



## DOCUMENTO DE TRABAJO 05/2016

---

Organismos solicitantes del estudio:

Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN) y  
Comisión Permanente de Investigación de Nuevas Tecnologías

---

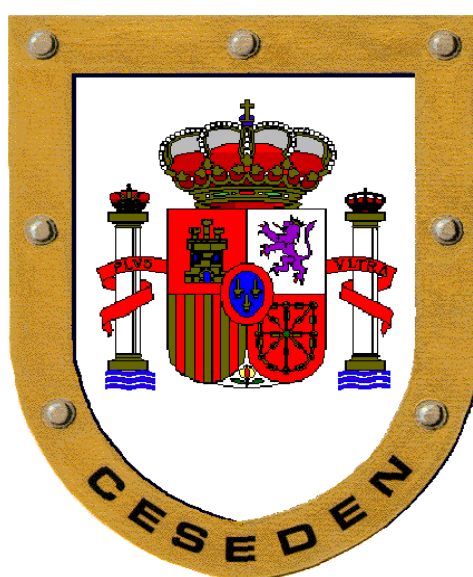
Trabajo incluido en el Plan Anual de Investigación del (CESEDEN)  
para el año 2016, como Grupo de Trabajo de Corta Duración nº 2 y  
asignado al Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE)

---

# Soluciones tecnológicas a problemas logísticos en operaciones

---

# Soluciones tecnológicas a problemas logísticos en operaciones



Maquetado en junio de 2016 por el Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE)

**Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN)**

---

**NOTA: Las ideas y opiniones contenidas en este documento son de responsabilidad de los autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del Ministerio de Defensa, del CESEDEN o del IEEE.**

---

## Índice

### ***Introducción***

*Carlos Calvo González- Regueral*

Introducción.....	7
Aproximación al problema.....	8

### ***Capítulo I***

#### ***El futuro apoyo logístico a las unidades militares***

*Juan José Valero de la Muela*

Introducción.....	13
Áreas de operaciones (AO).....	14
Territorio Nacional (TN).....	24
Conclusiones.....	29

### ***Capítulo II***

#### ***Nuevas tecnologías para el transporte de recursos a zonas de operaciones***

*Carlos J. Medina Avila*

Introducción.....	33
Panorámica actual del transporte estratégico.....	33
El reto del transporte de recursos a zonas de operaciones.....	37
Tendencias en el uso de medios de transporte a zonas de operaciones.....	40
Contribución de las nuevas tecnologías a la actividad logística del transporte.....	44
<i>Sistemas de control y trazabilidad del transporte.....</i>	44
<i>Tecnologías de identificación automática de las cargas.....</i>	46
Hacia un futuro cercano.....	48

## Capítulo III

### *Las necesidades básicas*

*Andrés Pérez Barro*

Introducción.....	49
Infraestructura desplegable (alojamiento y almacenamiento).....	51
<i>Situación actual.....</i>	53
<i>Influencia de las nuevas tecnologías sobre los campamentos en zona de combate.....</i>	55
Alimentación.....	60
<i>Definición del ciclo de vida de los alimentos.....</i>	60
<i>Situación actual.....</i>	61
Ciclo logístico del agua.....	63
<i>Situación actual.....</i>	64
<i>Influencia de las nuevas tecnologías.....</i>	65
Tratamiento y evacuación de bajas.....	66
<i>Situación actual.....</i>	66
<i>Influencia de las nuevas tecnologías.....</i>	67
Conclusiones.....	67

## Capítulo IV

### *Tecnologías de generación de energía*

*Héctor Criado de Pastors*

Introducción.....	69
Sistemas de generación de energía actuales en zona de operaciones.....	71
Metodologías de cálculo del coste integral de la energía.....	72
Estado del arte de nuevas tecnologías de generación de energía.....	74
<i>Perspectiva del empuje civil.....</i>	74
<i>Energía solar fotovoltaica.....</i>	76

<i>Energía eólica</i> .....	77
Micro redes inteligentes de distribución de energía y sistemas de almacenamiento..	79
<i>Gestión de redes</i> .....	79
<i>Baterías y condensadores</i> .....	80
<i>Pilas de combustible</i> .....	81
Nuevas tecnologías para la mejora de la eficiencia energética.....	82
<i>Eficiencia energética y generación de energía térmica (calor y frío)</i> .....	82
<i>Valorización energética de residuos y biomasa</i> .....	83
Conclusiones.....	84

## **Capítulo V**

### **Mando y control logísticos**

*José Manuel Mateo Alonso*

Introducción.....	87
Conceptos relacionados con el Mando y Control.....	88
<i>El Mando y Control</i> .....	88
<i>Los sistemas de información para Mando y Control</i> .....	89
Consecuencias en la logística de los sistemas C2IS.....	90
<i>Asset Tracking</i> .....	92
<i>Logística Integral y Logística Basada en Prestaciones o Resultados (PBL)</i> .....	93
<i>Sistemas de identificación automática</i> .....	94
<i>La externalización</i> .....	94
<i>Almacén único</i> .....	94
La Logística en las operaciones. Factores.....	94
Sistemas C2IS logísticos empleados en las operaciones.....	97
<i>Los sistemas C2IS Logísticos a nivel OTAN</i> .....	98
<i>Los sistemas C2IS logísticos nacionales</i> .....	100
Tendencias y conclusiones.....	101

***Reflexiones finales y conclusiones***

*Carlos Calvo González - Regueral*

Reflexiones finales y conclusiones.....IO5

***Bibliografía***.....III

***Composición del grupo de trabajo*** .....II3

# Introducción

*Carlos Calvo González - Regueral*

## Introducción

La Logística es una de las tres ramas tradicionales del Arte Militar, que es fundamental para el desarrollo de las operaciones militares en todos los niveles de su conducción. Sin embargo, esta rama no tiene la misma visibilidad que las otras y, como rezaba el título de una reciente obra, se trata de un “Arte sin Gloria”<sup>1</sup>.

Las actividades logísticas generalmente plantean diferentes problemas a lo largo de lo que se conoce como el ciclo logístico tradicional: determinación de necesidades de recursos, su obtención y posteriormente su distribución a los usuarios.

En ese ciclo se desarrollan diferentes procesos de planificación, coordinación y control en los que se pretende conseguir una máxima eficacia con el mínimo empleo de recursos. Es decir, minimizando la “cola logística” o, utilizando términos anglosajones, la “tooth to tail ratio”. Siempre teniendo además en cuenta que se deben obtener o generar los recursos necesarios y sostenerlos proporcionando una respuesta oportuna en tiempo y forma a las necesidades que sienten las unidades en cada momento.

Aunque el problema logístico presenta muchas similitudes entre las necesidades de tiempo de paz con respecto a las de operaciones, sea cual sea su espectro, las condiciones actuales de operación presentan peculiaridades que afectan a los “logístas”. Una mayor complejidad en cuanto a las operaciones a realizar, donde a menudo se entremezclan diferentes situaciones en el mismo escenario que obligan a establecer una Logística “a medida” del usuario en cada situación. La variedad de las amenazas y su impacto sobre las instalaciones o unidades logísticas hace también que a menudo el “logísta” vea afectada su misión por tener que afrontar situaciones de combate directo. Pero sobre todo los nuevos escenarios plantean unos elementos de incertidumbre que son más acusados que los que había que considerar en operaciones clásicas.

Por otro lado, el mundo civil ha experimentado una evolución importante en cuanto al desarrollo de las actividades logísticas de gran volumen que permiten aprovechar la experiencia de grandes organizaciones o empresas y extrapolarlas al mundo militar. No es menos significativo que la reducción generalizada de la entidad de las Fuerzas

---

<sup>1</sup> SÁNCHEZ TARRADELLAS, VÍCTOR. *Logística, Arte sin Gloria*. Publicaciones del Ministerio de Defensa, Madrid, 2013.

Armadas de los países occidentales ha llevado a que ciertas actividades deban ser proporcionadas por elementos civiles.

Quizás uno de los ámbitos donde mayores experiencias puedan obtenerse del mundo civil sea el del mando y control logístico puesto que grandes empresas de distribución han establecido procedimientos de mando, control y coordinación para buscar una mayor eficiencia en el empleo de los recursos. Sus experiencias en cuanto a desarrollo de sistemas de información o aprovechamiento de infraestructura logística pueden ser buenos ejemplos de cómo obtener soporte o experiencia desde la industria o el mundo civil para las operaciones militares.

Las similitudes entre grandes organizaciones civiles y militares pueden extenderse a desafíos comunes: la globalización, la logística basada en prestaciones (“performance based logistics”), la necesidad de acortar la cadena de suministro o el empleo masivo de tecnologías de información, son desafíos que afectan tanto al mundo civil como al militar.

Conviene resaltar aquí un factor que nos parece significativo. La mayoría de los países occidentales publican sus estrategias de seguridad, documentos de evolución de tendencias operativas y estrategias tecnológicas. En la mayoría de ellos las relaciones entre tecnología y logística están de alguna forma enmascaradas o se les otorga relativa importancia. Resulta llamativo que esto ocurre tanto en un sentido como en el otro. Los documentos que plantean el futuro de la Logística hacen escasas referencias a tecnología, y si lo hacen se centran casi de forma exclusiva en TICS (US DOD Logistics Roadmap o Australian Defence Logistics). Por su parte los documentos centrados en prospectiva tecnológica ponen el énfasis en la evolución de los sistemas de combate y hacen escasas referencias al ámbito del apoyo logístico.

Por nuestra parte trataremos de aportar ideas que puedan relacionar la evolución tecnológica con las necesidades de la Logística en operaciones. Resulta complejo establecer predicciones en un mundo que evoluciona a diario pero intentaremos proporcionar ideas que puedan alimentar el estudio de esa relación entre Tecnología y Logística que nos parece evidente.

## Aproximación al problema

Con los parámetros apuntados se puede establecer un marco en el que la aplicación de nuevas tecnologías puede contribuir a resolver ciertos problemas logísticos sin afectar a la eficacia en el apoyo.

Este es el aspecto en el que centraremos el presente trabajo. Para abordarlo se contemplaron inicialmente dos aproximaciones diferentes.



La primera con un enfoque que podíamos llamar “funcional” podría ser abordar el problema desde las funciones logísticas básicas: abastecimiento y transporte, mantenimiento y asistencia sanitaria, fundamentalmente.

En la segunda, se trataría de un enfoque “tecnológico”. Es decir analizar una serie de tecnologías para ver qué aplicaciones logísticas pueden tener o cuál puede ser su impacto sobre el apoyo logístico en operaciones.

Hemos optado por un enfoque mixto siguiendo lo que consideramos una secuencia lógica de las actividades.

En el primer capítulo, a cargo del Teniente Coronel de Artillería don Juan José Valero de la Muela de la Jefatura de Adiestramiento y Doctrina de la Academia de Logística, consideramos el análisis de las necesidades. Sin entrar en determinar necesidades concretas, planteamos la conveniencia de establecer un análisis de partida de hacia dónde se están dirigiendo las tendencias más actuales en cuanto a logística operativa. Este análisis, fundamentalmente centrado en la experiencia española en los teatros de operación donde actuamos o hemos operado, presentará cuales son los principales problemas que el “logÍsta” operativo debe afrontar y necesita resolver.

Las necesidades presentan unas dimensiones importantes. En la primera guerra del Golfo, el despliegue de la 1ª División Acorazada británica a unas 4000 millas de su base de despliegue, requirió más de 400.000 toneladas de carga que se transportaron en 164 buques y 12.000 salidas de aviones de transporte. Un esfuerzo que llevó al General Jefe de las fuerzas británicas a considerar el apoyo logístico, junto a la diplomacia y al liderazgo, como uno de los factores clave para el resultado de la campaña<sup>2</sup>.

El problema del transporte de los recursos, se analizará en el segundo capítulo a cargo de don Carlos Medina Ávila, Coronel de Artillería DEM en situación de reserva y actualmente Director de Desarrollo de Negocio del Vertical de Defensa y Aeroespacio en UTI, Operador Logístico de las Fuerzas Armadas españolas y empresa líder mundial en su sector. El problema del transporte de los recursos hasta los usuarios y su distribución sigue suponiendo un problema complejo. En este campo la contribución de empresas civiles es fundamental. En esta parte veremos cómo contribuyen las nuevas tecnologías a resolver problemas de almacenamiento, gestión de recursos y su seguimiento en tránsito.

Las dimensiones actuales del problema quizás no sean, en cantidad de recursos, los que eran necesarios hace ya casi un cuarto de siglo para el ejemplo que hemos señalado, pero, sin duda, sigue siendo un problema importante para el despliegue de la fuerza, su sostenimiento y, no lo olvidemos, el redespiegue. En cualquier caso, las condiciones de los Teatros de Operaciones actuales presentan complejidades específicas en cuanto a puntos de entrada y salida, que no se dieron en Kuwait en 1991.

---

2 WHITE, MARTIN. *Gulf Logistics. Blackadder's War*. Brassey's, London, 1995.

Para darnos una idea del volumen, simplemente citar que las necesidades de abastecimiento diarias de una Brigada en operaciones se cifra entre 500 y 700 toneladas dependiendo del tipo de fuerza y materiales empleados<sup>3</sup>. De esa cifra el agua representa un 30% y el combustible un 40%. Paradójicamente y en contra de lo que a primera vista pudiera parecer, las municiones (clase V) representan un 20% del total de necesidades de abastecimiento diarias. Las cifras nos indican por tanto que todos los avances tecnológicos que permitan reducir las necesidades de transporte, generación o consumo de agua y combustibles serán un alivio para reducir la huella logística de las operaciones. Para añadir un dato más, en general el transporte de agua y combustible desde los puntos de entrada en zona de operaciones hasta la unidad consumidora debe realizarse por vía terrestre prácticamente en su totalidad, por las dificultades de utilizar medios aéreos para el transporte de carga húmeda. Una carga logística importante y que supuso que en la operación *Iraqi Freedom* el 50% de los camiones (144 diarios) se utilizaran para el transporte de agua<sup>4</sup>.

En tercer lugar y una vez distribuidos los recursos y las unidades en zonas de operaciones, es esencial satisfacer de forma prioritaria las necesidades básicas de los combatientes: alojamiento, almacenamiento, alimentación, y apoyo sanitario. El conjunto de estas necesidades no solo representa hasta un 80% del total de las necesidades de abastecimiento diarias sino que tiene una incidencia directa sobre la capacidad de combate de las Unidades. Las nuevas tecnologías ofrecen soluciones aprovechables en cuanto a infraestructura desplegable, generación consumo y distribución de agua, almacenamiento de alimentos y tratamiento de bajas y evacuación. El tercer capítulo que tratará estos aspectos correrá a cargo de don Andrés Pérez Barro, Coronel de Infantería en la reserva y responsable militar de la empresa ARPA, igualmente una de las empresas de referencia en el suministro de equipamiento logístico a las Fuerzas Armadas españolas.

Quizás uno de los aspectos clave una vez producido el despliegue, tanto para el sostenimiento de las operaciones como para su desarrollo, sea el de la generación de energía. Tanto los elementos de combate como los de apoyo son grandes consumidores de energía. Los datos de las operaciones más recientes establecen que hasta el 50% del combustible necesario se utiliza para generar energía, por lo que la eficiencia energética puede reducir la carga logística de forma significativa. Por lo tanto se ha considerado necesario abordar este problema específico de forma separada, en un cuarto capítulo, a cargo de don Héctor Criado, máster en Ingeniería Eléctrica y Diseño de Sistemas, especializado en el área de nuevas energías.

---

3 VV.AA. *Force Multiplying Technologies for Logistics Support to Military Operations*. National Research Council, Washington D.C., 2014.

4 *Ibid.*

El Mando y Control específico de las organizaciones logísticas es una de las principales preocupaciones. Por ello, como no podía ser de otra manera, las tecnologías de la información y comunicaciones necesitan un enfoque diferenciado puesto que ofrecen soluciones que contribuyen a la dirección, coordinación y control de toda la actividad y además juegan un papel clave en aspectos específicos como por ejemplo el seguimiento de recursos o, de forma más general, en lo que se conoce como “*bussiness intelligence*”. Este aspecto se tratará en el quinto capítulo por don Jose Manuel Mateo Alonso, Teniente Coronel de Artillería, destinado en la Dirección General de Armamento y Material.

Por razones de amplitud del contenido no se han considerado en este momento actividades tecnológicas asociadas a una función logística trascendental, como es el mantenimiento, que quizás recomendase un enfoque específico. Igualmente se han obviado por razones de espacio las posibilidades que las nuevas tecnologías de simulación ofrecen en la formación del personal implicado en las diferentes actividades. En cualquier caso, a lo largo del trabajo se encontrarán referencias a la importancia del “*additive manufacturing*” para determinadas aplicaciones logísticas y de las tecnologías de simulación para buscar soluciones que permitan obtener la eficiencia máxima en el apoyo logístico a las unidades desplegadas. Intencionalmente se ha obviado el problema de las municiones, o si se prefiere del abastecimiento y mantenimiento de clase V, para el que la evolución tecnológica de los sistemas principales de combate está planteando retos logísticos específicos y que trascienden la problemática tradicional de reponer consumos, y afecta desde el fabricante hasta el consumidor a lo largo de toda la cadena.

Seguramente muchas otras actividades o tecnologías se puedan quedar en el tintero, pero lo que se pretende es una primera aproximación a un problema complejo que posiblemente recomiende abordar en el futuro una estrategia específica de tecnologías aplicadas a la logística.

A partir de los análisis presentados estableceremos algunas conclusiones que pueden orientar futuros estudios específicos sobre cómo la tecnología puede contribuir a facilitar el funcionamiento de esa actividad oscura pero esencial que es la Logística operativa.



# Capítulo I

## El futuro apoyo logístico a las unidades militares

*Juan José Valero de la Muela*  
*“La Logística no lo es todo, pero está en todo”*  
*Academia de Logística del ET*

### Introducción

La Logística militar sigue siendo esencialmente la misma: prever para proveer. La previsión requiere aprovisionarse en los centros de adquisición hasta acumular los niveles que se hayan determinado y llevar a cabo la distribución a las unidades. Por tratarse de logística militar existe un enemigo que va a tratar de destruir a la fuerza militar oponente y/o el sistema que la alimenta, por lo que, en lo que a logística se refiere, se hace necesario protegerla y diversificar la ubicación de los recursos e itinerarios para el caso de que alguno de ellos, o el flujo logístico, sea interrumpido. Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), no modifican la necesidad, sino el procedimiento, la forma de hacer la logística, ya que el aporte ingente de datos ciertos en tiempo real, permite controlar las existencias, conocer las ubicaciones, sincronizar los apoyos y determinar las necesidades hasta extremos impensables hace pocas décadas. Con tanta información se pueden hacer previsiones fiables y por ello acortar plazos, reducir el stock y cambiar el concepto “por si acaso”, por el de “lo que hace falta, cuando hace falta”.

La nueva forma de realizar la logística basada en TIC está comenzando a ser una realidad. Hay varios indicadores que la hacen reconocible: todos los procesos se realizan sin papeles, mediante mensajería electrónica de uso sencillo. Las peticiones, órdenes y todo aquello que constituye información se envía y se anticipa por vía telemática. Se maneja un volumen ingente de datos de todo tipo que sirven para que el sistema “aprenda”. La gestión está optimizada mediante herramientas informáticas que ayudan a tomar la decisión más efectiva en cada momento.

Para llevar a cabo esta nueva logística se emplean tecnologías que ya se encuentran en el mercado y que tienen características comunes: proceden de la investigación civil y se les ha dado un uso militar, en contra de lo que ocurría hace unos años, en que las tecnologías se hacían por y para el sector militar, y la vida operativa de las mismas era muy elevada (decenas de años, acaso con alguna modificación profunda para prolongar su vida útil). Sin embargo, la vida media de las actuales es de menos de un decenio ya que al cabo de ese tiempo las tecnologías han sido superadas por otros conceptos, con su desarrollo correspondiente.

