenamiento y formación de los combatientes, adiestramiento de las unidades, doctrina, moral de victoria, etc.).

Estas funciones de combate se ven sustentadas en la adecuada preparación y adquisición de capacidades militares que deben estudiarse y definirse en relación con los previsibles escenarios en los que deberán actuar esas fuerzas. Estas capacidades militares son: Mando y Control; Superioridad en el enfrentamiento; Vigilancia, Reconocimiento, Inteligencia y Adquisición de objetivos (ISTAR); Movilidad y Proyección; Sostenibilidad; y Supervivencia y Protección. Estas capacidades se pueden desglosar en cada uno de los elementos que las compone⁵.

⁴ Según el manual conjunto *JP-3-0 Joint Operations* de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos.

⁵ En España se corresponden con las que comienzan con las letras del acrónimo MIRADO. La «M» de material, que pretende contemplar la totalidad del ciclo de vida de los medios que contribuyen decisivamente a la consecución de la Capacidad Militar (su adquisición, su mantenimiento/sostenimiento [o equivalentemente su apoyo logístico] y su baja en servicio). La «I» de Infraestructura, que en el caso español analizará únicamente la asociada a la operatividad de los sistemas y al empleo operativo de la Fuerza. La «R» define el análisis de los Recursos Humanos, el personal tanto de Cuadros de Mando como de Tropa y Marinería, necesario para operar y mantener los sistemas integrados en las unidades de la Fuerza. La «A» de Adiestramiento, enfocado a las necesidades para la preparación operativa del personal y las unidades. La «D» de Doctrina, como base conceptual, específica y conjunta, por la que se ha de regir el empleo operativo de la Fuerza, en cada una de las Capacidades. Y, por último, la «O» de

Como se ha dicho, todas ellas deben estudiarse en relación con la definición de los potenciales escenarios de actuación, que debe de hacerse de la forma más exacta posible, para hacer así eficaz el proceso de planeamiento y que será imprescindible para la definición de la fuerza, levantamiento de unidades, obtención de los recursos financieros y de personal, programas de I+D+i, programas industriales y de mantenimiento general, de adquisición de nuevos sistemas, etc.

Obviamente la génesis y ejecución de este tipo de procesos de planeamiento son relativamente modernas. A lo largo de la historia no se ha apreciado, por lo general, la existencia de procesos metódicos de planeamiento como el indicado, sino que los avances han sido fruto de eventos aislados, posteriormente desarrollados. Pero no cabe duda de que los fundamentos se han encontrado presentes de forma consciente en la mente de todos los grandes jefes militares.

Procesos de génesis y obtención de sistemas y capacidades

Las labores de producción de armas y construcción de fortificaciones fueron primeramente actividades realizadas por los propios ejércitos en sus talleres y con medios propios. Posteriormente, conforme aquellos se iban complicando, hasta convertirse en auténticos sistemas de armas⁶, en sus fábricas y arsenales, o en el de corporaciones estatales o privadas, dando lugar al nacimiento de un sector industrial específico encargado del suministro de esos sistemas de armas, que en ocasiones ha venido en denominarse como complejo militar-industrial.

Sobre todo, a partir de comienzos del s. XX y debido a todo un conjunto de factores, el proceso de concepción y materialización de un sistema de armas se ha ido convirtiendo en extremadamente complejo, largo y costoso, al que acompañan una serie de incertidumbres sobre las prestaciones finales, plazos de obtención y costes que, para acotarlas, han requerido de una planificación previa por fases y del desarrollo de lo que fue toda una nueva disciplina como es la Ingeniería de Sistemas. Estas fases incluyen: la exploración de conceptos, la elaboración de requisitos, la búsqueda, investigación y desarrollo de las tecnologías que se requieren, el desarrollo y fabricación de demostradores,

Organización, encaminada a la determinación y establecimiento de la estructura orgánica que posibilite la eficacia operativa real de las estructuras militares.

⁶ Cuyo primer gran exponente fue el acorazado monocalibre (Dreadnought, 1905), que ya no era una mera plataforma con armas, sino que ya requería de un empleo combinado y eficiente de las funciones de potencia de fuego, protección, movilidad, mando y control, comunicaciones y logística.

modelos y prototipos, las pruebas de verificación del concepto⁷ elaborado y de validación del sistema (prestaciones adecuadas al entorno operativo); incluyendo actividades de rediseño y la repetición de pruebas si se precisan para la obtención de un producto satisfactorio. Seguirán la solución de los problemas que se presenten para la producción del sistema a la escala que se requiera y el mantenimiento durante su vida operativa para que mantenga sus prestaciones o las modifique a través de grandes reformas (*overhaul*) y sin olvidar las labores que se requieren para su adecuada retirada del servicio y desmilitarización. Para todo ello se requieren organizaciones extremadamente complejas.

Como conclusión parcial se puede decir que, si bien la delimitación entre la I+T militares y las «civiles» se ha ido difuminando, todavía desde el punto de vista del estudio y del análisis es conveniente mantener esa división, sobre todo en aquellos periodos que son anteriores a la finalización de la II Guerra Mundial, donde todavía ese límite es bastante nítido. En este sentido se entenderán como I+T militares las directamente relacionadas con las funciones de combate o con la obtención y empleo de sistemas de armas, combate o de defensa.

Objetos del estudio de la historia de la I+T militar

El conocimiento de la evolución que desde la antigüedad han experimentado las armas y los sistemas de combate y fortificación, gracias a la acción de la ingeniería, constituye el objetivo del estudio de la Historia de la Ingeniería y Tecnologías Militares⁸. Las diversas etapas de esa evolución se dominan por un determinado paradigma que se extiende físicamente en un ecosistema específico. No forman parte necesariamente de este estudio los propios conocimientos científicos o tecnológicos por sí mismos, sino la evolución global de estos y cómo su evolución ha permitido proponer y materializar soluciones específicas a necesidades concretas sentidas por los comandantes o que se ponen en manos de estos, herramientas que les facilitan la victoria.

⁷ En términos generales, el concepto no es sino, la definición, más o menos concreta al nivel de las ideas, de la solución al problema planteado. Deberá por tanto esbozar su arquitectura y sus previsible prestaciones, al objeto de constatar que se satisface la necesidad planteada y se cumplen los requisitos existentes o impuestos.

⁸ Con la perspectiva actual de que las soluciones de ingeniería y tecnología también incluyen los posibles cambios en organizaciones y estructuras, también se podrán incorporar al estudio de la tecnología militar la implantación de innovaciones en la estructura de las organizaciones y de las unidades, o incluso en la táctica. Generalmente bastará estudiar algunos casos significativos; mencionándolos por la importancia global que supusieron; bien, porque fueron la respuesta a la implantación de un nuevo armamento o equipamiento, o bien, porque su adopción se mejoró con la adopción de un nuevo armamento o mejora.

¿El porqué de su estudio?

El estudio de la Historia de la Ingeniería Militar no constituye solamente un ejercicio de revisión de acontecimientos históricos, sino que pretende analizar factores más generales, como, el análisis de los que han permitido el avance tecnológico militar en los diferentes períodos, de cómo éste ha influido en el Arte de la Guerra, de cómo se incardina la ingeniería militar con el grado de avance de la tecnología global (de cómo incluso aquella ha impulsado a ésta) y con la situación económica, política, social, ...etc. Con ello, se proporciona no solamente una visión con una perspectiva histórica de la evolución de los sistemas, y su efecto en las tácticas y la conducción de la guerra, sino, analizar como el entorno global y los avances tecnológicos han favorecido o limitado las labores de ingeniería o la implantación de esos resultados en forma de herramientas o técnicas (armas, defensas, sistemas de combate y fortificaciones).