## Áreas de operaciones (AO)

Una vez terminada una proyección estratégica en la que un contingente despliega en un AO, el escalonamiento logístico tiene básicamente el siguiente esquema:

- Base logística del teatro (BLT). Constituye el punto de entrada que une el territorio nacional (TN), con el AO. Es de nivel conjunto y se encuentra junto a infraestructuras de transporte multimodales. Está constituido básicamente por un Complejo Logístico de Apoyo General (COLAG), terminales de transporte y superficies de almacenamiento cubierto y en campa, donde se acumulan todos los recursos que alimentan la operación.
- Complejos logísticos de apoyo general. Pueden ser varios y desdoblarse. Su misión es recibir los recursos de la BLT mediante apoyo general (A/G)<sup>1</sup> para proporcionarlos a otros órganos logísticos subordinados desplegados por la zona de comunicaciones (ZCOM) o en zona de combate (ZC). También realizan apoyo directo (A/D)<sup>2</sup> a las unidades desplegadas en su entorno de actuación (ENAC), o zona de responsabilidad logística. Normalmente son unidades de facilitadores (“enablers”)
- Órganos logísticos de la ZC. Se montan con los medios de las grandes unidades para abastecer a estas y a los facilitadores de su ENAC mediante A/D.

Todos ellos se enlazan por las rutas de abastecimiento mediante un flujo continuo de vehículos entre retaguardia y vanguardia, en ambos sentidos. El abastecimiento y el transporte<sup>3</sup> son una única cosa en las operaciones.

---

1 A/G. Apoyo General: de complejo logístico a órgano logístico.

2 A/D. Apoyo Directo: de órgano logístico a unidad consumidora.

3 Se denominan transporte a los movimientos que se realizan para larga distancia, con carga completa y homogénea. Se habla de distribución cuando la distancia es menor, la carga total no se alcanza y es heterogénea. Hablamos de acarreo cuando se trata de realizar un cambio de modo durante

Además del flujo de recursos físicos, hay otro muy importante: el de la información logística. Las TIC intervienen de modo decisivo en este para realizar la solicitud de necesidades, anticipar la llegada de las mismas y mantener al día el control de existencias, acumulando información que alimentará a una gran base de datos logística.

La información que se genera hoy día en la ZC, implica a casi todas las funciones logísticas simultáneamente. Los datos que se manejan son muchos y proceden y afectan a todas y cada una de las unidades del contingente.

Vamos a realizar un recorrido de abajo a arriba de los procesos que componen la logística del AO mediante el empleo de TIC.

El jefe de un pelotón desembarcado tiene conocimiento de la ubicación de cada uno de sus subordinados mediante una presentación gráfica en su dispositivo de mano<sup>4</sup>, en el que también están incluidas otras pequeñas unidades laterales y superiores. Su dispositivo le permite la navegación terrestre, y la emisión y recepción de órdenes mediante mensajes o por voz en tiempo real, para disponer de “conciencia situacional ampliada”. Con ella se alcanza un elevado control de la situación táctica y del estado de su personal, conociendo incluso el “momento” logístico de cada miembro de su equipo, llegando a saber, si interesa, sus constantes vitales (por las que puede conocer cuándo un soldado ha detectado una amenaza o ha sido herido), o su grado de hidratación. Además, cada soldado dispone de un contador de disparos basado en acelerómetros que le indica cuánta munición le queda. Gracias a estos datos el jefe de una pequeña unidad desembarcada genera órdenes del tipo “soldado herido” o “reponer munición” en un lugar de coordenadas determinadas. El modo de enviar y recibir información de cada soldado a su jefe de equipo son unas gafas (tipo “*Google Glasses*”), con sensores en los cristales o las varillas como micrófono, cámara y auricular, que pueden proporcionar otros datos, como la temperatura del organismo o la presión arterial. Todo ello en función de la necesidad y del ancho de banda disponible.

Estos dispositivos móviles de los combatientes se basan en productos COTS (“*Commercial Off the Shelf*”). El teléfono móvil es de software libre y ha sido adaptado para emitir los datos al jefe del pelotón, que ahora dispone de información útil que puede transmitir mediante una pequeña y moderna radio de combate definida por software, que funciona como una red de intercambio de voz y datos entre los subordinados, incluso en movimiento. El jefe del pelotón toma, gracias a estos medios y su experiencia, decisiones tácticas y también logísticas, y retransmite las necesidades de su unidad inmediatamente.

Los COTS constituyen la manera más rápida y económica de disponer de sistemas que faciliten el control y la ejecución de las misiones militares con pequeñas

---

un transporte.

4 Un modelo de *smart phone* comercial adaptado para usos militares.



modificaciones y adaptaciones para que sean de aplicación militar (color, pintura anti-infrarrojos, rugerizados, software propio, etc). Para los equipos con software es necesario que se trate de programas “*open data*”, con el fin de que se pueda cambiar el mismo.

En estos sistemas todo queda registrado, y resulta sencillo rehacer la secuencia de los acontecimientos y extraer lecciones. En cualquier caso, ya no se emplean órdenes o peticiones escritas o verbales. Los “mensajes tipo”, pregrabados en estos dispositivos, reducen mucho los trámites de una petición.

Las ventajas para el mando son evidentes. Control absoluto de la situación táctica y logística, como el conocimiento inmediato del número de bajas que se han producido o el ritmo de consumo de munición.

Cuando la pequeña unidad va embarcada en su vehículo de combate los dispositivos inteligentes no consumen energía pues se encuentran en posición “durmiente”, y son los medios de transmisión sobre afuste<sup>5</sup> los que dan información táctica y logística de la situación del pelotón embarcado y de la operatividad del vehículo (munición restante del armamento principal y secundario, niveles del vehículo, fallos, necesidades de mantenimiento, etc.), siendo la energía del vehículo la que alimenta el sistema de transmisión y permite recargar los equipos individuales. Esta radio vehicular es el nexo de unión entre el pelotón y la compañía, que a su vez lo hace con la radio de batallón y esta con la de la brigada. El personal a pie repone la dotación consumida en el vehículo, donde viajan los niveles de los abastecimientos entre dos reposiciones consecutivas, según los cálculos que se hayan realizado.

La información logística de la tripulación y el vehículo es transmitida de modo manual o automático al escalón superior. Lo usual es que las unidades realicen una única petición, dentro del periodo establecido para hacerla, con el fin de reponer lo consumido.

Se realizará una petición análoga cuando se trate de recuperar o evacuar un equipo averiado, teniendo en cuenta que, además del vehículo recuperador y la grúa, intervendrán unidades de seguridad para proteger el proceso de recuperación y extracción de la zona batida.

Una de las características del apoyo logístico que se realiza en un AO es que no se suelen producir vetos a las peticiones. Si una unidad pide recursos esenciales no se modificará su solicitud (salvo caso de carencia), ya que el nivel de autorizaciones está descentralizado, tras difundir al comienzo de la misión normas de consumo y reposición. Además, gracias a las TIC y a la guerra en red, cuando se hace la entrega del recurso todos los niveles logísticos quedan “enterados” de que eso ha sucedido,

---

<sup>5</sup> Se ha experimentado con éxito que sea la misma radio portátil del jefe de pelotón la que se coloca sobre el afuste.



llegando esta información hasta territorio nacional (TN), donde se generarán nuevas órdenes de reposición hacia el AO e incluso de fabricación y compra a los proveedores, ya que el recurso es dado de baja simultáneamente en toda la cadena de suministro, modificándose con ello el stock total de ese recurso, lo que obliga a alcanzar de nuevo los niveles de cada uno que se hubieran determinado al comienzo de la operación. Gracias a esta comunicación instantánea, debido a la visibilidad total de la cadena de suministro, no se producen “tirones” en la adquisición, pudiendo regularse e igualarse la velocidad de producción y almacenamiento, ni tampoco roturas de stock por demoras en las solicitudes o entregas, ya que la información simultánea en toda la cadena proporciona una alerta en la que cada eslabón sabe lo que debe hacer, trabajando contra el pedido recibido, no contra el stock existente. Esta visibilidad es muy efectiva: supone precisión, rapidez y abaratamiento de los procesos.

Por ello podemos decir que esta logística en red, es anticipativa, móvil y muy flexible.

Los equipos de apoyo (convoyes logísticos), se encuentran en el órgano logístico que realiza A/D, y disponen de un órgano de gestión denominado Centro de Información y Control del Apoyo Logístico (CICAL) muy tecnificado, y otros básicos e imprescindibles para la ejecución de las funciones logísticas de personal y material mediante compañías o equipos funcionales. En el órgano logístico se dispone tan solo de las existencias que los sistemas de previsión de la demanda tienen calculados desde el diseño de la operación para cada fase de la misma, y cuyas cantidades van siendo “ajustadas” gracias a la información en tiempo real de la ejecución logística, adoptando continuamente medidas correctoras. Los medios estandarizados de envase y carga (normalmente paletas y grúas de autocarga de cada vehículo), colocan cada recurso en los camiones, cisternas o aljibes de pequeño tonelaje (5-7 Tm por todo camino), que forman los convoyes logísticos que se acercarán lo más posible al punto de consumo cuando la situación táctica lo requiera. Es usual que el convoy circule escoltado por una unidad de maniobra y medios de apoyo, como recuperador, ambulancia y otros. Cuando sea posible, un RPAS ligero sobrevolará el itinerario anticipando los problemas de todo tipo y alertando al convoy de las amenazas.

Es una logística denominada “*pull*” (el usuario final tira de la cadena de suministro), hecha a la medida de las necesidades de las pequeñas unidades, donde la exactitud en el tipo y cantidad de recurso entregado y la rapidez en la entrega son claves. Para lograr mayor sincronización el convoy logístico que se dirige a apoyar a una unidad embebida en combate emite un mensaje anticipado (ASN<sup>6</sup>), al jefe de la unidad táctica, indicando los recursos exactos que va a entregar y la hora prevista de llegada. Esta información puede condicionar la maniobra provocando una pausa o que se adelante o atrase una acción determinada. Al llegar a la zona, en las proximidades del destino, el convoy logístico emite otro mensaje informando de la llegada inminente,

---

6 ASN: *Advanced Shipping Notice*.

para realizar el apoyo cuando el jefe de la unidad considere que los equipos pueden desviarse de su cometido para ser abastecidos individualmente o de cualquier otro modo.

Debido a su carga de trabajo, habrá situaciones en que los convoyes logísticos no puedan permanecer en la posición de espera hasta que la unidad se acerque a recibir los abastecimientos por tener que realizar otros apoyos. En estos casos se depositan en el suelo las paletas que contienen la carga que se debe entregar, precisamente en un punto seguro, de coordenadas determinadas y desenfila. La unidad se deberá autoabastecer cuando vaya a recogerlo.

Para estas situaciones, en las que los convoyes logísticos deben depositar la carga en el suelo y seguir realizando abastecimientos, se dispone en el mercado de paletas estandarizadas<sup>7</sup> y sus submúltiplos (media y cuarto), fabricadas en cartón, de parecida resistencia a las empleadas normalmente (madera o plástico), que soportan la intemperie y admiten un número limitado de usos repetitivos sin perder sus propiedades físicas.

Las peticiones pueden ser previstas o periódicas e imprevistas o urgentes.

Las solicitudes periódicas parten de los pelotones, que las realizan a su compañía, esta lo hace al batallón que las retransmite en una única petición separada por unidades subordinadas al órgano logístico de la brigada y división. El sistema informático por el que se realiza es el mismo que se emplea en TN, en su versión operaciones, más sencillo en cuando a los campos a rellenar. La petición es única, aunque discriminando cada unidad peticionaria porque la distribución se hace por módulos preparados para cada unidad gracias al sistema informático de preparación de pedidos. Estas peticiones se realizan con la periodicidad que se haya establecido en la orden logística.

Cuando se trata de peticiones urgentes, se generarán desde cualquier pelotón que lo necesite, y llegan, como en el caso anterior, al batallón que dispone de un pequeño stock de recursos esenciales de dotación que le proporcionan una limitada autonomía logística (agua, carburante y munición), y así proveer a sus subordinados con esos medios propios lo antes posible.

En situaciones de combate de alta intensidad se puede llegar a hacer la distribución vehículo a vehículo acercándose lo más posible a cada uno en su despliegue, mientras que en periodos de calma se establecerá un centro de entrega de batallón al que acudirán representaciones de cada compañía a recoger sus necesidades para luego distribuirlas. Entre estas dos situaciones extremas se aplicará una solución cercana a uno u otro caso.

También las peticiones urgentes llegan a toda la cadena de abastecimiento a la vez, por lo que la unidad logística incluirá automáticamente esta necesidad de reposición del stock de reserva del batallón en el siguiente abastecimiento ordinario.

---

7 Europaleta: 120 x 80 cm. Paleta ISO Americana: 120 x 100 cm. Ambas estándar OTAN.

Habrán ocasiones en que la necesidad de reaprovisionar a la unidad peticionaria sea extremadamente urgente y vital realizarla de inmediato, como el caso de equipos destacados que se han quedado aislados u otros que han sido embolsados durante la acción. Los nuevos sistemas de abastecimiento responderán a estas situaciones enviando las peticiones mediante un RPAS de ala rotatoria, de 50 o más kg de carga de pago, que realiza un vuelo silencioso y preciso para depositar la carga imprescindible para la supervivencia de la unidad sin importar las condiciones meteorológicas o que no haya luz. También pueden hacerse estos abastecimientos mediante paracaídas dirigidos, capaces de posarse en unas coordenadas precisas, en análogas situaciones meteorológicas. En estos casos el apoyo logístico procederá de un complejo desplegado a retaguardia, ya que este tipo de medios se encuentran centralizados.

Gracias a las nuevas tecnologías, otra de las mejoras que veremos en breve en la realización de la logística operativa son los convoyes logísticos sin conductor, en que un grupo numeroso y heterogéneo de vehículos pesados realiza movimientos por itinerarios variados sorteando obstáculos y atravesando zonas urbanas. Puede que estos convoyes lleven un vehículo-guía tripulado delante, o sean completamente autónomos. La necesidad de realizar operaciones de descarga determinará una u otra modalidad de guiado, dado que las tareas de carga y descarga de paletas en el campo de batalla debe realizarse por humanos.

Entretanto, los conductores de los convoyes logísticos ya pueden conducir de noche y sin luces (o en condiciones de visibilidad reducida), por las rutas de abastecimiento mediante “*google glasses*”<sup>8</sup> en que a la imagen que tiene el conductor con su vista se superpone la del itinerario a seguir mediante símbolos.

Tras la recepción y preparación de las peticiones de apoyo logístico recibidas de todas las unidades de la brigada, los convoyes logísticos iniciarán uno o varios recorridos por la ZC compartiendo las rutas de apoyo con otras unidades y organizaciones (vehículos de combate, convoyes, ambulancias, ONG,s, personal desplazado, etc.), en un movimiento continuo de personal, material y recursos hacia vanguardia.

Esta logística es “*pull*”, y requiere precisión en la entrega de las cantidades demandadas y sincronización de las llegadas por medio de los avisos anticipados. Únicamente en el caso de acumulación y proyectos especiales hablaremos de logística “*push*” (la cadena de suministro empuja hacia el usuario final).

Una de las lecciones que se extrajo de la primera guerra del Golfo fue la gran cantidad de peticiones que se reiteraron “por si acaso”, ya que no eran atendidas de inmediato. Mucha mercancía se quedó por ello en los contenedores sin abrir y además desconociéndose qué había dentro. Para estas situaciones se está diseñando un software

---

8 Solución comercial que no es única y que admite otras alternativas (HUD, cascos con visores, navegadores inteligentes).

específico que relaciona las peticiones no solo con la unidad peticionaria, también con el lugar desde donde se hace y el momento, para detectar cuándo una petición está siendo reiterada o es nueva. Los ahorros de esfuerzos y económicos son ingentes al detectarse de inmediato.

El control de movimientos (CM) por el área de operaciones puede convertirse en una pesadilla, especialmente con los convoyes más numerosos o de material pesado, como en el caso de la munición, el carburante, el agua o los proyectos especiales, haciendo imprescindible el CM para evitar el colapso de esos ejes penetrantes entre vanguardia y retaguardia que van desde la base logística del teatro uniendo ésta con los complejos y órganos logísticos de toda el AO mediante la denominada corriente logística o flujo logístico. Las TIC pueden evitar la congestión de las vías y nudos de las rutas logísticas mediante dispositivos colocados en los vehículos que forman los convoyes logísticos indicando en una pantalla, como la de un navegador comercial, el itinerario a seguir, las órdenes de detención y espera, el orden de entrega y recogida o el horario de realización de estas actividades. Todo ello gracias a la disponibilidad de un software de gestión de rutas de transporte que lleva implementados los criterios del jefe de la operación, en cuanto a unidades a apoyar, prioridades de entrega, capacidad de los itinerarios, dimensión de los convoyes, determinando con ello la ruta y el momento más adecuado para utilizarla. Las unidades de circulación, desplegadas en el terreno, realizan ahora su función de manera más sencilla y eficaz.

Cuanto más tenso es el flujo, mejor es la logística. Significa que el proceso de petición a TN, llegada a la base logística, envío a los complejos logísticos y de estos a los órganos logísticos, se realiza sin almacenamientos intermedios (o con un almacenamiento mínimo), de modo que los recursos están siempre en movimiento y se consume lo que se necesita, que es, además, lo que se pide y todo ello está sincronizado. Por ello los stock son mínimos, las unidades de apoyo logístico tienen más movilidad por ser más ligeras y el coste de los recursos inmovilizados es el menor de los posibles. La situación ideal se da en el caso del “*cross docking*”, en que la mercancía no se detiene en la estantería en ningún momento porque los tiempos se han ajustado al máximo, comenzando por la producción en TN que se hace “*just in time*” hasta llegar a la unidad consumidora.

Otro de los conceptos que también se trata de alcanzar en las AO cuando es posible, es el de envío directo, en el que, tras la llegada de los recursos a la base logística o al complejo logístico, se haga allí la preparación del pedido a la medida de las necesidades de los usuarios finales, evitando procesos intermedios de carga, descarga y almacenamiento en cada escalón logístico, que en ocasiones no aporta valor, y llevándolos directamente a la unidad consumidora. Para realizarlo es necesario realizar una operación de convoy en las mismas condiciones que las indicadas anteriormente, ya que es necesaria protección, apoyo logístico y cobertura.

Por otra parte, los movimientos inversos (hacia retaguardia), no se hacen en vacío, ya que a las unidades de primer escalón se les desembaraza de los recursos

sobrantes o innecesarios que entorpecen su movilidad y delatan su localización, como los envases y embalajes de munición o comida. Como en el caso de las solicitudes de abastecimiento se hará necesario informar de la ubicación en que se encuentran los recursos inservibles. Por ello, tras la petición de abastecimientos, se realizará otra de logística inversa indicando posición y estimación de peso y volumen para que el convoy logístico lo incluya en el listado de tareas a realizar antes de su regreso al órgano o complejo logístico correspondiente.

La necesidad de controlar los contenedores en las AO determinó la creación del equipo de gestión de contenedores, que está continuamente inspeccionando su existencia, ubicación, estado físico y empleo (los usos son tan diversos como curiosos, al quedar vacíos). Este equipo ha llegado a determinar la conveniencia de tener contenedores propios antes que alquilados, ya que con el paso del tiempo y el número de ellos estacionados en las AO, el coste del alquiler era muy elevado. Incluso, y para que no suceda de nuevo, proponiendo la colocación de una marca externa en los alquilados para que no entren en las AO, sino que sean devueltos desde la BLT tras realizar el trasvase de la carga a un contenedor propio. Para ello es necesario programar el movimiento de contenedores vacíos por los diferentes complejos y órganos logísticos del AO, aprovechando movimientos sin carga entre centros. El cometido de este equipo, aparentemente sencillo, requiere formación específica y coordinación con las unidades para no entorpecerlas en el desarrollo de su actividad.

Por tanto y como resumen, las necesidades logísticas de las unidades de la zona de combate y de comunicaciones son continuas y muy diferentes por lo que la estandarización de las necesidades y los recursos a proveer hará mucho más simple la logística, en un ambiente de por sí complejo.

Hay otro tipo de necesidades en las operaciones, que se pueden llamar “menos urgentes” para el combate de muy corta duración, pero imprescindibles para la vida de los combatientes y que son parte importante del apoyo logístico, como la alimentación mediante productos frescos, la reposición de vestuario o la disponibilidad de alojamiento mediante campamentos más o menos permanentes, con zonas de descanso, higiene y ocio. Para ello la logística dispone de medios de transporte para recoger y llevar al personal combatiente a áreas que se encuentren más a retaguardia de la ZC o a la ZCOM, cuando no tenga medios orgánicos para hacerlo. En esos centros logísticos más retrasados, además de áreas de apoyo al personal con las capacidades citadas, se dispone de áreas para el material donde se realicen grandes revisiones, ajustes y reparaciones de envergadura, más allá del mantenimiento preventivo o el BDR<sup>9</sup> que se realizan en la ZC.

---

9 *Battle Damage Repair*, reparaciones de campo de batalla, provisionales o de circunstancias hasta llegar a un centro de mantenimiento de cierto nivel que pueda realizar una reparación definitiva.

En estos centros tienen cabida un operador logístico o empresas externalizadas, para asumir cometidos de apoyo al personal, o revisiones del material de nivel industrial.

Teniendo en cuenta las tendencias de las operaciones actuales, en que se asignan misiones concretas a las unidades militares, de una duración determinada y aprovisionándolas de una dotación acorde a la dimensión de la misión, se observa que la logística que se va a realizar en un futuro próximo será “a la medida”, para proporcionar una autonomía concreta. Las unidades operativas se encuentran en estacionamientos situados en zonas seguras, adiestrándose para el momento en que las secciones de inteligencia y operaciones determinen la realización de una misión, más o menos quirúrgica, equipándolas y dotándolas logísticamente “ad hoc”.

Para la duración limitada de la misión uno de los principales problemas que tienen las unidades es el de la recarga de energía de sus dispositivos electrónicos. El caso más claro se ve en los equipos de operaciones especiales, donde las gafas de visión, las miras o prismáticos, los telémetros y medidores laser, las linternas y los equipos de comunicaciones tienen su propio sistema de almacenamiento de energía, por lo que los componentes deben soportar la “carga logística” de todos los tipos de batería de estos sistemas que sea necesario llevar hasta disponer de autonomía suficiente. La solución pasa por la normalización de las baterías, de manera que cualquiera de ellas sirva a cualquier equipo, o bien disponer de un sistema universal que cargue todos los dispositivos, por tanto multi-tensión. Las mantas solares dan una respuesta de bajo coste a este problema, pues admite muchos dispositivos estándar del mercado (ordenador portátil, teléfono móvil, tableta), resolviendo la mayoría de las situaciones.

Para este tipo de misiones concretas el concepto “modularidad” tiene plena aplicación. La misión condiciona la dimensión del contingente y el número de días. A partir de esos datos se pueden estandarizar en “módulos” de personal y “cargas tipo” de material las necesidades que esa unidad va a tener para cumplir su misión.

Otro de los problemas es la del exceso de carga que supone a los combatientes llevar munición, comida y agua, además del propio equipo. La carga logística que proporciona autonomía es incompatible con la resistencia de los combatientes a pie. Para ello, o bien se preposicionan las necesidades en zonas ocultas de las proximidades o bien se fraccionan a lo largo del itinerario. El papel de las TIC consiste en la memorización y guiado a los puntos elegidos cuando sea necesario realizar reposición.

Los envíos intrateatro, por la zona de comunicaciones o a la zona de combate, pueden sufrir daños por condiciones inadecuadas de transporte o incluso por maltrato. En cualquier caso es procedente conocer las condiciones en que se está realizando un traslado de material, sea por el modo de transporte que sea. El control de estos envíos es especialmente necesario cuando se trata de equipos o recursos operativos, normalmente muy costosos, y también para realizar reclamaciones en el caso de subcontrataciones, cosa frecuente en la zona de comunicaciones de un AO. Para disponer de un control absoluto de la posición y estado de los recursos, se dispone en el mercado de sistemas de



reducidas dimensiones (cabén en una mano), que proporcionan toda la información que se puede necesitar mediante la instalación de un dispositivo dotado con diferentes autómatas que almacenan y emiten todo tipo de registros a través de los repetidores de telefonía móvil. Además de los datos de posición y traza (necesarios para determinar dónde se encuentra cada envío en cada momento y las modificaciones o detenciones programadas, o no, que ha sufrido), el dispositivo puede enviar temperatura de la carga (muy necesario en el caso de alimentos perecederos, mercancías peligrosas, o medicamentos, sobre todo munición y hemoderivados), humedad y presión atmosférica (cuando las condiciones de la carga requieren estabilidad de estos parámetros), golpes (mediante acelerómetros que miden el grado de los impactos en las tres dimensiones), nivel de iluminación (cuando la carga es foto-sensible).

Cuando se trata de los campamentos militares, el principal aporte que realizan las nuevas tecnologías está relacionado con el aprovechamiento de la energía que brinda la naturaleza para minimizar el consumo de combustibles fósiles que tantos riesgos ocasionan para su abastecimiento y tanto encarecen las operaciones. Se trata de disponer de varios sistemas (cada uno de ellos no da autonomía absoluta), que proporcionen energía de diferente procedencia, en que la regulación del consumo viene originada por un sistema de “red inteligente”, que automáticamente regula la procedencia de la energía en función de la fuente y de la reserva almacenada en cada momento, gracias al software de gestión energética de que dispone. Además estas redes pueden llegar a auto-repararse o a tele-diagnosticarse gracias a comunicaciones máquina a máquina y a los sensores inalámbricos que llevan distribuidos. El logro completo del ahorro se consigue añadiendo equipos de consumo individuales que sean energéticamente eficientes en iluminación, climatización o regulación del uso del agua y también mediante el aislamiento de los habitáculos con revestimientos adecuados. Como es lógico, todos estos sistemas añaden peso y volumen al despliegue, lo que supone un aumento de la carga logística que resta movilidad al centro. Además, su carestía hace ineficiente su instalación para un tiempo breve de estacionamiento que, si es menor de seis meses, hace impensable su instalación.

Los sistemas de almacenamiento en momentos de disponibilidad de energía excedentaria por exceso de producción de bajo coste o baja demanda, son las nuevas baterías de ion-litio, que tienen larga duración (unos diez años), y capacidad de almacenamiento de decenas de kw/h, suficiente para todas las necesidades diarias de un grupo de viviendas, que en el caso de un campamento militar podría ser puesto de mando, zona de vida, centro de transmisiones, etc.

Una de las primeras acciones que llevan a cabo los “logístas” cuando reconocen un área de operaciones, dentro del proceso “inteligencia logística”, y tras envío de los estudios e informes posteriores a TN, debe servir para decidir llevar, o no, recursos propios de uso estandarizado en el mundo comercial, como son el agua y el combustible, recurriendo antes de ello a soluciones de apoyo como la explotación local o nación líder, pues estas soluciones pueden abaratar el sostenimiento de la operación y simplificar la ejecución logística, reduciendo además el riesgo y el tamaño del contingente. Llevar

dispositivos de análisis para determinar la pureza del combustible o del agua, y, en el caso del agua, sistemas de potabilización para disponer de estas clases de abastecimiento sin ocasionar movimientos al AO es muy rentable. Los laboratorios portátiles y las TIC simplifican el proceso de análisis de calidad de líquidos y la redacción de informes de garantía, evitando las repercusiones que puede tener en la salud del personal o la operatividad del material si hubiera un incidente por falta de calidad, además de las consecuencias económicas y legales.

En el caso del agua y otros líquidos o gases inflamables que se encuentran en zonas remotas y deben controlarse, la comunicación inalámbrica mediante una batería que emite, durante varios años, datos como flujo, temperatura, presión o nivel de luz, además de la posición GPS, es muy apropiada, ya que ahorra personal y mejora los datos de control.

En los últimos años se observa la tendencia, que se suma a la necesidad de controlar la cantidad y la calidad de los abastecimientos empleados, de que los despliegues se dejen limpios (vacíos y no contaminados), añadiendo consideraciones medioambientales, lo que supone “limpiar detrás de nosotros”, en la medida que sea posible. Para ello las TIC se emplearán para realizar análisis del suelo, de la toxicidad del ambiente, del nivel de contaminación del suelo por metales, del agua, y del aire, y dejar las áreas señalizadas y despejadas tras el repliegue a una nueva ubicación o definitiva de un contingente.

Una vez desplegado un complejo u órgano logístico la difusión y actualización de las órdenes se puede hacer por “bluetooth” gracias a dispositivos como los “beacons”, del tamaño de una moneda, capaces de transmitir a todo dispositivo con el programa informático adecuado (teléfono móvil, tableta, o PC), dentro de su alcance (decenas de metros), cualquier información y sus actualizaciones.

## Territorio Nacional (TN)

*“Think Global, Act Local”.*  
*Patrick Geddes (1915).*

La logística en TN tiende a ser proactiva. Se anticipa a los procesos, ya que va disponiendo de datos que le permiten iniciar tareas. Con ello se busca la eficiencia mediante la reducción de procesos innecesarios que no aporten valor o sean repetidos. Al final se pretende “adelgazar” la cadena de suministro para que no tenga nada que le sobre, ni stock, ni almacenes, ni equipamiento, ni procesos, y sea lo más económica posible.



En TN, el material de todas las clases de abastecimiento se recepciona de acuerdo a unas actas y se inventaría<sup>10</sup> en una base de datos única donde constan cada material con sus componentes, herramientas, repuestos, etc. denominado “maestro de artículos”<sup>11</sup> del sistema de gestión logística, donde, a partir de entonces, desde la unidad que lo tiene en dotación, se realizará un seguimiento logístico detallado, que incluye las revisiones periódicas y reparaciones, las modificaciones y cambios de componentes, los disparos realizados, y demás vicisitudes que quedan anotadas en el sistema.

Veamos ahora la secuencia que tiene cualquier recurso que se incorpora a la cadena de suministros del ejército, procediendo normalmente de una entidad civil.

Cuando el proveedor envía el recurso al órgano logístico que constituye el punto de entrada en inventario del ejército, antes de realizar la salida de su fábrica o almacén, lanza un mensaje en formato electrónico (EDI) anticipando la salida y el contenido del envío. Y mientras se encuentra en tránsito, envía otro mensaje de alerta para indicar al almacén el tiempo estimado de llegada (ETA). Entretanto el proveedor o el operador logístico están conociendo en todo momento las diferentes posiciones del transporte por medio del sistema de seguimiento del mismo, en forma de traza sobre el mapa de una pantalla.

A la llegada al recinto (base logística, almacén general, órgano logístico, etc), que es destino final del transporte, se le espera a la hora indicada previamente por él y se conocen el número del envío, la matrícula del vehículo y el nombre del conductor. Esto hace innecesaria la identificación y ahorra tiempos de espera. El puesto de control que hay a la entrada del recinto indica al camión la puerta del almacén donde debe realizar la descarga (la menos congestionada en ese momento), ya que el sistema de gestión de almacén (SGA) hace un reparto homogéneo de la carga de trabajo de todos los turnos activados en el almacén en ese instante.

El SGA dispone de una serie de “avisadores”, que permiten, de una parte, conocer de un vistazo el estado general del almacén, y de otra, alertar cuando alguno de estos “indicadores”, alcanza un nivel que puede desencadenar una alarma de cualquier tipo. Normalmente los indicadores se muestran en forma de semáforo o reloj de agujas en el área de dirección del mismo (verde, normal; naranja, alerta; rojo, problema).

A la entrada al almacén se realizan los procesos de descarga, alta en el sistema de almacenamiento y ubicación en las estanterías del mismo según el método ABC<sup>12</sup> que realiza el SGA. Normalmente la carga llega paletizada y se traslada desde el camión

---

<sup>10</sup> No se inventarían los alimentos y medicamentos perecederos, por su próximo consumo.

<sup>11</sup> Repositorio que contiene el listado de todos los materiales, ya sean consumibles, subconjuntos, conjuntos o equipos finales, que se utilizan en una organización.

<sup>12</sup> Método ABC o regla de Pareto, que clasifica los artículos por su demanda (en otros casos por su valor) para almacenar los más demandados en las estanterías más cercanas y minimizar recorridos.

al muelle de entrada, donde cada bulto pasa por una cinta transportadora donde, automática o manualmente, se leerá la etiqueta identificativa por lectores infrarrojos, cámaras de video o lectores de identificación por radio frecuencia (RFID), en función de la etiqueta que lleve el recurso. El sistema comprueba y acepta la mercancía (a efecto de desperfectos, taras, devoluciones, reclamaciones, etc.), confirmando el alta respecto al listado que había recibido con anticipación y hace que desde entonces figure en el inventario del almacén. A partir de ese momento el sistema dirigirá las operaciones de esa mercancía y se puede emitir el conforme y el recibo electrónico, para las cuentas de efectos y pagos a proveedores.

En función de las dimensiones, peso, caducidad, condiciones especiales de almacenamiento y nivel de demanda (método ABC), el SGA determina el hueco de ubicación (no todos los huecos del almacén son iguales), en el que hay que depositar la mercancía, asignando a un carretillero (a la tableta o PDA rugerizada que lleva en la carretilla), las coordenadas del hueco de almacén. El carretillero, tras realizarlo, confirma con la pistola lectora que lleva en su equipo que se ha realizado el proceso correctamente.

La mayoría de abastecimientos llegan sobre el sistema de carga, descarga y manejo más extendido en el mercado: el pallet. Para su ubicación se dispone de estanterías de paletización, de dimensiones y resistencias adecuadas. También puede llegar la mercancía en cajas de muchas medidas y pesos, colocándose en estanterías convencionales; en perchas, almacenando en cadenas; en pequeñas bolsas, almacenando para ello en cajones. Para cada embalaje hay un sistema de almacenamiento adecuado. Si la mercancía es valiosa y pequeña se usará un sistema rotativo de almacenamiento vertical u horizontal.

En todos los casos es imprescindible que el almacén disponga de un SGA enlazado con el sistema de gestión logística y que permita dar de alta o baja cualquier producto y conozca la posición en que se encuentra cualquier recurso.

El SGA debe además permitir contar las voces en cualquier momento o pasar revista periódica. Uno de los sistemas más modernos para realizarlo es mediante RPAS ligeros que tienen un recorrido programado por el almacén. Conforme va sobrevolando las estanterías de los pasillos va leyendo las etiquetas, con la cantidad de cada recurso, ya sea mediante dispositivos ópticos, electrónicos o ambos. Ello permite comprobar el inventario en muy poco tiempo y sin errores.

A la hora de atender a las peticiones de las unidades apoyadas (o de las AO), se debe realizar una preparación de pedidos también mediante el uso del SGA que tras recibirlo por el sistema informático asigna la tarea de la preparación de cada unidad a uno o varios carretilleros o personal a pie (según la cantidad, peso y volumen del pedido). Como en el caso de la recepción, el SGA emite órdenes por vía radio a las PDA o tabletas rugerizadas del personal donde se indica la ubicación de cada voz, el recorrido óptimo para llegar a ella y el muelle de salida donde debe depositar el

recurso. En función de que se trate de material pesado (por ejemplo un motor), o pequeños bultos, la asignación de cada tarea se hará al carretillero o a personal a pie.

Al sacar el recurso de la estantería el SGA lo da de baja y genera automáticamente una petición al proveedor para su reposición cuando llega al punto de pedido. En algunos casos (sobre todo ocurre en empresas civiles de automoción), la preparación del pedido se hace sin intervención humana por medio de sistemas guiados que circulan solos por el almacén llevando la preparación a los muelles de salida sin fallos ni choques<sup>13</sup>. En estos casos la intervención humana solo es necesaria al comienzo, para dar criterios al programa, y al final, para realizar la carga de los vehículos que harán el transporte o la distribución comprobando el estado de los recursos y la calidad del envío.

En los últimos años se han incorporado sistemas de preparación de pedidos que resultan muy efectivos y dejan al operario ambas manos libres para trabajar. Estos son el “*pick to voice*” y el “*pick to light*” donde el sistema guía (por la voz mediante unos auriculares con micrófono, o bien mediante unas luces en las estanterías), al “*picker*” - operario, para que vaya cogiendo y comprobando cada recurso hasta completar el pedido. Recientemente se ha incorporado la realidad aumentada, consistente en unas gafas especiales donde el operario ve superpuesto el guiado de operaciones que debe realizar. Desde la circulación por los pasillos, a la selección de cada recurso, ya que el sistema le ordena detenerse en el estante apropiado y tan solo debe cogerlo y confirmarlo por la voz. Todos estos sistemas son muy eficaces, ahorran personal y reducen los errores, aumentando la productividad.

Los equipos o componentes más pesados se presentan en el muelle de salida por medio de carretilla elevadora (por ejemplo un motor), pues el sistema SGA habrá asignado por radio-frecuencia a un carretillero (a la pantalla de la tableta o PDA que lleva), o a las gafas de realidad aumentada que lleve dicho carretillero, la ubicación del recurso, la confirmación de captura del mismo y dónde debe colocarlo. Las pequeñas cantidades se cogen a mano del mismo modo.

Cuando se comentó el futuro inminente de la logística en operaciones se decía que toda la cadena de suministro estaba interconectada proporcionando visibilidad de la traza, que en el caso de TN permite una valiosa anticipación, ya que en todo momento se conocer el “saldo” de las unidades logísticas, por lo que las preparaciones de pedido y las órdenes de fabricación se pueden comenzar a impartir.

Se han establecido acuerdos importantes con proveedores de recursos militares por los que ambas partes resultan beneficiadas haciéndose socios, como por ejemplo en el uso de almacenes ubicados en recintos militares por los proveedores, o bien la

---

<sup>13</sup> La tendencia es que los procesos que no aportan valor (como la preparación de pedidos o el transporte), se realicen por máquinas, sin intervención humana.

distribución de recursos desde los almacenes del proveedor a cambio de realizar la distribución con un determinado nivel de servicio.

También se hacen acuerdos de investigación y desarrollo de nuevos productos enlazando a los usuarios militares que ponen a prueba, a los proveedores que fabrican y a los centros tecnológicos y de investigación que conciben y diseñan. En el caso de la logística es usual la realización de estos acuerdos, ya que se pueden considerar tecnología dual.

La carga de datos se realiza en el Centro de Gestión del Apoyo Logístico (CEGAL), que trabaja como una “torre de control” acumulando datos para disponer de un “mega-histórico” que centraliza lo que ha sucedido en todas las situaciones y con todos los equipos, estén donde estén, por disponer de muchos millones de buenos datos (de lo contrario las conclusiones son erróneas).

La acumulación de esta información en primer lugar se ordena (los datos que no aportan valor, hacen “ruido”), considerando todas las circunstancias y determinando los indicadores que verdaderamente sirven, para después analizarlos. Tras el análisis la información se convierte en conocimiento gracias a programas de “business intelligence” (BI), pudiendo realizar previsión de la demanda. Gracias a “big data” se pueden establecer patrones de comportamiento, al ser capaz de extrapolar lo que va a suceder en función de lo que ya ha sucedido, junto con los condicionantes que afectan a cada hecho en cada momento.

“Big data” tiene cada vez más usos civiles. Por ejemplo, en una ciudad determina qué rutas de transporte están menos congestionadas para orientar a los conductores, en función del tráfico de ese momento, las retenciones, la climatología, la existencia de obras o concentraciones de personas, etc. gracias al acopio de datos para analizar, que en el periodo de un año puede llegar a crear más de un millón de gigabytes, colaborando en la transparencia, la eficacia y la eficiencia, ya que ayuda a reducir costes en más del 10%.