El profesional de la ingeniería que se aproxime al estudio de esta materia tiene la posibilidad de obtener lecciones aprendidas, mejores prácticas, etc., que, aunque aparentemente definidas para el pasado, en lo general puede aplicar en el quehacer diario actual; y no resulta inútil el análisis de casos fallidos o la aplicación de conocimientos de ingeniería que le permitan profundizar en el análisis de los factores influyentes (siempre que, lógicamente, no se abandone, ni mucho menos se distorsione, su contexto histórico original). En definitiva, permitirá, obtener un valor añadido subrayando la importancia que tiene conocer el pasado, para comprender el presente, e imaginar el futuro, y, sobre todo, no repetir los mismos errores ya cometidos.

El individuo y las corporaciones como elemento de estudio

No cabe duda que el ser humano es el agente fundamental en todas esas actividades que se relacionan con la I+T militar. Es pues importante el análisis de sus motivaciones, actuaciones, formación, educación, experiencia, ...que son los factores que en el fondo facilitan o dificultan su actuación, así como, su integración corporativa en una institución (generalmente a través de un cuerpo militar), y de cómo éste se ha estructurado y ha organizado la gestión del conocimiento y los medios puestos a su disposición, su personal y formado a sus componentes para un mejor desarrollo de su profesión, estableciendo escuelas y academias, o como ha organizado los establecimientos en los que ha llevado a cabo sus misiones, como ha encauzado la búsqueda de la innovación, ...etc.

El conocer cómo se ha efectuado a lo largo del tiempo la definición correcta de las necesidades que deberían satisfacer los nuevos diseños (definición correcta de

los requisitos/necesidades) y su traducción en requisitos técnicos (o de sistema) resulta también esencial.

Relación con la Historia Militar

La Historia de la Ingeniería y de la Tecnología Militar forma lógicamente parte de la Historia Militar, pues se relaciona con la evolución del armamento y el equipo empleado en la guerra. Hoy día no se concibe la Historia exclusivamente como un relato pormenorizado y sucesivo de eventos, porque es el encadenamiento entre esos sucesos lo que permitirá captar en profundidad y extraer hasta la superficie los poderosos mecanismos que rigen el desarrollo histórico. Del mismo modo que la Historia Militar se relaciona con la Historia General, se deberá relacionar la Historia de la Ingeniería Militar con la Historia Militar.

Análogamente, de la misma forma que en la Historia Militar se comprueba que la estrategia y la táctica no constituyen por sí solas un problema de número, de espacio o de tiempo, sino que son esencialmente un arte, una intuición; deberá actuarse a la hora de analizar los procesos que generan la mejora de los armamentos y las fortificaciones en el ámbito de la Historia de la Ingeniería Militar. En ocasiones, los procesos disruptivos de innovación tecnológica parecen más el resultado de la intuición o incluso de un accidente o la casualidad, que del establecimiento de procedimientos racionales de análisis. Aunque en ocasiones, cuando se estudia el entorno en el que esos procesos se sitúan, esa aparente intuición inconsciente deja paso a una intuición gobernada por conocimientos y factores externos discernibles. Pero estos procesos no pueden suponerse ajenos a la influencia particular de cada individuo, de su carácter, experiencia, formación, entorno etc. Es por ello que, como se ha adelantado, se justifica que, junto al estudio de los factores generados por las circunstancias aparentemente externas a los procesos innovadores, deberán contemplarse también las de las circunstancias particulares de cada individuo (artesano, técnico, ingeniero, militar) y las generadas por su integración en un colectivo (gremio, establecimiento fabril, laboratorio, corporación o institución) y los objetivos e intereses globales perseguidos por estos.