Toda esta acumulación de datos en el mundo civil puede realizarse gracias al concepto “internet de las cosas”, colocando en un gran número de puntos de las ciudades los sensores adecuados a la señal a medir (ejemplos: la humedad de la tierra de los jardines para activar, o no, el riego; la calidad del agua de boca para dar alertas sanitarias), ya que los dispositivos son activos y emiten periódicamente las magnitudes que miden por medio de las torres de telefonía móvil.

Si bien algunos de estas funcionalidades ya se están empleando en los equipos militares (posición GPS y temperatura de la carga, medición de valores en los puntos vitales de los vehículos mientras están en funcionamiento, etc.), hay posibilidad de empleo en otros muchos usos, como detectores de agresivos químicos en el perímetro de las instalaciones militares, u otros.

Una de las ventajas de “*big data*” es que tiene implicaciones “aguas arriba” de la cadena de suministro, al poder emitir órdenes de compra de materias primas a los fabricantes y la programación de la producción, o fijar el calendario de entregas en destino del producto terminado.

## Conclusiones

Los problemas a resolver para realizar una logística eficaz y eficiente son tres.

- El volumen de tráfico de datos.  
Toda la información que se genera debe viajar por unos sistemas de información que tienen una capacidad limitada y por ellos debe, además, circular otra información procedente de las operaciones en curso que generan todas las unidades embebidas y todo el planeamiento operativo, lo que congestiona el tráfico, debiendo priorizarse tecnologías como 4G o Wimax que pueden ayudar a resolver los problemas de cantidad de datos.
- La interoperabilidad de los sistemas  
Los sistemas comerciales son capaces de aportar solución a buen número de las necesidades de apoyo logístico que tiene un contingente. Sin embargo hay un problema que es muy común en grandes sistemas compuestos de pequeños sistemas de origen diferente. Cada fabricante ha diseñado su producto con un software específico y unas métricas que casi nunca son compatibles con el software del sistema siguiente ni con las métricas utilizadas por el sistema con el que tiene que comunicarse.  
Las soluciones pasan por definir criterios de fabricación que hagan que cada subsistema pueda “hablar” con el subsistema de al lado, y todos ellos comunicarse, sin que medie la intervención humana, con un único gran sistema que proporcione información actualizada y completa, con datos útiles para poder ser analizados y tomar decisiones.  
Para que esto suceda las empresas fabricantes de productos de defensa tienen que conocer estos requerimientos, facilitados por los pliegos de prescripciones técnicas, lo que implica que los Ejércitos hayan definido ciertas características técnicas que en ocasiones no tienen claras puesto que van cambiando conforme evoluciona la tecnología. Deben por ello ser sistemas completamente interoperables y escalables.  
También es necesaria la máxima estandarización logística en aspectos simples, a los que no se da demasiada importancia a la hora del diseño del producto y que hacen posible la interoperabilidad física entre los sistemas de armas, los sistemas de transporte y otros, como son calibres, tornillería, conectores, baterías, cables, boquereles, tomas, filtros, productos funcionales, ruedas, y

otros relacionados con las métricas<sup>14</sup>. La OTAN ha estandarizado buena parte de estos componentes, aunque en determinadas operaciones con amplia presencia multinacional o en países que no son de la Alianza, esta falta de estandarización ocasiona muchos problemas.

El sistema de transporte intermodal ya tiene establecidas unas métricas que pueden facilitar enormemente que los equipos militares viajen en contenedores ISO sobre cualquier modo de transporte que actualmente circulan por el mundo (barco, avión, ferrocarril o carretera), de un modo discreto y a precios asequibles.

Teniendo en cuenta que la vida útil de los equipos militares es de decenas de años y su coste de apoyo al ciclo de vida, es necesario disponer de un planeamiento logístico para el medio-largo plazo y para cada material o familia de materiales.

- La disponibilidad de expertos.

La reducción constante del presupuesto y la falta de continuidad de personal militar destinado en logística son incertidumbres para este llamado “arte sin gloria” que es la logística.

Es necesario para los ejércitos disponer de personal experto en logística con un perfil de carrera propio para dar continuidad, que comienza la carrera en el nivel táctico para finalizarla en el estratégico y con vocación conjunta. No podemos olvidar que las decisiones estratégicas tienen mucha trascendencia en el nivel táctico. El reto consiste en compaginar las necesidades estratégicas (asociadas a la eficiencia), con las operacionales y tácticas (basadas en la efectividad y eficacia), que determina el jefe de la operación.

Se necesitan “logístas” con una formación elevada, que incluya la logística civil. También con conocimientos de ingeniería y análisis de costes, pues la logística militar es muy compleja y comprende todas las funciones logísticas, en las que cada una requiere expertos. El conocimiento y la experiencia son muy necesarios pues el asesoramiento o las decisiones que debe tomar el “logÍsta” comienzan en la fase de diseño y duran toda la vida operativa.

La gestión de costes es necesaria durante toda la vida útil, por ejemplo al considerar el abandono de un determinado proyecto, o la compra en lugar de la modernización. También para el cálculo del nivel de stock que debe tener cada recurso tanto en piezas de repuesto como al considerarlo reserva de guerra.

El “logÍsta” debe disponer del método, el sistema o las herramientas para resolver problemas, en los que el pensamiento crítico es necesario para decidir qué debe hacerse y qué no debe seguirse haciendo, y enfocándose en el adiestramiento de las unidades logísticas y en el servicio a las unidades apoyadas para hacer

---

<sup>14</sup> Por ejemplo el muelle transfer, equipo diseñado en la unidad de ferrocarriles para realizar carga lateral de material rodante pesado en cualquier tramo de la vía. En él las conexiones hidráulicas, los aceites y la tornillería son los mismos que se emplean en los tractores agrícolas, usados en cualquier parte del mundo.

una logística moderna, apta para el campo de batalla y para TN mediante esfuerzos centralizados y sincronizados.

Son mandos militares preparados para detectar cuellos de botella (que causan déficit), puntos ciegos (que hacen tomar decisiones sin tener todos los datos), o brechas informativas (causadas por falta de información o de seguridad en la información y que ocasionan la existencia de sistemas paralelos - offline - como el teléfono móvil o el correo electrónico). Impulsan la adopción de un lenguaje único, una arquitectura única y la disponibilidad de un único listado de prioridades de mando, con una única fuente de información y una única base de datos.





## Capítulo II

# Nuevas tecnologías para el transporte de recursos a zonas de operaciones

*Carlos J. Medina Avila*

*“Victory is the beautiful bright-colored flower.*

*Transport is the stem without which it could never have blossomed.”*

*(Sir Winston S. Churchill, tras el éxito del desembarco de Normandía el 6 de junio de 1944).*

### Introducción

De las palabras del primer ministro británico que encabezan estas páginas se deriva un hecho incuestionable: en una operación militar, bien sea en un conflicto de alta intensidad –la clásica acción de combate- o en una misión de paz o ayuda humanitaria, y en cualquier período histórico, todo problema logístico acaba siendo un problema de transporte. Pero más aún en este siglo XXI en el que, en función del contexto estratégico y geopolítico actual, y de los compromisos internacionales derivados de la política exterior española, la práctica totalidad de las operaciones se efectúan fuera de territorio nacional, proyectando en corto espacio de tiempo las capacidades militares requeridas a lejanos escenarios donde son necesarias.

### Panorámica actual del transporte estratégico

De estas capacidades de proyección y sostenimiento dependen en gran medida la credibilidad de la acción política, tanto nacional como de las organizaciones de defensa y seguridad colectivas, por lo que asegurar el adecuado flujo entre las fuentes de recursos -las bases logísticas nacionales- y las unidades empeñadas en la misión -las estructuras logísticas proyectadas- constituye una cuestión primordial y uno de los retos logísticos fundamentales.

Así se puso ya de manifiesto en la Cumbre OTAN de noviembre de 2002, que supuso un hito en la historia de la Alianza. En el Compromiso de Capacidades de Praga<sup>1</sup>, se reconocía la responsabilidad colectiva en el área de Movimiento y Transporte (M&T), desde el planeamiento inicial hasta las últimas fases del repliegue –incluyendo el transporte estratégico, la RSOM (recepción, transición y movimiento a vanguardia) y el sostenimiento–, como una de las cuatro áreas clave de Capacidad Operacional de la Alianza y de sus países miembros. Cuestión que se implementaría posteriormente en la Declaración de la Cumbre de Chicago de 2012<sup>2</sup>, y en la de Nieuport en 2014. La adopción y el desarrollo de conceptos como CJTF –Fuerzas Operativas Conjuntas Combinadas, que ya había sido puesto de manifiesto en la Cumbre de Bruselas de 1994–, o NRF –Fuerza de Respuesta OTAN, que le complementaba–, resaltando el carácter expedicionario de la Alianza; el compromiso de mayor implicación de sus estados miembros en misiones no-Artículo 5 y el Nuevo Concepto Estratégico de la Alianza, adoptado en la Cumbre de Bruselas de 2010, con la ampliación de la zona euroatlántica y el desarrollo de capacidades en coherencia con la Unión Europea; o la creación en el seno de esta última de 18 Battlegroups como proyecto enmarcado en su PESC/PCSD<sup>3</sup>, requerían abordar de forma efectiva despliegues de fuerzas a grandes distancias y con premura de tiempo, incrementando la demanda de medios de transporte estratégico, cuya carencia era más que evidente. Para suplir estas insuficiencias surgirían iniciativas<sup>4</sup>, tanto a corto como a medio plazo, tales como SALIS<sup>5</sup> -Strategic Airlift Interin

---

1 Documento *NATO Principles and Policies for Logistics (MC 319/2)*, que establece los principios de responsabilidad colectiva. Entre las 400 áreas específicas que dan cobertura a los ocho campos esenciales de las operaciones actuales, se encuentran las definidas como transporte estratégico aéreo y marítimo, el apoyo al despliegue en el combate, y el despliegue y la movilidad de fuerzas.

2 *NATO: Towards 2020 and Beyond. Improving air and sea-lift capabilities*. [en línea] [http://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/pdf\\_publications/20120905\\_SummitGuideChicago2012-eng.pdf](http://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_publications/20120905_SummitGuideChicago2012-eng.pdf); [http://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_50107.htm](http://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_50107.htm). [Consulta: julio 2015].

3 BERMEJO, Romualdo (2008). *Los Battlegroups de la Unión Europea: ¿Un medio creíble y eficaz de su política exterior?*. Athena Intelligence Journal, Vol. 3 nº 2, pp. 71-86.

4 GÓMEZ DE AGREDA, Angel (2009). “Transporte estratégico de la OTAN: opciones de futuro”, en *Boletín de Información del CESEDEN nº 312*. Madrid; SANTÉ ABAL, José María (2014). “Movimiento y transporte. Tendencias, modelos, evolución. España, y el movimiento y transporte militar”, en *Documento de Opinión 49/2014*. Instituto de Estudios Estratégicos, CESEDEN. Madrid.

5 El Memorándum de Entendimiento (MoU) de creación de la SALIS fue remitido el 4 de julio de 2004 a los países miembros por el presidente del Grupo de Trabajo para el Compromiso de Capacidades, y tiene su origen en las conclusiones de las cumbres de Praga y Helsinki. Básicamente, establece el marco para el uso de grandes aviones de transporte tipo Antonov-124 de dos compañías civiles ajenas a la Alianza, la rusa Volga-Dnepr y la ucraniana ADB Antonov Bureau Airlines [en línea]. ([http://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_50107.htm](http://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_50107.htm)). [Consulta: julio 2015]. España no participa directamente en la iniciativa SALIS, aunque hace uso de las horas de vuelo generadas a través de intercambios dentro del Programa ATARES (*Air Transport Air-to-Air Refueling and their Exchanges of Services*) en el que algunos países ofrecen parte de su cuota de horas.

Solution-, SAC<sup>6</sup> -Strategic Airlift Capability-, EATF<sup>7</sup> -European Air Transport Fleet- y el MCCE<sup>8</sup> -Movement Coordination Centre, Europe-, el EATC<sup>9</sup> -European Air Transport Command-, o programas como el Airbus A-400M<sup>10</sup>, la respuesta europea a los modernos desafíos del transporte estratégico y fruto de la creación en noviembre de 1996 de la Organización Conjunta para la Cooperación de Armamentos (OCCAR).

Si los medios aéreos son insuficientes, la panorámica en los medios militares de transporte logístico por vía marítima, que actualmente se encuentran en un visible retroceso, no es mejor. Tal como se ha venido constatando en los últimos conflictos bélicos, es prácticamente imprescindible el uso de medios civiles para complementar las capacidades orgánicas de las fuerzas navales, máxime si han de ser movilizados con corto tiempo de preaviso<sup>11</sup>.

---

6 En septiembre de 2008, tras la firma del MoU y la notificación al Consejo del Atlántico Norte, se establecería NAMA -*NATO Airlift Management Agency*-, con el objetivo de adquirir y explotar aviones Boeing C-17 Globemaster III. Nominalmente propiedad de la Alianza, el C-17 posee capacidades superiores y satisface varias necesidades que no cubre el A-400M [en línea]. ([http://www.nato.int/cps/en/natolive/topics\\_50105.htm](http://www.nato.int/cps/en/natolive/topics_50105.htm)). [Consulta: julio 2015].

7 La EATF surge como una propuesta formal de uso conjunto de los medios de transporte aéreo disponibles en Europa, basada en principio fundamentalmente en la interoperabilidad del A-400M, e incluye como estructura de mando al EATC.

8 El MCCE se origina el 1 de julio de 2007 con la fusión del EAC -*European Airlift Centre*- y el SCC -*Sealift Coordination Centre*-, y constituye un centro conjunto de gestión con proyección multimodal, con la finalidad de armonizar las necesidades de transporte de los países miembros con sus capacidades, con la pretensión de solucionar los problemas planteados haciendo uso del Acuerdo ATARES. Si no fuese posible, se acude al Acuerdo ACSA, que permite el uso de medios de Estados Unidos por países OTAN, a las horas de SALIS o de SAC. Más o menos automáticamente, los países introducen en una base de datos común mediante el Sistema Informático EPACS sus disponibilidades en aviones completos o en espacio en los mismos para que puedan ser utilizadas por otros miembros [en línea] (<https://www.mcce-mil.com>) [Consulta: julio 2015].

9 Firmada la Carta de Intenciones acordando su creación en 2006, alcanzó su capacidad operativa final en 2013 [en línea] (<http://eatc-mil.com/>) [Consulta: julio 2015].

10 El A-400M Atlas supone un paso adelante como sustituto del C-130 Hércules, puesto que duplica sus capacidades en tamaño, capacidad de carga, velocidad y autonomía. No obstante, con un volumen de carga de 340 m<sup>3</sup> y una autonomía de 6.390 km. con carga de 20 Tm, está lejos de cumplir los objetivos cuando los escenarios están tan alejados como Afganistán, y su sección no permite embarcar determinado tipo de vehículos y materiales. Tampoco la solución MRTT -*Multi Role Tanker Transport*- ofrecida por Airbus y basada en sus plataformas A-310 y A-330, que combina un avión de carga con un avión cisterna con amplias capacidades, aun siendo adecuado para transporte de personal y reabastecimiento en vuelo, puede sustituir a los modelos de aeronaves de carga por portalón trasero o sección central.

11 Tal como sucedió en la primera Guerra del Golfo y relata el general Pagonis, responsable del operativo logístico. Vid. Pagonis, William G. (1992). *Moving Mountains: Lessons in Leadership and Logistics from the Gulf War*. Harvard Business School Press, passim.

Tan solo las potencias asiáticas, por la necesidad de asegurar los flujos de recursos energéticos vía marítima, han apostado en estas últimas décadas por el incremento de sus capacidades orgánicas en este sentido.

No obstante, las necesidades que se plantean no provienen exclusivamente del factor cuantitativo, sino que afectan principalmente a la capacidad individual de cada una de las plataformas factibles de ser utilizadas para efectuar el transporte. Esta cuestión, válida para cualquier modo de transporte, es crítica en el medio aéreo, lo que implica la necesidad de disponer de medios de gran volumen de carga para determinadas operaciones, como ha sucedido últimamente en Afganistán. El apoyo a la misión ISAF ha puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar el concepto de transporte multimodal en el seno de la OTAN, que ha establecido un Grupo de Transporte Multimodal en la NSPA –*NATO Support Agency*–, que deberá estar plenamente operativo a finales de 2015, combinando la experiencia de las diferentes funciones de transporte<sup>12</sup>.

La actividad logística de transporte tiene notables similitudes en cualquier entorno, tanto civil como militar, y debe afrontar desafíos comunes, como la globalización, la optimización de la cadena de suministros, la logística basada en prestaciones o el empleo de nuevas tecnologías. Si en el ámbito civil se ha experimentado una evolución importante, en el caso de las operaciones militares presenta una mayor complejidad, por las incertidumbres y los riesgos que se derivan de sus circunstancias peculiares, de las características de los escenarios donde se efectúan y de las deficientes infraestructuras existentes en los mismos, que obligan al planeamiento de soluciones específicas. La tendencia a medio plazo en el entorno de las fuerzas armadas de los países occidentales, que apunta a una reducción progresiva de efectivos y recursos, ha hecho necesario replantear algunas funciones relativas al apoyo a las operaciones de proyección de fuerzas, descargando de ciertas responsabilidades a la cadena militar mediante la externalización. En este sentido, la contribución de determinadas empresas civiles, con una implicación cada vez mayor<sup>13</sup>, es fundamental, máxime en este escenario en el que el personal militar es un recurso escaso y caro, especialmente en operaciones fuera del territorio nacional. El grado de especialización de esas empresas, que pueden extrapolar su experiencia al medio militar aportando nuevas soluciones para resolver los retos logísticos que se plantean, hacen que su uso sea rentable en términos económicos

---

12 NSPA *Strategic Direction 2013-2017*, p. 21.

13 En ciertos casos, como sucede con el Mando de Transporte Naval de la *US Navy* (MSC, *Military Sealift Command*) con los medios navales de la clase T-AKE, o la Real Flota Auxiliar del Reino Unido (RFA, *Royal Fleet Auxiliary*), con los de la clase *Point*, son buques civiles, operados por tripulaciones civiles bajo control militar, mediante contratos de larga duración, en los que se incluye su mantenimiento en estado operativo y a disposición de las Fuerzas Armadas. En España, esta implicación se desarrolla a través del Acuerdo Marco de Operador Logístico para las Fuerzas Armadas, firmado con la empresa UTi, que lleva acometiendo el transporte a las distintas zonas de operaciones desde hace una década.

y de eficacia, y sirven además como factor multiplicador de fuerzas al liberar recursos que, de otra forma, estarían empeñados en estas tareas.

## El reto del transporte de recursos a zonas de operaciones<sup>14</sup>

La mayor implicación de las Fuerzas Armadas en misiones en el exterior ha sido el eje fundamental de transformación de unas fuerzas centradas en la defensa territorial en unas fuerzas proyectables y capaces de defender los intereses nacionales alejadas de las fronteras, o de implementar los mandatos de las organizaciones internacionales a las que España está adscrita. Si hay una actividad logística que se ha visto revolucionada por este hecho, ha sido la del movimiento y transporte. En el contexto actual, tal como se ha comentado anteriormente, las capacidades orgánicas de transporte estratégico, tanto navales como aéreas, están muy lejos de las necesidades reales, y el uso para tareas logísticas de los medios multifuncionales disponibles con capacidades para llevarlo a cabo no siempre es el prioritario, al entrar en conflicto con sus aplicaciones tácticas u operacionales. Incluso cuando el papel que desempeñan es logístico, compiten en muchos casos con otras necesidades de transporte intrateatro de carácter no estratégico<sup>15</sup>.

El movimiento estratégico a zonas de operaciones presenta unas características muy definidas: el volumen y la magnitud de los recursos a transportar, los reducidos plazos de tiempo disponibles, las considerables distancias a que se encuentran del territorio nacional, la escasez o falta de infraestructuras, los tratados y convenios internacionales que condicionan ciertas rutas de transporte, los problemas de seguridad, y la amplia gama de normativas civiles y militares –tanto nacionales como internacionales– que le son de aplicación a las operaciones de proyección por las peculiaridades de los recursos que han de transportarse para su utilización. Uno de los mayores problemas consiste en el transporte de los medios a una distancia del territorio nacional que va a condicionar la logística a lo largo de toda la operación. Inicialmente, en la fase de despliegue, tiene una gran influencia en el volumen y composición de la fuerza, su autonomía logística y el procedimiento secuencial para alcanzar su eficacia operativa. Posteriormente, esta

---

<sup>14</sup> Sobre el transporte a zona de operaciones, vid. RUIZ ARÉVALO, Javier (2007). *Llegar. Manual de transportes en operaciones de proyección*. Ittakus, Jaen.

<sup>15</sup> En el caso de España, la botadura en marzo de 2008 del L-61 Juan Carlos I, catalogado inicialmente como Buque de Proyección Estratégica, podría suponer un notable incremento en relación a la capacidad de proyección de fuerzas. No obstante, la Armada española no contempla inicialmente su utilización en labores logísticas, siendo su papel principal el de plataforma anfibia para tropas y aviación embarcada con la misión de proyectar el poder naval sobre tierra, eventualmente para vectores aéreos o como buque de apoyo en operaciones no bélicas [en línea] [http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buques\\_superficie/prefLang\\_es/02\\_lhd-juan-carlos-i](http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buques_superficie/prefLang_es/02_lhd-juan-carlos-i) [Consulta: julio 2015].

distancia va a ser determinante en los plazos y costes de disponibilidad de recursos, condicionando todos los procedimientos logísticos e, incluso, el funcionamiento de la misión en sí. Por otra parte, no ha de olvidarse el factor de multinacionalidad, determinante en el diseño y ejecución de estas operaciones, normalmente en el marco de Naciones Unidas, la Unión Europea o la OTAN que, si bien hace necesaria una mayor coordinación, tiene como aspecto positivo la posible interoperabilidad del transporte, que facilita sin dificultad la integración de apoyos de ejércitos aliados, de las propias organizaciones multinacionales o de las empresas del sector civil. No obstante, ha de señalarse que el movimiento estratégico – planeamiento del despliegue, sostenimiento de fuerzas y aportación de los medios de transporte necesarios para ejecutarlo- es responsabilidad de cada una de las naciones participantes.

Tras el previo planeamiento inicial, el transporte a zonas de operaciones consta generalmente de dos fases bien diferenciadas, una estática o de preparación, y una dinámica o de ejecución. En la primera se procede a la contratación de seguros, se efectúa la manipulación, protección física, embalaje y almacenamiento de la carga. En la segunda se elabora la documentación necesaria, se realiza el estudio de los diversos medios de transporte, y se determina y contrata, en función de las características técnicas, tanto de los medios como de la carga –limitaciones de capacidad, dimensiones, volúmenes y compatibilidades, prestaciones, fiabilidad, seguridad y urgencia del movimiento, economía de medios<sup>16</sup>, etc.-, el tipo de transporte a utilizar en las operaciones, que puede ser terrestre -por carretera o ferrocarril-, marítimo, aéreo, o multimodal, cuyas principales particularidades se resumen en la siguiente tabla<sup>17</sup>.

---

16 Los costes y el servicio prestado son la base fundamental de una buena gestión logística. Los costes logísticos incluyen la gestión de inventarios, procesamiento de pedidos, fletes de transporte, seguros, almacenamiento, cargas y descargas, manejo del material, embalaje y documentación. Se estima que el transporte suele representar habitualmente entre un 30 y un 60% de los costes logísticos totales de una operación. Una adecuada gestión logística y un buen estudio de la cadena de suministros no sólo economiza los costes, sino que también reduce o elimina los denominados costes ocultos, más difíciles de valorar pero no por ello menos importantes, como son los producidos por cambios en el planeamiento inicial, las demoras o las pérdidas por falta de un seguro que cubra los riesgos.

17 Basada en informes ICEX y Cámaras de Comercio, y adaptada a operaciones de proyección.



TRANSPORTE	SEGURIDAD	CAPACIDAD	RAPIDEZ	COSTES	TIPO DE CARGA
<i>CARRETERA</i>	Media	Baja	Media/baja	Bajo	Poco sensible y volumen medio
<i>FERROCARRIL</i>	Media/alta	Alta	Media	Medio	Sensibilidad y volumen medio
<i>MARÍTIMO</i>	Alta	Muy alta	Baja	Bajo	Sensibilidad media y volumen alto
<i>AÉREO</i>	Muy alta	Baja	Muy alta	Alto	Muy sensible y bajo volumen
<i>MULTIMODAL (*)</i>	Media	Media	Media	Medio	Sensibilidad y volumen medio

Tabla 1

(\*) En el transporte multimodal, las características dependerán de los medios utilizados y los tramos de trayectos que se efectúen.

Una cuestión relevante reside en que la proyección de fuerzas se efectúa a través de las mismas rutas y con idénticas infraestructuras y medios que son utilizados por el comercio internacional. De su desarrollo dependen, en gran medida, las facilidades de desplazamiento de un escenario a otro, por lo que será más fácil el transporte hacia regiones en las que existan fuertes relaciones comerciales. Actualmente, el fenómeno de la deslocalización, con el traslado de los centros de producción a países en los que el coste de la mano de obra es sensiblemente menor, ha contribuido al establecimiento de nuevas rutas entre las zonas lejanas de producción y los países consumidores. Este factor de globalización económica, desencadenante en la transformación de un comercio basado en el transporte de productos básicos y materias primas, a otro de mercancías manufacturadas que se distribuyen a través de cadenas logísticas multimodales cada vez más complejas, está teniendo una gran influencia en la mayor eficiencia y economía de los transportes. Con referencia a los modos de transporte, la evolución de los mercados hace patente las preferencias por los medios marítimos, aéreos y por carretera, en detrimento del ferrocarril, en franco retroceso. La primacía del marítimo deriva claramente de las economías de escala, siendo el más rentable para grandes cargas y largas distancias, mientras que la relevancia del aéreo se basa, más que en el volumen, en el valor de la carga, y la flexibilidad del transporte por carretera hace posible su perfecta adaptación al servicio “puerta a puerta”, si bien comienza a presentar síntomas de agotamiento, debido al grado de siniestralidad, sus mayores índices de contaminación y a la saturación de las rutas terrestres. El transporte multimodal -combinando el transporte terrestre en sus tramos iniciales y finales, con

el empleo de modos de transporte marítimo y aéreos-, constituye una alternativa a los inconvenientes que se plantean en este último, y se concibe como una herramienta competitiva que mejora la eficiencia y calidad del transporte al evitar el tratamiento individualizado de cada uno de los medios y considerarlos de forma unitaria como un sistema que garantiza esa entrega en mano.

## Tendencias en el uso de medios de transporte a zonas de operaciones

Una vez analizada la situación actual y la problemática que plantea el transporte de recursos a zona de operaciones, puede ofrecerse una panorámica de futuro centrada en las tendencias en el uso de los diferentes medios. Con toda probabilidad cabe esperar que los mayores problemas se derivarán, fundamentalmente, de las posibles carencias estructurales en las zonas de operaciones, así como del incremento puntual de la demanda de uso que supone la participación simultánea en tiempo y espacio de contingentes de varias naciones participantes. Estas circunstancias llevan aparejadas la posible saturación en las diversas infraestructuras y la insuficiencia de recursos, ya de por sí escasos, como son los medios de transporte estratégico. La capacidad de proyección requerida ha de evaluarse en función de tres parámetros fundamentales, el volumen a transportar, la distancia a la que se han de transportar, y el plazo de tiempo en que se ha de efectuar el transporte, que será habitualmente muy limitado.

De forma similar a lo que está sucediendo actualmente en el ámbito civil, los medios marítimos y aéreos seguirán teniendo una importancia absoluta en la proyección de fuerzas desde territorio nacional hacia las zonas de operaciones y su posterior sostenimiento. El transporte terrestre quedará limitado prácticamente a los movimientos previos al despliegue, y a las operaciones tácticas. Los medios aéreos adquirirán en los primeros momentos una importancia relevante por la premura de plazos de tiempo para el despliegue, en función de sus características de velocidad y fiabilidad, aunque sus limitaciones en lo referente a costes y al volumen de carga derivadas de las capacidades de las actuales aeronaves, lo harán más idóneo para transporte de personal y material sensible o urgente. A pesar de ello irá adquiriendo un mayor protagonismo por su flexibilidad, por el fortalecimiento de las estructuras aliadas de cooperación en transporte enunciadas al principio, y por las previsiones de aumento en el número de aeronaves de capacidades de carga media y a la posible entrada en servicio de nuevos modelos de fuselaje ancho *-wide bodies-*, que admiten pallets y contenedores<sup>18</sup>. No obstante, tendrán aún que resolverse numerosas cuestiones

---

<sup>18</sup> En la actualidad, son escasos los modelos de aeronaves de transporte estratégico y gran capacidad de carga. A los norteamericanos *Lockheed C-5 Galaxy*, los *Boeing C-17 Globemaster III* y los *Boeing 747 LCF Dreamlifter*, los *Antonov An-225 Myra* y *An-124 Russian*, y los *Ilyushin Il-76 Candid* rusos y ucranianos, y los *Airbus A-400 M* y *Beluga* europeos, se suman los proyectos en curso del *Xian Y-20*



técnicas referentes al diseño aeronáutico de las dimensiones de los portones y de las bodegas de carga, las presiones admisibles de los suelos de los aviones para acoger cargas superiores a las actuales, y la capacidad de repostaje en vuelo, con la finalidad de rentabilizar el transporte. Otra limitación fundamental que habrá que solventar, no ligada a las aeronaves en sí, reside en la necesidad de disponer de pistas adecuadas para su aterrizaje y despegue, equipos semi-automatizados de carga y descarga, así como de suficientes ayudas a la aeronavegación fácilmente desplegadas.

De esta forma, un elemento fundamental para futuros despliegues será el estudio y diseño de redes aeroportuarias, estableciendo un despliegue de bases de gran capacidad de carga o *hubs*, alimentados desde otros de menor magnitud y complementados mediante el empleo de servicios RFS -*Road Feeding Systems*-, que permitan la alimentación de los primeros utilizando camiones de gran capacidad.

En un futuro inmediato, indudablemente, el medio más utilizado para el movimiento de recursos será el transporte marítimo. De hecho, actualmente más del 90 % de los que llegan a zona de operaciones lo hacen por vía marítima. La construcción de plataformas de mayores dimensiones con modernas tecnologías incrementará su uso, por sus significativas ventajas de flexibilidad, menor coste económico y mayor capacidad para embarcar material rodante en buques tipo RO-RO -*Roll On-Roll Off*-, y materiales en contenedores<sup>19</sup>. Es previsible que las instalaciones portuarias tipo *hub* -tanto SPOE (*Sea Port of Embarkation*), como SPOD (*Sea Port of Debarkation*)- continúen adaptándose a esta realidad, rediseñando sus canales de entrada con calados más profundos, muelles de mayor longitud, automatización de grúas y maquinaria para

---

de la República Popular China, o el *Antonov An-70* ucraniano y el *Kawasaki XC-2* japonés, todos en fase de prototipos o de certificación. Prácticamente, a excepción de los pertenecientes a la USAF estadounidense y a las Fuerzas Armadas de la Federación Rusa, la mayor parte de estos aparatos hoy operativos pertenecen a empresas civiles.

19 El tamaño de los buques portacontenedores estuvo limitado hasta 1988 por las dimensiones máximas admitidas en el canal de Panamá, la clase *Panamax*, con una eslora no superior a 284 m, calado de hasta 12 metros y manga máxima de 32,23 m, con capacidad de carga de hasta 5.000 TEUs. A finales de los 80 surgieron los portacontenedores clase *Post Panamax* de 305 metros de eslora, calado de hasta 13 metros y con capacidad de hasta 8.000 TEUs (clase *post Panamax Plus*). En la década de 2010 apareció la clase *Suezmax* o *New Panamax* con 397 metros de eslora, calado de 15,5 metros y capacidad de entre 11.000 y 14.500 TEUs. Dado que el consumo de fuel no se incrementa proporcionalmente al número de contenedores que transporta -economía de escala-, la tendencia indica que, en un plazo no excesivamente largo, aumentarán su tamaño y capacidades. [en línea] DORTA-GONZÁLEZ, Pablo (2014). *Transporte y Logística Internacional*. Univ. de las Palmas, [http://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/11886/6/Transporte\\_logistica\\_internacional.pdf](http://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/11886/6/Transporte_logistica_internacional.pdf). Actualmente está en fase de construcción una nueva generación, Triple E o *Malacamax*, de 470 metros de eslora, un calado de más de 18 metros y con capacidad para más de 18.000 TEUs, cuyo primer modelo, el *Mærsk Mc-Kinney Møller*, primero de los veinte buques de este tipo encargados por la naviera Mærsk, entró en servicio en julio de 2013. Con capacidad de carga de 18.270 TEUs y una eslora de 398 m., encabeza la lista de los mayores contenedores existentes.

mover los contenedores con celeridad, e informatizando las estibas aplicando mejores coeficientes –volumen/peso- con vistas a un mejor aprovechamiento de espacios.

Precisamente la “contenerización” es uno de los factores esenciales de este medio de transporte en las operaciones de proyección de fuerzas. La innovación que supuso su aparición en 1956 y su consagración en la guerra de Vietnam para el transporte de material bélico, resolviendo la seguridad en la cadena de suministro de armamento, tardará varias décadas en ser superada. Su empleo ha significado un cambio sustancial en la concepción general del transporte a zona de operaciones. Cada contenedor estará equipado con una serie de dispositivos que permitan una fácil manipulación y transferencia entre modos, a las que se añadirán otras ventajas, como la protección contra agentes externos, la garantía de inviolabilidad de la carga o la identificación de su propietario mediante una numeración específica, independientemente del contenido que lleve en su interior. Su uso agilizará el movimiento de recursos prioritarios y en tránsito, minimizando los tiempos de espera y consolidación de cargas, economizando el transporte y presentando una trazabilidad absoluta, tanto del contenedor como de su carga interna. Por otra parte, una vez en destino puede aplicarse para efectuar logística inversa, evitando que retorne de vacío y disminuyendo las peticiones de nuevos contenedores para el transporte de materiales a retaguardia.

El transporte de materiales en el interior de estas unidades de acero corten normalizadas<sup>20</sup>, hace innecesarias las posteriores redistribuciones de su carga cuando cambia su medio de transporte, con lo cual se obtiene una ejecución ininterrumpida del movimiento, con la subsiguiente reducción de los costes asociados. Su generalización ha favorecido una auténtica integración de los diferentes medios, articulando una cadena compleja de transporte para ajustarse a horarios y frecuencias preestablecidos y exactos -“*just in time*”-, flexibilizando los diversos servicios para adaptarse a las necesidades cambiantes, y adoptando el concepto “*door-to-door shipping*”.

Esta multimodalidad permite paliar las limitaciones en plazos de tiempo y flexibilidad del transporte marítimo, al combinarlo con el terrestre y el aéreo para los recursos que se necesitan con más urgencia. Su eficacia se ha puesto de manifiesto en el repliegue de la misión ISAF, llevado a cabo a finales de 2014, en el cual, tres de las cuatro rutas<sup>21</sup> utilizadas por las Fuerzas Armadas españolas han sido multimodales, lo

---

20 Contenedores de 20 pies y peso máximo de 18 toneladas, o TEU (*twenty-feet equivalent unit*), y de 40 pies o FEU (*forty-feet equivalent unit*), equivalente a 2 TEUs. Se emplean como equivalencia de medidas de carga.

21 El operador logístico para canalizar la fase final de esta operación fue UTi Iberia, y las cuatro rutas elegidas fueron las siguientes:

- Ruta 1. Vuelo directo desde Herat a la base aérea de Torrejón, empleada para los materiales sensibles y de mayor importancia y coste económico, utilizando aviones Ilyushin Il-76 y Antonov An-124.
- Ruta 2. Multimodal a través de Azerbaiyán y Georgia, con una duración estimada de siete

que ha supuesto un importante ahorro económico sin que por ello se viese afectada la operación, una de las más complejas llevada a cabo en su historia contemporánea. La misma solución ha sido adoptada por la gran mayoría de las naciones participantes en la misión<sup>22</sup>, y será, sin duda, el método de transporte más empleado en los despliegues de los próximos años.

El transporte por ferrocarril en operaciones de proyección, aunque se ha venido considerando como complementario, podría constituir una alternativa si existiese una red ferroviaria que hiciese posible su uso en grandes distancias, en caso de que las líneas marítimas no sean adecuadas, o en sustitución del transporte por carretera si las vías de comunicación se encontrasen al límite de sus capacidades debido al movimiento de contingentes de varias naciones y grandes volúmenes de medios y recursos, o si las condiciones meteorológicas repercuten sensiblemente en la seguridad del movimiento. No obstante, presenta numerosos inconvenientes que se derivan de la rigidez de los posibles itinerarios y la elevada vulnerabilidad de las líneas e instalaciones a una acción enemiga. Además, las limitaciones de anchos de vía y altura de pasos, pueden condicionar la circulación en ciertos tramos de los itinerarios.

A pesar de estos condicionantes, es previsible que las conexiones vía férrea entre puertos y aeropuertos pudieran ser reforzadas a fin de garantizar el correcto flujo de suministros, tratando de reducir costes, sobre todo en el tráfico asociado al transporte multimodal.

---

semanas, para material crítico que requería un nivel superior de seguridad, en su mayor parte vehículos blindados transportados en contenedores. Por vía aérea, entre Herat y el aeropuerto de Bakú (Azerbaián), transporte por carretera –unos 1.000 km.- hasta el puerto de Poti (Georgia) y vía marítima hasta el puerto de Castellón.

- Ruta 3. Multimodal por Emiratos Árabes Unidos (EAU), con una duración estimada de ocho semanas, para el repliegue de vehículos en general, sobre todo pensado en aquellos de gran volumen que no podían ser transportados en contenedores. Por vía aérea entre Herat y el Aeropuerto de Al Maktoum (EAU), por carretera hasta el puerto de Jebel Ali (EAU) y vía marítima con rumbo al puerto de Valencia
- Ruta 4. Multimodal por Pakistán, con una duración similar a la anterior, de mayor peligrosidad, para el transporte en contenedores del material menos sensible y de menor valor. Recorrido vía terrestre, cruzando la frontera de Pakistán hasta el puerto de Karachi, y vía marítima atravesando el Canal de Suez hacia el puerto de Sagunto.

22 Véase, como ejemplo, SMAL, Tomasz y JANASZ, Dariusz (2013). “*Modelling of Polish Military Contingent Redeployment from ISAF Operation in Afghanistan*”, en *Logistics and Transport* Vol. 20 nº 4. The International University of Logistics and Transport, Wrocław (Polonia) [en línea] <http://www.logistics-and-transport.eu/index.php/main/article/view/308> [Consulta: julio 2015].

## Contribución de las nuevas tecnologías a la actividad logística del transporte

Tal como puede deducirse de los párrafos anteriores, no parece que la aplicación de nuevas tecnologías a las diversas plataformas de transporte en el escenario futuro de la próxima década vaya a producir cambios sustanciales. Sin embargo, las tendencias en la aplicación de desarrollos tecnológicos en otras áreas logísticas, pueden tener un impacto positivo y contribuir a la optimización de la actividad del transporte, en beneficio de la eficacia del apoyo en operaciones. Ha de señalarse que, en un panorama tan complejo como el actual, en el cual los progresos en estos campos se suceden con una rapidez tan abrumadora, establecer una proyección exacta a futuro es siempre una incógnita, y el estudio de los diferentes escenarios se ha de basar en la observación de factores que puedan considerarse claves<sup>23</sup>.