El discernir el papel jugado por las aplicaciones de esas innovaciones en los armamentos y las fortificaciones en los resultados obtenidos en el campo de batalla es también objeto de estudio de la Historia de la I+T militar, lo mismo que, el estudio de cómo su puesta en práctica ha podido afectar a la táctica, la maniobra, la doctrina o la propia estructura de los ejércitos. O, cómo determinadas innovaciones surgen como reacción a modificaciones llevadas a cabo previamente en estos últimos aspectos.

En términos generales se puede decir que la complejidad global relacionada con todos ellos crece con el paso del tiempo a través de la historia. Es por ello que, en las primeras etapas de ese tránsito, se manifiestan de una manera más simple y clara en esos procesos cuáles son los factores influyentes y sus relaciones con las manifestaciones del Arte de la Guerra (tácticas, formaciones, maniobras, ...). Con ese estudio progresivo en los periodos históricos se adquirirán prácticas y destrezas que permitirán analizar los procesos y fenómenos más complejos que se encuentran presentes en épocas cada vez más modernas y recientes.

En cuanto al objeto específico de estudio, entre estos se encuentran las armas y las defensas, en definitiva, el armamento, tanto ofensivo (armas propiamente dichas), como defensivo (protecciones), tanto individual como colectivo. Incluyendo: armas de proyección (jabalinas, arcos, arcabuces, fusiles, cañones, morteros...que deben incluir también sus proyectiles –y espoletas- y propulsantes, incluyendo los torpedos, cohetes, misiles), como, de choque (que podían ser: mazas, picas, alabardas, lanzas, espadas...), también las plataformas de proyección de sistemas de armas (buques, aeronaves, misiles, carros de combate, etc.).

Entre las defensas y protecciones se encuentran: el armamento defensivo individual (cascos, escudos, corazas, chalecos antifrags...), los blindajes, las murallas y fortificaciones. Pero además se deben incluir: los sistemas de vigilancia, mando y control, las comunicaciones militares, los sistemas de avituallamiento, abastecimiento y mantenimiento (*i. e.*, el apoyo logístico o el sostenimiento⁹), los sistemas de simulación para el adiestramiento... y tantos otros que apoyan el desarrollo del combate, dentro de lo que viene en denominarse como función logística.

En España, actualmente, esas funciones logísticas en el ámbito del Ejército de Tierra se clasifican en:

- Personal: Gestión y apoyo del personal mediante la gestión de reemplazos, fallecidos, prisioneros de guerra, bienestar, servicio postal, atención

⁹ En la doctrina militar española actual, el sostenimiento se corresponde con el apoyo logístico, pero incluyendo también el apoyo de personal y de sanidad como funciones logísticas. El apoyo logístico debe buscar una solución de compromiso entre, la agilidad en el apoyo de los recursos, satisfaciendo las necesidades operativas encaminadas al cumplimiento de la misión. Evitando costes innecesarios, duplicación de esfuerzos y aumento de la «huella logística», entendida esta como, la acción y efecto de la presencia física de personal, equipamiento, recursos e infraestructura, incluyendo los procedentes de contratistas civiles, inherente al despliegue de fuerzas de combate, de apoyo al combate y apoyo logístico en el Teatro de Operaciones (PDC-01 pp. 1-2).

- religiosa, apoyo de personal desplazado y familias, asesoría y asistencia jurídica.
- Administración Económica: encargada de la obtención y gestión de recursos financieros.
 - Abastecimiento: encargada de la obtención, almacenamiento, distribución y entrega de nueve clases de abastecimiento y recursos de material y ganado. Sin embargo, los recursos sanitarios, repuestos y material de construcción, quedan a cargo de los respectivos servicios.
 - Mantenimiento: encargada de que el armamento, material y equipo se encuentre en condiciones técnicas adecuadas, así como del abastecimiento de repuestos.
 - Movimiento y transporte: encargada de la organización, regulación y ejecución de los traslados de personal, ganado y abastecimientos de la operación.
 - Sanidad: encargada de ejecutar las acciones de protección de la salud del personal, atención veterinaria, así como del abastecimiento de recursos sanitarios.
 - Obras: encargada de ejecutar las acciones para construir y mantener la infraestructura de todo tipo, así como el abastecimiento y mantenimiento del material de construcción y fortificación.

Asimismo, las capacidades operativas encaminadas al logro de un objetivo operativo o misión generan una combinación de personal, instrucción, adiestramiento, equipos, logística y estructuras establecidos en la doctrina, donde cada tipo de unidad tendrá desarrolladas las capacidades operativas adecuadas a su empleo e integradas permanentemente en las correspondientes orgánicas.

Obviamente no se podrá tratar la casuística de todos ellos, lo que requeriría probablemente varias decenas de miles de páginas. Tampoco se tratarán las tecnologías relacionadas con: la construcción de bases e instalaciones (que no sean fortificaciones), la medicina de aplicación militar (en especial la relacionada con agentes NBQ) y, solo se tratará de pasada la relacionada con la tecnología nuclear. Nos limitaremos a realizar una descripción detallada del desarrollo de los procesos de innovación tecnológica más relevantes y de las consecuencias que de ellos se derivaron, que permitirán establecer unos métodos de aplicación que se podrán utilizar en el análisis de otros que se quiera plantear.

Obviamente, en nuestro estudio habrán de tenerse en cuenta estos principios y herramientas que han resultado como fruto de cientos, incluso miles, de años de estudio y análisis del Arte de la Guerra, pero sin dejar de tener en cuenta que el

grado de consciencia que sobre los mismos han tenido los comandantes jefes de las operaciones militares ha ido progresando a lo largo del tiempo, siendo meramente intuitivos en la Antigüedad y comenzando su desarrollo en la Edad Moderna, eclosionando en los clásicos estudios del marqués de Santa Cruz o de Von Clausewitz y desarrollándose plenamente a partir de entonces.

Conclusión sobre la extensión del estudio

Como se ha venido diciendo, el estudio de la Historia de la Ingeniería y la Tecnología Militar comprende varias vertientes, incluyendo no sólo los desarrollos tecnológicos y su aplicación a los armamentos y las fortificaciones y cómo estos afectaron a las estructuras organizativas, las tácticas, etc. También debe dedicarse a las causas o los eventos que los generaron, las personas y las instituciones que los propiciaron y los impulsaron. Lo mismo que cómo esos ingenieros y técnicos se formaban y se encuadraban en corporaciones militares y cuáles eran las misiones que éstas desarrollaban y cómo las llevaban a cabo: encuadramiento dentro de los ejércitos, organización, centros y establecimientos que gestionaban, jerarquización, centros de formación y perfeccionamiento de sus conocimientos técnicos, etc.

Deberá estudiarse también el contexto en el que se han llevado a cabo esas innovaciones tecnológicas al objeto de analizar las interacciones existentes entre el avance tecnológico militar y el general y las influencias que han podido ejercer en la sociedad y su contribución al progreso, lo mismo que, en ocasiones, se han encauzado al mundo militar los avances que se han implantado en la sociedad civil.

Fuentes y métodos para el estudio

Puede ser objeto de estudio, entre otros muchos temas, la influencia ejercida por las fortificaciones en el desarrollo urbano de nuestras ciudades, o el de los estudios encaminados al progreso militar en el avance científico general. De cómo la resolución de problemas eminentemente militares fue en gran medida responsables de la revolución científica y cultural que supuso el Renacimiento. De cómo eminentes ingenieros militares han contribuido asimismo al desarrollo de los estados: las obras de infraestructura, la enseñanza, los progresos técnicos, industriales, científicos y culturales, etc., etc.

Para ese estudio se deberá acudir no sólo al análisis de los armamentos, fortificaciones y sus vestigios, existentes en museos, monumentos y otros lugares, sino que se deberá recurrir al estudio y el análisis de la documentación que puede

encontrarse en los archivos institucionales públicos y privados, información extraída en revistas profesionales y generales, manuales técnicos, educativos y obras generales. Es cierto que el examen de esa documentación, descripciones, planos, sobre todo los más antiguos, no puede quedar exenta de interpretación.