De esta forma, con independencia de la posible evolución de los medios físicos de transporte, han de considerarse prioritariamente los sistemas de control y trazabilidad de los recursos, y la precisión en su identificación a lo largo de la cadena de transporte, elementos que redundarán en una mayor eficiencia en la logística de suministros. Las capacidades en las que se centrarán estas nuevas soluciones serán, básicamente, el control de movimientos, proporcionando una adecuada visibilidad de todos los recursos en tránsito entre territorio nacional y zona de operaciones, así como el control e inventariado de los materiales asignados a las distintas operaciones y de los almacenados como reservas.

Esto último llevará aparejado el establecimiento de naves con condiciones adecuadas de seguridad para el almacenamiento de armamento y munición, materiales sensibles y cripto, el empleo de sistemas adecuados de preparación y manipulación de cargas más robotizados, unos sistemas informatizados para el control del acceso, asignación de inventarios y procesamiento de pedidos en tiempo real, y de sistemas de telecomunicaciones con posibilidad de proporcionar enlaces absolutamente fiables entre los diversos elementos implicados en las operaciones de transporte de recursos a zonas de operaciones.

### *Sistemas de control y trazabilidad del transporte*

Una de los primeros ámbitos donde pueden experimentarse mayores avances es el relativo a la gestión de rutas y el flujo de recursos, para cuyo control logístico se han

---

23 VV.AA. (2012). *Delivering tomorrow. Logistics 2050. A Scenario Study*. Deutsche Post AG, Headquarters, Bonn.

de establecer procedimientos de dirección, control y coordinación, a fin de alcanzar una mayor eficiencia, mediante el desarrollo de sistemas de información fiables, y el aprovechamiento de las infraestructuras logísticas.

En este sentido, en los procesos logísticos actuales, la tendencia que genera más valor es la relativa al perfeccionamiento de los sistemas de seguimiento de los envíos. Con este objeto, es preciso obtener una óptima visibilidad de los medios de transporte y de los recursos en movimiento, proporcionando información en tiempo real sobre la localización, estado e identificación adecuada de los mismos. En este entorno, los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS) facilitan el posicionamiento e indican la identificación y la hora precisa por trilateración a través de las unidades de seguimiento integradas en la plataforma de transporte. La futura combinación de las diversas tecnologías de los sistemas actuales –NAVSTAR/GPS III de los EE.UU., GLONASS de la Federación Rusa, Beidou BNTS de la República Popular China, IRNSS y Gagan de la República de la India, y Quasi-Zenith de Japón-, con el programa Galileo desarrollado en colaboración de la Comisión Europea y la Agencia Espacial Europea (ESA) y el sistema EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), permitirá una precisión muy superior, y disminuirán los factores que afectan a la calidad de datos por errores propios de los satélites o de la recepción de sus señales, o por aquellos provenientes del medio de propagación.

Conjuntamente con ellos, la evolución de los sistemas de navegación inercial (INS, *Inertial Navigation System*), mediante los cuales es posible la obtención de cartografía móvil 3D, gracias a tres tecnologías de posicionamiento –unidades de medición inercial o IMU, los citados sistema GNSS y odómetros avanzados, harán posible el cálculo por estima de la posición, orientación y velocidad de una plataforma en movimiento y proporcionarán aún mayor precisión incluso en aquellas zonas donde las señales satélites son débiles, no siendo necesarias referencias externas. Estos sistemas se implementarán con Servicios Basados en la Localización (LBS, *Location Based Services*), que ofrecerán información sobre la ubicación geográfica en tiempo real, así como con canales digitales TMC (*Traffic Message Chanel*), que proporcionarán información sobre el estado del tráfico y obstáculos en las rutas, facilitando el cálculo de las más óptimas hasta el destino, evitando demoras y disminuyendo los riesgos de accidentes en tránsito. La gestión remota de las infraestructuras de transporte y la supervisión de los distintos elementos que intervienen en la movilidad -señalización, información, incidentes-, ayudarán a optimizar los desplazamientos, mejorar la seguridad de las vías marítimas y terrestres y de los pasillos aéreos, reducir los puntos de congestión, o tomar decisiones que influyan en el uso más eficiente del transporte.

Además de la incorporación de estos dispositivos a las plataformas de transporte las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) jugarán un papel clave en la gestión de los movimientos, efectuando la trazabilidad y el seguimiento en

todo el trayecto a través de redes informáticas y terminales ITV<sup>24</sup> -In Transit Visibility- basadas en el uso de radiofrecuencia y tecnologías de identificación automática (AIT)-, así como de soluciones de telecomunicaciones avanzadas, que permitirán la integración las diferentes funcionalidades. Estos sistemas de información, basados en servicios tales como la televisión de alta definición (HDTV), la videotelefonía, y el acceso rápido a redes con gran ancho de banda, efectuarán el proceso de transmisión e intercambio de la información siguiendo unos criterios de alta fiabilidad, calidad y oportunidad, pudiendo ser consultada en tiempo real por diversos usuarios desde diferentes localizaciones y de forma simultánea.

Con el control de movimientos centralizado y un apropiado sistema de información interconectado a todos los niveles, se obtendrá el máximo rendimiento de las capacidades de los medios de transporte, las rutas y los terminales, garantizando así un flujo adecuado que haga sostenibles las operaciones.

### *Tecnologías de identificación automática de las cargas*

La innovación tecnológica, con la incorporación de la electrónica y la robótica, permitirán captar automáticamente los datos necesarios relativos a recursos y personas, e integrarlas en un sistema informático capaz de localizarlos en todo momento para su mejor utilización. Los actuales planes de innovación se centran, generalmente, en la necesidad de mejorar todos estos servicios de información sobre el estado de los envíos, informando en todo momento de su situación y utilizando servicios de alerta previos a su entrega para reducir el número de las posibles incidencias.

Si en la primera guerra del Golfo, casi un 40 % de los contenedores del Ejército de los Estados Unidos que llegaron al teatro de operaciones tuvieron que ser abiertos para determinar su contenido y su destino final, en Afganistán la cifra disminuyó a solo un 10%, y en Irak, un simple escaneo de su etiquetado permite a los responsables logísticos la identificación apropiada de su carga interior. La utilización de etiquetado mediante códigos de barras o códigos QR, basados en la representación mediante conjuntos de líneas, o de líneas y puntos, cuya lectura se efectúa mediante escáneres láser, permiten el reconocimiento rápido de artículos de forma única, global y no ambigua en un punto de la cadena logística para su inventariado o la consulta puntual de sus características asociadas. De bajo coste y mínimos porcentajes de errores en la lectura, permite la rápida automatización del registro y seguimiento de artículos, así como un ágil control de stocks.

---

24 BUTERA, Anthony (2003). *The importance of in-transit visibility on the U.S. military logistics*. Air Command and Staff College. Air University. Maxwell AFB, Montgomery (Alabama).



Las nuevas Tecnologías de Identificación Automática (AIT), llamadas a sustituir a las anteriores, están basadas en una gama de dispositivos con microprocesador que almacenan datos relativos al objeto –como representaciones de textos o códigos de barras- y una antena radio para su comunicación. Estas etiquetas pueden utilizar tecnologías de visualización de segmentos TN, E-paper o LCD TFT, y admitirán reconocimiento por voz, óptico y biométrico, así como etiquetaje de identificación por radiofrecuencia (RFID) pasivo o activo, capaz de emitir sin contacto y a distancia la información necesaria para identificar la mercancía transportada. Los estándares de información EPC (*Electronic Product Code*) desarrollados por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), harán posible identificar en fracciones de segundo una unidad de artículo de forma única, de manera similar al código EAN/UCC actual, eliminando virtualmente cualquier error y proporcionando una plena trazabilidad de la carga. Adicionalmente, cada unidad podrá ser identificada en origen con un número de serie específico.

Desde bases de datos externas y accesibles desde cualquier emplazamiento, permitirán incorporar y actualizar los datos contenidos automáticamente y a distancia, sin necesidad de intervención física del usuario, proporcionando información de forma simultánea a todos los destinatarios y remitentes con una excelente interoperabilidad, y asegurando el flujo constante de las mercancías. Esta visibilidad total de los recursos permitirá ahorros de tiempo y disminuirá sensiblemente las pérdidas de material.

Por otra parte, las claves para alcanzar unos mejores resultados y mayores ventajas competitivas en el almacenamiento de los recursos son la flexibilidad, velocidad, precisión e inmediatez de la información, cualidades que podrán conseguirse mediante el empleo de las diferentes tecnologías de Identificación Automática y Captura de Datos (AIDC), combinadas con los Sistemas de Gestión de Almacenes (SGA)<sup>25</sup>. Estos procesos están íntimamente relacionados con la preparación de los recursos solicitados –*picking*- para su transporte, que es quizá la tarea más costosa y la que mayor dedicación en tiempo y medios humanos requiere<sup>26</sup>. Las nuevas tecnologías adaptadas a este *picking* proporcionarán una mayor rapidez en la preparación, consolidación, estiba y desestiba de las cargas, disminuyendo las tasas de error, aumentando la eficiencia en el transporte y la fluidez en la cadena de suministro. El incremento en la mejora de los sistemas de *picking* mediante luz –*Pick-to-Light*-, voz –*Pick-by-Voice*- o utilizando gafas inteligentes de realidad aumentada, acelerarán aún más este proceso, optimizando las operaciones de transporte, servicios de entrega y otros de valor añadido.

.....

25 *Guía sobre las TIC en el sector de la logística y el Transporte*. Red del Sudoeste europeo de difusión de las TIC en la PYME CYBERSUDOE, 2010. [en línea] (<http://www.cybersudoe.eu>) [Consulta: julio 2015].

26 CATELLI, Ricardo (s.f.) *Eficacia en la gestión de almacenes*. Fundación ICIL. [en línea] [Consulta: julio 2015] <http://www.icil.org>.

## Hacia un futuro cercano

Como puede deducirse de lo anteriormente expuesto, a medio plazo no parece previsible una transformación radical de los medios de transporte aéreo, marítimo o terrestre, ni en el ámbito civil ni en el entorno militar. El desarrollo de una plataforma, desde su concepción inicial hasta su certificación y entrada en servicio, es un proceso que se prolonga en el tiempo a lo largo de varias décadas y atraviesa por numerosas fases. Sirvan como ejemplos el A-400 M, proyecto iniciado en 1982 por el Grupo para el futuro Transporte Aéreo Militar Internacional (FIMA) y cuyo primer aparato no fue entregado hasta el 30 de septiembre de 2013, los Xian Y-20 chinos aún en fase de certificación, o los Kawasaki XC-2 japoneses y los Antonov An-70 ucranianos de los que solo se han construido un par de prototipos.

Los medios de transporte marítimo no recibirán un impulso superior por los mismos motivos. Si en el ámbito civil están en fase de construcción los nuevos portacontenedores clase Triple E, los programas navales militares se orientan más a buques modulares multirole para proyección de fuerzas no específicos como transportes logísticos, a excepción del caso norteamericano, que ha desarrollado la clase *Spearhead* (JHSV, *Joint High Speed Vessel*, buque conjunto de alta velocidad) para el transporte rápido de equipos y suministros, y el despliegue de fuerzas convencionales o especiales, cuya primera unidad entró en servicio en diciembre de 2012, y las unidades de clase T-AKE.

Mayores avances pueden esperarse en la próxima década en los sistemas de control y trazabilidad del transporte, y en las tecnologías de identificación automática de cargas mencionadas, algunas de las cuales se están implementando actualmente en la logística civil, y hacia donde apuntan los mayores esfuerzos en investigación e inversión económica.



## Capítulo III

### Las necesidades básicas

*Andrés Pérez Barro*

#### Introducción

**A** lo largo de la historia de la Humanidad, o desde que tenemos conocimiento de los hechos que han tenido influencia en ella, observamos una constante, cualquier avance tecnológico y su correspondiente aplicación civil/social y/o militar/guerrera han influenciado sobre las civilizaciones provocando:

- Mejoras sociales por mayor rendimiento en agricultura, caza, ganado, incluso minería, medios de transporte y comercio (terrestre y marítimo).
- Mayor protección ante agresiones de otros pueblos.
- La conquista y dominio de unos pueblos sobre otros, incluso el exterminio de los perdedores.

Además, la propia cronología de las edades del hombre define algunos avances tecnológicos, como la Edad del Bronce (precedida del cobre) que dejó paso a la del Hierro y así sucesivamente. Incluso la invención de la escritura marcó un antes y un después para las civilizaciones y el estudio de la Historia.

Pues bien, con estos antecedentes, nos encontramos actualmente en una situación sin igual a lo largo de la Historia. Las nuevas tecnologías durante los dos últimos siglos han provocado revoluciones industriales, sociales, y su aplicación al poder militar, primer brazo de la política exterior de las naciones más avanzadas (colonialismo y expansión comercial), han desencadenado guerras de todo tipo, llegando a las dos últimas guerras mundiales como máxima expresión de la cerrazón y locura del hombre.

Para estudiar la aplicación o influencia de las nuevas tecnologías sobre la logística militar, me gustaría emplear un término llamado “Tecnología Disruptiva”

*“Una tecnología disruptiva es aquella que convierte en obsoleta una tecnología existente”*

*“... una disrupción implica utilizar un enfoque radicalmente diferente a la hora de abordar un problema de forma que se obtenga una ventaja competitiva”*

Este término, que parece algo nuevo, no deja de ser algo viejo pero con un nuevo enfoque. En los párrafos anteriores ya decíamos que el bronce dejó paso al hierro, el vapor dejó paso al motor de combustión y así sucesivamente.

Lo preocupante de la situación actual, por lo inusual, es la rapidez y la frecuencia en los cambios tecnológicos. Es cotidiano y habitual ver nuevos modelos de telefonía móvil más potentes, más capaces, más versátiles, más autónomos, etc. Y prácticamente todos los cambios son disruptivos.

### **Pero, ¿cuál es el objetivo de este trabajo?**

Analizar, entre el amplio abanico de nuevas tecnologías, aquellas que más influencia tendrán en los aspectos de infraestructura desplegable de campamento, ciclo logístico del agua (generación, distribución y consumo), almacenamiento de alimentos y tratamiento y evacuación de bajas y que deberían incorporarse desde un punto de vista teórico a las capacidades de las FAS o al planeamiento de estas.

Desde el punto de vista siguiente, *“este trabajo está quedando obsoleto mientras lo escribo”*, tal es el ritmo de la creación y mejora que las nuevas tecnologías introducen en los sistemas de armas y en su logística asociada.

Por ello, enumero las nuevas tecnologías para tratar de “centrar” el trabajo sobre ellas y su influencia en las capacidades o lo que yo le pediría a las nuevas tecnologías para poder incorporarlo a los materiales actualmente en dotación de las FAS:

- Obtención de energía limpia. Es sin duda uno de los mayores desafíos técnicos. Actualmente existen diversas soluciones pero su aplicación militar en operaciones es dudosa, por aspectos tácticos evidentes (disminución de seguridad táctica por su excesiva visibilidad) o la necesidad de combinar más de una solución técnica. Me refiero a los sectores energéticos basados en energía solar, eólica, biocombustibles, bioenergía, captura y almacenamiento de carbono, energía de fusión nuclear y finalmente el almacenamiento de energía en baterías (desde baterías convencionales hasta de plutonio y estroncio).

---

1 LÓPEZ VICENTE, Patricia. Tecnologías disruptivas. Mirando el futuro tecnológico. Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº25, 2009.

- Nanotecnología. Se basa en la manipulación de materiales a nivel microscópico y trabajar sobre su estructura a nivel molecular y sus átomos. Obteniendo nuevos materiales o mejorando las características de los actuales. El grafeno es el mejor ejemplo de esta nueva capacidad.
- Desalinización del agua de mar. Aunque es una capacidad de la que se dispone en la actualidad, la nanotecnología potenciara la capacidad de los filtros y de los sistemas implicados. La capacidad de obtención de agua potable en grandes cantidades, tendrá a su vez una gran influencia a nivel mundial de consecuencias geopolíticas, y clara aplicación militar. La conclusión es que se podrá filtrar (potabilizar) cualquier fuente de agua.
- Biología sintética. El desarrollo de “*smart fuels*”, algas sintéticas, comida sintética, que podrán alimentar a millones de personas. Igualmente tendrán una clara aplicación militar.
- Robótica. Crearemos máquinas (automatizadas o no) que podrán sustituir al hombre en muchas labores que implican algún peligro para el hombre. Con una clara aplicación militar y en pleno desarrollo, en el futuro a medio plazo (quince años) nada será como lo conocemos actualmente.
- Impresión 3D. No solo podremos imprimir objetos (repuestos para vehículos y armas), también podremos imprimir alimentos (y la variedad de sabores no será un problema). Ya se han construido “casas” mediante esta tecnología.

Una vez más la frase “*Soluciones Logísticas Integrales*” alcanza un nuevo y su verdadero significado.

Desde luego no pretendo introducir cambios ni en procedimientos, ni en organizaciones, ni en doctrina, pero los nuevos materiales influirán, sin duda alguna, en ellas.

Igualmente, no entro, por su evidencia, en tecnologías de información que han sido tratadas en otro capítulo de este trabajo.

## Infraestructura desplegable (alojamiento y almacenamiento)

Sin entrar a definir las nuevas tecnologías que pueden influir en la infraestructura desplegable, sin ser exhaustivos, serían: energía limpia, nanotecnología, potabilización de agua, robótica, impresión 3D, exoesqueletos mecánicos.

Podemos definir infraestructura desplegable como los medios de campamento que las FAS disponen para alojar a cubierto de inclemencias meteorológicas, con un elevado grado de confort regulable, tanto a personas como ganado y almacenar materiales.

Pueden ser de dos tipos: tiendas, o sistemas de construcción modulares (sobre la base de contenedores y/o sobre construcción modular con paneles). Aunque también se pueden emplear combinaciones de ambos tipos, por ejemplo, alojamientos sobre tiendas y el resto de servicios sobre contenedores.

Deben cubrir las necesidades de alojamiento y complementarse con medios de higiene, alimentación (entre otros) con las mismas características técnicas que los dos tipos de medios. El plazo de tiempo previsto para el despliegue en una misma ubicación es determinante para definir el tipo de infraestructura a emplear.

Se considera idónea la siguiente relación temporal y el tipo a emplear:

TIPO DE INFRAESTRUCTURA	TIEMPO DESPLIEGUE
Tiendas	Máximo 6 meses
Mixto (tiendas + sistemas modulares para servicios, higiene, cocina, etc.)	A partir de 6 meses y menos de 12 meses
Sistema de construcción modular	A partir de 6 meses

Tabla 1.

En el caso de las tiendas se tendrá presente el deterioro al que se verán sometidas por agentes atmosféricos adversos (lluvia, humedad, viento, nieve, insolación, arena, temperaturas extremas, etc.) además del número de veces que deberán montarse/desmontarse en función del número de ubicaciones diferentes en las que tendrán que hacerlo.

Por no citar el adecuado mantenimiento preventivo y/o correctivo (tanto en cantidad como en calidad) al que deberán someterse las tiendas, ya sea por la falta de personal técnico adecuado en la plantilla de las pequeñas unidades (PU,s.), como por la reposición de piezas y componentes junto con las herramientas y utillaje necesarios.

En este caso otros factores a considerar serían la entidad de la unidad desplegada, la rapidez necesaria para efectuar el despliegue o la seguridad de la zona de operaciones.

## *Situación actual*

Debemos considerar tres ubicaciones:

- Campamentos militares en Zona de Combate (ZC).
- Bases militares en Áreas de Operaciones (AO) en sus dos variables más genéricas, operaciones de paz y de guerra.
- Bases militares en Territorio Nacional (TN).