También se dispone como herramienta de la Arqueología Experimental o recreación a partir de la información disponible de armas y sistemas primitivos, con objeto de conocer sus prestaciones y la realización de especulaciones realizada a partir de los resultados de esas experiencias. Análogamente también, con el mismo fin se lleva a cabo la emulación de los medios de producción o los procesos.

Los métodos a emplear en el estudio serán los correspondientes al método científico e histórico seguidos de forma rigurosa. En concreto, se seguirán los métodos y técnicas historiográficas. En aquellos aspectos que se considere interesante se acudirá al desarrollo más en detalle de la justificación técnica o científica de las innovaciones que se propusieron en su momento. También a la justificación con los conocimientos técnicos actuales de algunas de las soluciones que se propusieron cuando estos conocimientos no estaban aún maduros.

Hay que tener en cuenta que el desarrollo de este análisis no puede hacerse estrictamente de una forma «lineal» en el tiempo, y en ocasiones no hay más remedio que acudir a repartir la materia de un modo más funcional que por una mera continuación de fechas, con el fin de sacar a la luz los resultados de un análisis y búsqueda en niveles más profundos de relaciones y conexiones entre actividades, soluciones, conceptos, ..., realizados en épocas distintas.

Resumen y conclusión final

En las páginas anteriores, el autor ha llevado a cabo una serie de reflexiones personales, no necesariamente ortodoxas pero coherentes, sobre los conceptos de ingeniería, tecnología, de cómo estos se proyectan al ámbito militar y, como consecuencia de la argumentación desarrollada, se esbozan una serie de principios sobre cómo considera que se debe llevar a cabo el desarrollo histórico de la Ingeniería y la Tecnología Militar.

Bibliografía

Alonso Majagranzas, F. "España, ayer y hoy de la Industria de Defensa", en Revista de Economía Industrial, 1987, núm. 253.

Gómez Ramos, F. J. "La Industria de Armamento en España: Evolución desde una industria militar a una al servicio de la Defensa", en Jornadas sobre el Patrimonio Histórico, Técnico e Industrial en el ámbito Militar. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y Dirección General de Relaciones Institucionales de la Defensa. Sevilla, octubre 2009, pp. 83-95.

https://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/documentacion_migracion/Noticia/1263219251807_patrimonio_en_defensa.pdf

Gómez Ramos, F.J. "La ingeniería militar y los antecedentes de la ESPOL", en Revista Ejército. Documento: Pasado, Presente y Futuro de la Escuela Politécnica Superior del Ejército de Tierra. Madrid, núm. 930, octubre 2018, pp. 75-84. <https://www.slideshare.net/EjercitoTierra/revista-ejercito-n-930-octubre-2018>

Gómez Ramos, F. J. Historia de la ingeniería militar. La evolución de las guerras a través del armamento, el equipamiento y la tecnología. Ed. Sotecz, 2019.

Gómez Ramos, F.J. "Ingeniería y milicia. Hacia un nuevo paradigma de relación", en Memorial del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos, nº 8. Madrid, 2021.

Landels J.G. *Engineering in the Ancient World*, Berkeley: University of California Press, 2000.

Madrona Méndez, J. Á., y Gómez Ramos, F. J. "Ingeniería militar de armamento. Un bien de estado surgido del Real Colegio de Artillería", en Revista de historia militar, núm. Extra 1, 250 aniversario del Real Colegio de Artillería de Segovia, 2014, págs. 289-358.

Roland, A. *War and Technology. A very short introduction*. Oxford University Press, 2016.

Silva Suárez, M., Técnica e Ingeniería en España, Tomo I, Fundación Fernando el Católico, RAIE y Prensas Universitarias de Zaragoza, 2008.