En relación con la primera ubicación, campamentos militares en Zona de Combate, las FAS han definido y cubierto claramente sus necesidades con las tiendas modulares multipropósito (TMM). Los medios de transporte tácticos para las TMM son camiones y remolques tácticos de carga general.

No obstante, debemos resaltar que con las TMM solo se cubren las necesidades de alojamiento y en esta ubicación no se dispone, en plantilla, de medios reglamentarios de letrinas, duchas, lavadoras, etc.

En relación con la segunda ubicación, Bases y despliegues en ZO, se cuenta con diversos materiales, fundamentalmente sobre contenedor, que cubren plenamente todas las facetas logísticas y las áreas que se activen.

Los contenedores deben satisfacer una serie de requisitos básicos para alcanzar las necesidades de proyección a cualquier parte del mundo y por tanto deben disponer de las certificaciones correspondientes que les habiliten para el transporte intermodal (terrestre por carretera y ferrocarril, marítimo y aéreo) y unas características técnicas (resistencia de apilamiento, aislamiento, pintura, manipulación, etc.) que determinara el cliente militar.

Las áreas que habitualmente, en mayor o menor detalle y medida, se activan en los destacamentos de zona de operaciones y los medios sobre contenedores específicos podrán ser:

- Área de Abastecimiento. Con necesidades específicas para cada clase de abastecimiento según el siguiente cuadro:

Clase I	Raciones y agua	Contenedores isoterms
Clase II	Vestuario y equipo individual, material de Campamento, Oficina, Limpieza, Cartografía, Equipo de Apoyo Ligero.	TMM y contenedores de carga habilitados como almacén
Clase III	Carburantes, Lubricantes, Grasas y Aditivos	Centros de carburantes sobre contenedores en diferentes versiones (depósitos flexibles y depósitos rígidos) y capacidades (desde 25.000 litros) con surtidores y contenedores cisterna
Clase IV	Material de Fortificación	TMM y contenedores de carga general
Clase V	Municiones y explosivos	Contenedores de almacenamiento y transporte de municiones, configurando y activando polvorines de campaña.
Clase VI	Cooperativa (útiles de aseo, material de limpieza, etc.).	Igual que clase I y otros para almacén de artículos genéricos de uso común
Clase VII	Equipo Pesado (vehículos, remolques, etc.).	Tiendas y hangares para materiales de grandes dimensiones y sobre contenedores de carga general para material sensible (medios de transmisiones, armamento).

Tabla 2.

- Área de Alimentación: contenedores cocina, lavavajillas, frigo-congeladores e isoterms para alimentos y bebidas.
- Área de Vida: contenedores alojamiento (en diferentes modalidades), higiénicos (en diferentes configuraciones de aseos, duchas y lavabos), cantina/cooperativa y especialización de contenedores de alojamiento para activar subáreas (como biblioteca, locutorio telefónico, gimnasio, etc.).
- Área de Mantenimiento: sobre la base de contenedores y tiendas de dimensiones especiales (incluso hangares) se activan talleres de mantenimiento de cada una de las especialidades necesarias (electrónica, óptica, mecánica del automóvil, armamento, ruedas, ITV, etc.), así como para abastecimiento de Clase IX (piezas de repuesto) sobre la base TMM y contenedores de carga general habilitados como almacén con estanterías.

- Área de Servicios Generales. Donde se podrían incluir:
- Sistema de agua (potable y residual). Con el ciclo del agua presente en todos sus aspectos: potable (obtención, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo) y residual (canalización, almacenamiento, tratamiento y arrojado/ aprovechamiento).
- Sistemas de energía. Con su propio ciclo. Obtención (de las diferentes fuentes y disponibilidad) mediante generadores eléctricos, eólica, solar, geotérmica, etc.; almacenamiento (en su caso); distribución (como instalación eléctrica exterior e interior y puntos de consumo generales, puestos de mando, sistemas de seguridad, cocinas, áreas de abastecimiento, mantenimiento, etc.) y consumo en los puntos indicados en el párrafo anterior.

Los medios de transporte dado el volumen y peso a transportar se amplían a todos los disponibles militares y civiles (terrestres, marítimos y aéreos) en función del lugar de despliegue y el tiempo disponible.

En relación con la tercera ubicación, Bases militares en TN, Defensa, igualmente, tiene resuelto las características que deben cumplir los alojamientos, cocinas, talleres, comedores etc. desarrollado en diferentes Normas e Instrucciones Técnicas. No tratamos este asunto por no ser objeto de este trabajo.

### *Influencia de las nuevas tecnologías sobre los campamentos en zona de combate*

Actualmente las TMM tienen la siguiente configuración básica:

- Una estructura metálica poligonal articulada plegable.
- Un cuerpo textil básico completo (cubierta y suelo), que se iza y fija “dentro” de la estructura metálica.
- Un cuerpo textil o doble techo que se coloca “sobre” la estructura metálica.
- Otros componentes/accesorios: suelo técnico o de refuerzo, baúles de transporte, instalación eléctrica (modular interior), o equipos de climatización (frio/calor y conductos de distribución interior).

Las nuevas tecnologías están incorporando, o lo harán en un plazo medio, las siguientes características:

- Sobre los textiles:
  - Protección balística (mayor protección en función del espesor o número de capas)
  - Mayores resistencias (al desgarrar por tracción, al rozamiento, etc.)
  - Ligereza (menor peso en gramos por metro cuadrado).
  - Aislamiento térmico (mayor aislamiento y mayor confort interior)
  - Transpirable.
  - *Black-out* total (no dejara pasar la luz interior al exterior).
  - Anti humedad, anti moho, anti pútrido, antibacteriano, etc.
  - Ignífugo (al máximo nivel).
  - Mimetizable (podrá cambiar su color base en función del terreno, mediante una estimulación eléctrica).
  - Obtención de energía eléctrica solar para acumulación y posterior consumo interior e incluso exterior.
  - La acumulación de energía eléctrica podrá influenciar en la temperatura interior de la tienda (aportando frío o calor al interior según sea necesario).
  - Fácil mantenimiento, sin herramientas especiales o las especiales mínimas.
- Sobre los metales además de las características de los textiles, deberán ser más resistentes y flexibles.
- Sobre el conjunto de las TMM, incorporaran las siguientes características generales:
  - Con una única “capa” textil cubrirán las necesidades de protección y cubierta completas.
  - Tendrán menor carga logística (menor peso, menor volumen).
  - Compartirán componentes con las otras soluciones de campamentos (Bases en ZO y en TN).
  - Mayores resistencias ante viento (superiores a 120 km/h), lluvia y carga de nieve.



Estas mejoras, que reducirán la carga logística, permitirán maximizar el aprovechamiento de los medios tácticos de transporte, “*mismos medios y más capacidad logística de transporte*”.

### *Influencia de las nuevas tecnologías sobre los campamentos en zona de operaciones*

Actualmente los contenedores como soporte básico para la activación de una Base tienen la siguiente configuración:

- Una estructura metálica básica (base/suelo y techo/cubierta). Tal y como se ha indicado y obligado por las homologaciones y certificaciones correspondientes y necesarias para transporte intermodal y de resistencia estructural se consideran unas medidas de 6.058 mm de largo y 2.438 mm de ancho. Disponen de “*corners*” y canales para manipulación de las cargas con grúa y portacontenedores.
- Unos postes (mínimo cuatro por contenedor). La altura de los postes de los contenedores dependerá de los sistemas de plegado. Aunque habitualmente el conjunto de contenedores plegados tendrá una altura de 2.438 mm para cumplir la exigencia/requisito de aerotransporte en medios militares (tipo T-10 Hércules).
- Unos paneles, que incorporan la puerta, las ventanas, los sistemas de climatización y las paredes (paneles ciegos). El espesor de los paneles define el grado de aislamiento que se considera conveniente.
- Una instalación eléctrica para iluminación, sistema de climatización y conexiones de equipos.

Sobre esta configuración básica existen varias soluciones en el mercado. Básicamente se pueden apreciar tres opciones:

- Contenedores plegables y “apilables”. Podemos llamarle sistema de 1 x 3 o 1 x 4, es decir en configuración de transporte con las medidas de un contenedor podemos disponer de tres (1 x 3) o cuatro (1 x 4) contenedores. Permite acoplamiento longitudinal, transversales y apilamientos en dos alturas o combinaciones de ellas o incluso espacios diáfanos en su interior suprimiendo paneles laterales. Con las siguientes dimensiones y configuración:

Largo	6.058 mm	
Ancho	2.438 mm	
Alto	2.438 mm (3 contenedores) 2.600 mm (4 contenedores)	
SISTEMA 1 X 4		
Configuración transporte	Configuración desplegado	
1 contenedor	4 contenedores	
Superficie = 14,76 m <sup>2</sup>	Superficie = 59,08 m <sup>2</sup>	

Tabla 3.

- Contenedores plegables y “anexados lateralmente”. Podemos llamarle sistema de 1 x 3, es decir, en configuración de transporte, con las medidas de un contenedor podemos disponer de tres contenedores “dobles” (1 x 3 x 2). Permite acoplamiento longitudinales y apilamientos en dos alturas. Los acoplamiento transversales necesitan un medio de conexión. Con las mismas dimensiones que los anteriores y la siguiente configuración:

SISTEMA 1 X 3 x 2	
Configuración transporte	Configuración desplegado
1 contenedor	3 contenedores dobles
Superficie = 14,76 m <sup>2</sup>	Superficie = 88,56 m <sup>2</sup>

Tabla 4.

- Sistemas de plegado total o módulos de alojamiento temporal (unidad básica de alojamiento UBA). Su configuración incluye suelo y techo, cuatro paneles laterales (incluyen panel de puerta y panel de ventana), instalación eléctrica básica, y doble cubierta textil. Aunque no permite apilamientos permite acoplamiento longitudinales y transversales.
  - Un contenedor ISO 1C transporta/almacena 16 UBA, con las siguientes dimensiones:

Largo	2.240 mm
Ancho	2. 240 mm
Alto	2.320 mm

Tabla 5.

SISTEMA UNIDAD BASICA ALOJAMIENTO (UBA)	
Configuración de transporte	Configuración desplegado
1 contenedor	16 UBA
Superficie = 14,76 m <sup>2</sup>	Superficie = 80,28 m <sup>2</sup>

Tabla 6.

VENTAJAS E INCONVENIENTES				
CARACTERISTICAS	CONTENEDORES		UBA	IGLU
	SISTEMA 1 X 4	SISTEMA 1X3X2		
Estabilidad de módulo aislado previo al montaje	Mucha	Poca (Tiene poca base)		
Estabilidad de un módulo montado	Mucha	Mucha	Necesita nivelación muy exacta	Mucha
Necesidad de herramientas especiales	No	No	No	No
Medios especiales de manipulación de cargas	Si (grúa o porta contenedores)	Si (grúa o porta contenedores)	Si (solo traspaletas)	No.
Aprovechamiento de capacidad de contenedor en configuración transporte	Mucha	Mucha	Máxima	Poca
Habitabilidad	Mucha	Mucha	Mucha	Reducida
Confort interior	Máximo	Máximo	Medio	Máximo
Mantenimiento	Mínimo	Mínimo	Medio	Mínimo
Resistencia estructural	Máxima	Máxima	Reducida	Máxima
Posibilidad de ampliaciones	Total (también en altura)	Total (no en altura)	Total (no en altura)	Total (no en altura)
Explanación terreno	Mínima	Mínima	Aconsejable	Mínima

Tabla 7.

Como conclusión más importante de este apartado, las nuevas tecnologías deben tender a reducir la carga logística del transporte, mantenimiento e instalación del material de campamento en cualquiera de sus tres ubicaciones y diferentes materiales para cada uno de ellos:

- Zona de Combate. Tiendas Modulares Multipropósito.
- Área de Operaciones. Sistemas basados en contenedores o mixto (TMM y contenedores).
- Territorio Nacional. Según normativa de edificación.

Estos tres niveles podrían reducirse a solo dos. Un primer nivel para ZC/ZO, puesto que se llegará a obtener un sistema de alojamiento que sea confortable y seguro con un diseño de materiales tácticos al cual se le van añadiendo ventajas o capacidades en función de la distancia al frente de combate, si la distancia al frente y la seguridad están aún relacionadas. Un segundo nivel, para ZO y TN, basado en arquitectura modular.

Pero no solo las nuevas tecnologías pueden ser de utilidad y pueden adaptarse o rescatar viejos conceptos y actualizarlos. Por ejemplo el barracón TYCE, que con un poco de ingeniería y vestido con los nuevos materiales sería un gran avance en este sector.

## Alimentación

Sin entrar a definir las, las nuevas tecnologías que pueden influir en el ciclo logístico de los alimentos serían potabilización de agua, impresión 3D y biología sintética.

### *Definición del ciclo de vida de los alimentos*

Lo estudiaremos en dos aspectos, uno para alimentos preparados y otro para alimentos frescos. La alimentación de las FAS en campaña, se ha tratado en múltiples estudios y se han efectuado una gran variedad de pruebas adaptando e incorporando permanentemente los avances tecnológicos a la conservación de los alimentos, además de adaptar los sabores a los gustos del personal, incluso a su creencia religiosa.

Para alimentos preparados actualmente se dispone de raciones individuales (desayunos, comidas y cenas) y colectivas. Se efectúa adquisición centralizada y en las cantidades necesarias y definidas para una correcta distribución y consumo en función de las fechas de consumo preferente. Se conservan en almacenes refrigerados, efectuándose las nivelaciones de stocks en transportes igualmente refrigerados hasta

el momento de su distribución a las unidades, momento en que se rompe la cadena de frío y se consideran consumidas. El número de raciones que se distribuyen a lo largo de la cadena logística está en función del nivel de autonomía que se asigne a las unidades.

Para la confección de alimentos frescos en las cocinas de campaña, se contemplan desde artículos no perecederos hasta congelados y frutas, carnes, pescados, lácteos, legumbres, pan, etc. Pueden obtenerse por explotación local (compra directa en ZC/ZO a proveedores locales) o adquisición centralizada a un gestor logístico que coordine las acciones de adquisición en TN u otros lugares, transporte, almacenamiento y suministro para confección. Los alimentos son todos semielaborados y congelados. Lógicamente la cadena de frío tiene su origen en TN y llega hasta el Centro Logístico correspondiente en ZC/ZO.

### *Situación actual*

En Zona de Combate, la obtención de raciones de campaña debe ser proporcionada por el escalón logístico superior de la ZO. Defensa ha definido y cubierto claramente sus necesidades con las raciones de campaña y la confección de comidas sobre la base de camiones y remolques cocina y aljibe.

No es así en el concepto complementario de frigoríficos, congeladores e isoterms de alimentos. Los medios de transporte son camiones tácticos y remolques cocina y aljibes. Para alimentos frescos la explotación local (si es segura) puede ser una forma de abastecer a las unidades en la ZC. En caso contrario, será responsabilidad del escalón logístico superior en la ZO.

En cuanto a bases y despliegues en ZO, se cuenta con diversos materiales, fundamentalmente sobre contenedores de 10 y 20 pies, que satisfacen plenamente todas las facetas logísticas y las áreas que se activen.

Los contenedores cocina, frigoríficos, congeladores e isoterms deberán tener las mismas características técnicas y capacidad de transporte que los empleados en otros cometidos. Su uso o consumo será en las áreas de alimentación, vida y abastecimiento (clase I. Raciones). Los medios de transporte dado el volumen y peso a transportar se amplían a todos los disponibles (terrestres, marítimos y aéreos) en función del lugar de despliegue y el tiempo disponible.

En cuanto a las Bases militares en TN, Defensa, igualmente, tiene resuelto las características que deben cumplir las cocinas y cantinas hogares de tropa, etc. desarrollado en diferentes Normas e Instrucciones Técnicas. No tratamos este asunto por no ser objeto de este trabajo.

### *Influencia de las nuevas tecnologías sobre el ciclo de los medios de cocinado de alimentos en los campamentos militares de la Zona de Combate o Zona de Operaciones*

Actualmente se dispone de remolques cocina y aljibe, depósitos aljibe flexibles, contenedores cocina, contenedores frigoríficos, congeladores e isotermos para conservar y transportar alimentos.

Las nuevas tecnologías están incorporando nuevos avances, en este aspecto, derivados de:

- Mejoras en los quemadores de gasoil para los fuegos de las cocinas.
- Mejoras de sistemas de calentamiento eléctrico con la misma finalidad, ampliándolo a los hornos (tanto convencionales como microondas).
- Reducción de huella térmica de chimeneas y focos de calor.
- Mejoras en las características isotérmicas de los materiales.

En general, los materiales que estarán incluidos en los remolques cocina y aljibes tendrán mayor protección balística, mayores resistencias, mas ligereza, mayor aislamiento térmico, anti humedad, anti moho, anti pútrido, antibacteriano, ignifugo. Igualmente permitirán la obtención de energía eléctrica solar para acumulación y posterior consumo interior e incluso exterior y la acumulación de la energía calorífica de los fuegos de las cocinas para obtener un mejor aprovechamiento de lo “sobrante”. Estas mejoras, que reducirán la carga logística, permitirán maximizar el aprovechamiento de los medios tácticos de transporte, almacenamiento y cocinado de alimentos, mismos medios y más capacidad logística.

Aunque con los materiales de cocina en dotación de las FAS (remolques y contenedores) se cubren las necesidades de confección de comidas en todas las ubicaciones, se están analizando actualizaciones de diseño en general y se busca un mayor rendimiento calorífico con un menor consumo de energía (eléctrica y/o gasoil).

En el futuro será necesario alargar la cadena de frío hasta las pequeñas unidades. En el Ejército de Tierra actualmente la cadena de frío llega hasta el nivel Brigada (en su Grupo Logístico) y el material isoterma – frigorífico - congelador está basado en contenedores de 20 y 10 pies aerotransportables y son autónomos (su equipo de frío puede mantener la temperatura en disposición de marcha). El transporte terrestre está siendo efectuado sobre camiones multiplataforma articulados (VEMPAR). Se debe alargar esa cadena hasta las pequeñas unidades sobre la base de remolques.

Los remolques y los equipos de frío actualmente no son autónomos en posición de transporte (salvo que se le incorpore baterías cargadas previamente en los Centros de

Suministro y/o en los destacamentos de las pequeñas unidades) por lo que necesitan el suministro de energía en una red eléctrica de campamento.

Los alimentos y el remolque deben estar a una temperatura de frío adecuada antes del transporte. Es decir no podemos “enfriar” un alimento “no congelado” para congelarlo, solo podemos mantenerlo congelado.

Las nuevas tecnologías permitirán que los equipos de frío de los remolques sean autónomos en la modalidad de transporte, una mayor eficacia en la producción de frío y una mayor autonomía, lo que redundará en una mayor distancia de recorrido del suministro.

Se desarrollarán materiales textiles que permitirán “plegar” y “desplegar” cámaras frigorífico-congeladoras portátiles y modulares, ampliando los medios a medida y cubriendo las necesidades de volumen de frío de todos los niveles tácticos.

En relación con los alimentos, permitirán que los alimentos congelados se mantengan más tiempo y puedan ser consumidos con mayores plazos que los actuales. Los elementos deshidratados y una composición mixta entre ellos y los tradicionales tendrán mayor presencia. La impresión 3D de alimentos será posible y con formatos y presentación similares a los alimentos actuales. Los excedentes de comidas ya confeccionadas podrán ser conservados en formatos de consumo individual y/o colectivo para su consumo posterior, mediante sistemas de envasado al vacío o similares características. Los restos de la confección de comidas serán clasificados y reciclados en función de su origen (orgánico, plásticos, cartón, vidrio, etc.) para lo que se desarrollarán medios sobre las plataformas de remolque y/o contenedor que permitan el triturado, incineración y compostaje de los residuos, redundando en una mayor seguridad de las Bases, por no ser necesaria la entrada/salida de vehículos para el arrojado y la gestión de estos residuos.

## Ciclo logístico del agua

Sin entrar a definir las nuevas tecnologías que pueden influir en el Ciclo Logístico del Agua serían, entre otras: energía limpia, nanotecnología, potabilización y biología sintética.

Desde el punto de vista de este trabajo estudiamos el Ciclo Logístico del Agua en dos fases, una para agua potable y otra para aguas residuales.

Para agua potable consideramos seis fases. En primer lugar su obtención/captación, sea potable o no; en segundo lugar su almacenamiento previo, que da lugar a una tercera fase de tratamiento para potabilización.



En esta fase se puede hablar desde la simple cloración a procedimientos más complejos entre los que son más habituales la ósmosis inversa, la desalinización térmica, la destilación, la congelación, la evaporación relámpago o la formación de hidratos.

Una vez tratada entramos en la cuarta fase en la que se realiza el almacenamiento para consumo (renovación periódica de cloración), que puede ser a granel o embotellado para posterior consumo individual y constitución de reservas de seguridad. Posteriormente se realiza la distribución como quinta fase, y que puede realizarse de forma individual o a granel. En este caso se contemplan la distribución mediante red de canalización hasta puntos de consumo en las diferentes áreas, o mediante relleno de cantimploras/ mochilas agua individuales o petacas de agua de equipos desde grifos de camiones y remolques aljibe. El ciclo finaliza con una fase final de consumo.

Para aguas residuales (aguas grises y negras) se consideran como origen, los puntos de consumo de las diferentes áreas de un campamento militar, donde llegarán por una red de vertido de aguas residuales hasta un punto de almacenamiento. Igualmente se consideraran como aguas grises las procedentes de precipitaciones (lluvia, nieve, etc.). El almacenamiento previo, se realiza en fosas sépticas, contenedores y depósitos flexibles. El ciclo puede incluir una “separación” de aguas grises y negras para “aprovechamiento” en agua de no consumo, previo al tratamiento de depuración tras el que se realiza el vertido a puntos autorizados como fin de fase.

### *Situación actual*

En zona de combate la obtención de agua potable debe ser proporcionada por el escalón logístico superior de la ZC. Defensa ha definido y cubierto claramente sus necesidades con los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de agua, ya sea mediante camiones, remolques, depósitos flexibles o contenedores aljibe de diferentes capacidades. Los medios de transporte son camiones y remolques aljibes tácticos, con la modalidad de depósitos flexibles sobre camión. Para agua residual solo se puede contemplar un almacenamiento en depósitos flexibles, evitando la contaminación de acuíferos, y su trasvase/traslado mediante equipos de transporte específicos, o como alternativa la canalización de aguas residuales mediante bombeo y trituración de residuos para su arrojado y vertido. Aunque la gestión de aguas residuales será el menor de los problemas para el mando militar en esta situación no debe dejarse al azar para evitar inconvenientes de carácter sanitario.

### *Influencia de las nuevas tecnologías*

Actualmente los campamentos militares de primera línea, para la distribución de agua, utilizan camiones o remolques aljibe y depósitos flexibles. Las nuevas tecnologías no están incorporando nuevos avances, en este aspecto, salvo los derivados de la mayor resistencia balística en los depósitos flexibles y aljibes rígidos, la mejora en las características isotérmicas de los materiales sobre los textiles o materiales de los depósitos.

En este último caso se pretende obtener mayor resistencia, mejor protección balística, mayores resistencias, mas ligereza, mejor aislamiento térmico, mejores características de anti humedad, anti moho, anti pútrido, antibacteriano, ignifugo. Además deben ser mimetizables (podrá cambiar su color base en función del terreno, mediante estimulación eléctrica), tener capacidad de obtención de energía para acumulación y posterior consumo y facilitar el mantenimiento, sin herramientas especiales o con las mínimas posibles. Estas mejoras, que reducirán la carga logística, permitirán maximizar el aprovechamiento de los medios tácticos de transporte, mismos medios y más capacidad logística.

### *Tendencias futuras*

En relación con el agua potable se están desarrollando tecnologías que permitan la localización de aguas subterráneas con mayor precisión y mejorar los sistemas de obtención de agua, mediante perforaciones de pozos a mayor profundidad. Se obtendrá agua de la atmosfera, proporcionando a las unidades una mayor independencia de los orígenes actuales del ciclo logístico.

La mejora del tratamiento será otro de los ámbitos dónde la tecnología puede jugar un papel relevante permitiendo mejorar la calidad y rapidez de tratamiento de aguas captadas en diferentes lugares y fuentes. La disponibilidad de nuevos filtros, más eficaces, con mínimo mantenimiento, máxima duración y mínima huella de residuo posterior facilitaran la capacidad de obtención de agua.

Las canalizaciones de agua (tuberías) serán de menor calibre pero mayor capacidad y resistencia e isoterma (para evitar congelaciones y evaporaciones). Las bombas de aspiración e impulsión serán de mayor eficiencia y rendimiento.

El embotellado y cierre hermético de brick/botellas de 0,5 litros o mayor capacidad es una necesidad no cubierta actualmente. La utilización de agua embotellada tiene múltiples ventajas puesto que permite aislar individualmente las capacidades, no necesita cloración previa al consumo, permite el control de stock con rapidez, se

almacena en condiciones de transporte inmediato y por pesos que no hacen necesario medios de manipulación de cargas, y permite una distribución más rápida a los consumidores finales, con la simple colocación de varios puntos de suministro.

En el caso de aguas negras las nuevas tecnologías permitirán efectuar un tratamiento de las aguas residuales a lo largo de su ciclo, reduciendo los tiempos de formación de lodos y su posterior arrojado inocuo para el medio ambiente. Incluso se podrán reaprovechar las aguas para otros usos, llegando finalmente a conseguir que sean aptas para el consumo humano.

## Tratamiento y evacuación de bajas

Sin entrar a definir las nuevas tecnologías que pueden influir en el tratamiento y evacuación de bajas serían entre otras: nanotecnología, robótica, impresión 3D, exoesqueletos mecánicos, biología sintética y medicina personalizada y secuencia genética.

### *Situación actual*

En zonas de combate se constituye a nivel Batallón un primer escalón o ROLE 1 cuyo cometido esencial es la “Puesta en Estado de Evacuación” de la baja sanitaria. A nivel Brigada se constituye el segundo escalón o ROLE 2 Ligero que dispone de capacidad de “Cirugía de Control de Daños”, con medios TMM. Los denominados ROLE 2 Reforzado disponen de infraestructura TMM o contenedores para desplegarse y capacidad de “Cirugía de Control de Daños” y “Cirugía Primaria”. Los medios de transporte de bajas son vehículos tácticos todo terreno como plataforma de ambulancias en diferentes configuraciones. Son de características similares a los medios tácticos de las pequeñas unidades, llegando hasta helicópteros medicalizados en función de los recursos asignados.

En bases de despliegue y en función de la entidad de la Fuerza desplegada se podrán activar unidades de tratamiento como Hospital de Campaña (HOC) y los Equipos de Tránsito de Bajas (ETB). Estos contarán con diversos materiales, fundamentalmente sobre contenedores, que satisfacen plenamente todas las facetas logísticas y las áreas que se activen. Como medios de evacuación se dispondrá de medios tácticos todo terreno para traslado de bajas ya tratadas y en fase de recuperación.

### *Influencia de las nuevas tecnologías*

En el ámbito sanitario las nuevas tecnologías permitirán recuperar a bajas con mayor rapidez y seguridad. Actualmente se está desarrollando espuma de titanio, grafeno, nanocelulosa cristalina con aplicaciones directas en traumatología y otras especialidades médicas, esprays taponadores de heridas de bala y/o quemaduras, vendajes autoajustables con capacidad de taponamiento de heridas e inmovilización de fracturas, parches de tratamiento de dolor eliminando las agujas hipodérmicas.

En cuanto a la identificación de la baja ya se están investigando tecnologías que permitan disponer de los datos de identificación y su transmisión y actualización de forma automática desde el punto de recuperación de la baja y a lo largo de toda la cadena de tratamiento.

En todas las operaciones el plasma sigue siendo recurso crítico. Los avances en biotecnología permitirán la obtención de plasma sintético.

Los avances en robótica y tecnologías no tripuladas, especialmente drones permitirán una mejora en el tratamiento y evacuación de las bajas así como el abastecimiento de material sanitario.

### **Conclusiones**

Como vemos los nuevos avances tecnológicos influirán en los procedimientos, organizaciones y doctrina logística de las FAS. Centrándonos en los objetivos de este trabajo, a los nuevos materiales y tecnologías les pediremos en general una relación de coste / eficacia mínima (es decir al mínimo coste y a la máxima eficacia), un mínimo volumen/peso de transporte, más ligereza y mayor protección (tanto balística como ante las condiciones meteorológicas adversas)

La industria nacional puede cubrir las actuales necesidades de las FAS, al menos en lo que se refiere a los aspectos tratados en este trabajo, en un plazo máximo de seis meses desde que se dé la orden de fabricación. Y me refiero a la fabricación de los materiales necesarios para cubrir las necesidades de infraestructura de alojamiento, ciclo de agua, tratamiento y evacuación de bajas y ciclo logístico de alimentación, para una fuerza militar terrestre compuesta por 10.000 individuos.

Las futuras necesidades estarán cubiertas en función de la disponibilidad de los nuevos materiales y los tiempos de acopio de las nuevas materias primas. No olvidemos que los nuevos materiales, por ejemplo el “grafeno” no está disponible en cualquier lugar (China dispone del 70% del grafito mundial) y la dependencia estratégica de esta materia prima, en un futuro a medio plazo será similar o superior a la del petróleo.

No obstante recordemos que podremos acceder a los nuevos materiales con una industria secundaria del máximo nivel tecnológico, entendiendo como secundaria a la industria que proporcione nuevas materias primas que podamos emplear en los materiales objeto de este trabajo.

## Capítulo IV

# Tecnologías de generación de energía

*Héctor Criado de Pastors*

### Introducción

Los nuevos escenarios a los que se han venido enfrentando las Fuerzas Armadas de los países occidentales desde principios del siglo XXI han implicado la necesidad de mejorar la gestión de la energía y de reducir el consumo energético en zona de operaciones.

La mayoría de las misiones internacionales desarrolladas por las Fuerzas Armadas se han realizado en países con una infraestructura muy escasa, tanto desde el punto de vista de las redes de energía (redes eléctricas, gaseoductos, oleoductos, etc.), como el de las infraestructuras de transporte (carreteras, ferrocarril, etc.). Por ello es necesario el uso extensivo de combustibles fósiles derivados del petróleo no solo para vehículos y plataformas, sino para la generación de energía eléctrica en bases y campamentos. La elevada vulnerabilidad de la cadena logística en determinados escenarios implica el desvío de recursos materiales y humanos para su protección, que se detraen de la misión principal encomendada, afectando de manera importante a la efectividad de la misión e incrementando el coste operativo asociado, lo que ha requerido nuevas metodologías de cálculo de coste, como veremos más adelante.

Por otro lado, existen una serie de factores que, a medio y largo plazo, incidirán en la necesidad de la reducción del consumo energético en operaciones.

Desde el punto de vista geoestratégico, es necesario considerar la posible reducción de disponibilidad y el incremento del precio del combustible. Si bien la crisis económica global supuso un recorte a la escalada de precios de los combustibles y diversos acontecimientos geoestratégicos están afectando al precio del petróleo, es previsible que la tendencia a largo plazo sea un incremento del precio provocada por la demanda de las economías emergentes. Respecto a la disponibilidad, es importante





## Sistemas de generación de energía actuales en zona de operaciones

Debido a las características de los países anfitriones anteriormente mencionadas, actualmente la generación de energía en despliegues internacionales depende casi exclusivamente del uso de grupos electrogeneradores diésel.

Estos generadores proporcionan energía a todos los sistemas de la base. Se trata de una tecnología robusta, adaptada al entorno militar y usada durante décadas por las fuerzas armadas. Su elevada movilidad es de gran valor en las operaciones militares tradicionales, así como en las primeras fases de los despliegues actuales.

Pese a sus ventajas tácticas, su uso implica una elevada huella logística, tanto por el elevado volumen de material que supone su despliegue como por la necesidad de transportar grandes cantidades de combustible. En ocasiones, a estas dificultades logísticas se añade la necesidad de transportar repuestos dada la escasez de los mercados locales. Las duras condiciones de uso en ciertos climas (temperatura, arena, polvo, etc.) hacen que la necesidad de mantenimiento sea constante.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, hay que tener en cuenta que es habitual que se sobredimensione la capacidad de generación en torno a un 20% de la potencia máxima que podría darse en la base si todos los equipos existentes entraran a la vez en funcionamiento. Para ello se instalan generadores redundantes que van entrando en servicio de forma secuencial, permitiendo que otros generadores puedan realizar paradas técnicas y mantenimientos programados. Por este mismo motivo, los generadores trabajan por debajo de su potencia nominal, habitualmente al 50%, de forma que en caso de fallo de uno de ellos, el resto de generadores aumenten su generación de forma inmediata evitando caídas de potencia<sup>3</sup>. Esto provoca un sobredimensionamiento en la capacidad nominal de generación y una eficiencia energética muy baja.

En cuanto a los consumos, una vez que se ha completado la fase de despliegue inicial, durante la cual los niveles de confort son más bajos, el nivel de servicios de una base es bastante elevado, por lo que los ratios de consumo son similares a los de una ciudad desarrollada. Debido a las condiciones climatológicas, es bastante habitual que el consumo en climatización y en los edificios de cocina y lavandería sea una parte muy grande respecto al total.

Un aspecto fundamental a la hora de planificar el sistema energético de una base es la seguridad del suministro energético durante veinticuatro horas al día, principalmente en instalaciones críticas como son el puesto de mando, centro de comunicaciones, zona sanitaria, cocina o sistema de seguridad. La distribución de la red eléctrica habitual

---

3 La transición de potencia la soportan sistemas de control de potencia.

implica la distribución de los generadores entre varios centros de suministro, con el fin de garantizar los suministros críticos, mejorar la seguridad de la red y evitar pérdidas de tensión al reducir las distancias de cableado.

## Metodologías de cálculo del coste integral de la energía

Desde las intervenciones en Afganistán e Irak, varios países occidentales establecieron la necesidad de establecer metodologías para calcular el coste real del combustible en zona de operaciones. Los factores que impulsaron este tema fueron los siguientes:

- El incremento del coste logístico asociado al transporte de combustible y su elevado volumen suponía una parte importante del presupuesto de dichas operaciones. Esto hizo que en ocasiones se presentasen valores de coste asociado muy elevados ante la opinión pública, sin tener una metodología de cálculo validada. Por ejemplo, el ejército estadounidense estimaba que el litro de combustible, que podía ser adquirido por 0,7 dólares/litro en territorio nacional, tenía un coste asociado de hasta 160 dólares/litro en zona de operaciones<sup>4</sup>.
- El uso intensivo de vehículos y plataformas en estas operaciones disparó el gasto asociado a su vida útil. Por tanto, se consideró necesario tener una estimación realista del consumo de combustible tanto de las plataformas existentes como de futuras adquisiciones para poder tener una medida del coste asociado a lo largo de todo su ciclo de vida.
- En el mercado civil el coste de una tecnología de generación de energía está bastante bien establecido, gracias a que se conocen los costes de instalación y de operación y mantenimiento y pueden compararse con el precio de kWh del mercado eléctrico. Sin embargo, a nivel militar no existía una metodología que permitiera conocer de forma real dichos costes ni para tecnologías nuevas ni para los sistemas de generación en uso.
- En algunos países el esfuerzo para la lucha contra el cambio climático se había extendido hasta las operaciones militares internacionales, dado el elevado porcentaje de consumo de energía que representan sus fuerzas armadas frente al conjunto del país. Por ello, se impulsó la necesidad de establecer unas métricas que permitieran conocer la huella de carbono asociada a los despliegues, de forma similar a la que se usa para cualquier otra actividad en el ámbito civil.

---

4 “How much does the Pentagon pay for a gallon of gas?” <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2010/April/Pages/HowMuchforaGallonofGas.aspx> [Consulta: septiembre 2015].

Como primer intento de implementación de estas métricas, el Departamento de Defensa estadounidense decidió establecer una métrica sobre energía para ser incluida dentro de los KPP (*Key Performance Parameters*), métricas que miden las capacidades básicas o esenciales de un sistema militar y que deben ser revisadas por el Departamento. Del cumplimiento de las KPP depende la continuación, incremento o cancelación de los programas de adquisición. Tradicionalmente, los KPP incluyen valoraciones de protección de la fuerza, supervivencia, conectividad y sostenibilidad. Para ello, se estableció el FBCE (*Fully Burdened Cost of Energy* – Coste integral de energía) como KPP de uso en aquellos sistemas que lo requieran.

Dado el interés de otros países occidentales, entre 2008 y 2012 el panel SAS (*System Analysis and Studies*) de la STO (*Science and Technology Organization*) de la OTAN estableció grupos de trabajo<sup>5</sup> con el fin de establecer una metodología estándar a nivel OTAN para medir los costes asociados al transporte de combustible. En estos grupos participaron Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Noruega y Reino Unido, junto con Australia en calidad de país observador. El trabajo del grupo partió del enfoque estadounidense del FBCE, así como de los trabajos ya bastante desarrollados de Canadá y Reino Unido en esta área.

El FBCE incluye los siguientes elementos:

- Precio de la materia prima (*Energy Commodity Price* – ECP). Es el coste de compra de combustible, que deberá tener en cuenta la posible diferencia de precio si es comprado a un suministrador local en zona de operaciones.
- Coste táctico de suministro (*Tactical Delivery Price* - TDP) incluye tanto los costes de operación y apoyo al transporte como los asociados a la depreciación de los vehículos de suministro y de las posibles infraestructuras asociadas.
- Coste de infraestructuras de operación y apoyo (*Infrastructure Operations and Support Price* - IOSP) incluye todos los costes de despliegue y de operación y mantenimiento de las instalaciones de suministro de energía, siempre que sean operadas por las FAS.
- Coste de seguridad (*Security Price*– SP) Incluye los costes asociados a la protección de la cadena logística en entornos hostiles, incluyendo el coste del combustible y el resto de costes asociados vistos hasta ahora, así como la depreciación de los vehículos y plataformas empleados en la protección. En algunos escenarios, éste puede ser el coste más elevado de toda la estimación del FBCE.

La metodología del FBCE permite establecer el coste integral incluyendo todos los costes asociados según el escenario determinado para la misión, permitiendo obtener

---

<sup>5</sup> NATO-RTO-ET.BE. “*Power and energy in Operations*” (2008-2009) y NATO-RTO-SAS-o83 “*Power and energy in Operations*” (2010-2013)

una valoración que puede ser usada en distintos ámbitos: tanto en la planificación de la logística de la operación (siempre de la mano de las herramientas de planificación de escenarios), como en el desarrollo de programas de I+T, desarrollo o adquisición de todo tipo de sistemas donde el consumo de energía sea un factor relevante (sistemas electrónicos, plataformas tripuladas y no tripuladas, sistemas de generación de energía en campamentos, etc.).

A nivel Agencia Europea de Defensa (EDA), el estudio *Dependencies on Fuels and Impact of Alternative options for Crisis Management Operations* (FUEL-D) desarrollado por ISDEFE durante 2012 permitió desarrollar una herramienta basada en escenarios para el análisis de alternativas tecnológicas en el suministro de energía en operaciones de gestión de crisis. Para validar el modelo, se emplearon datos de consumo de combustible en bases reales situadas en zona de operaciones de diversos países miembros de la UE.

## Estado del arte de nuevas tecnologías de generación de energía

Debido a los problemas que conlleva el uso casi exclusivo de generadores diésel (poca eficiencia, elevada carga logística, incremento de costes asociados) parece necesario el uso de nuevos sistemas que permitan una mayor independencia energética de las bases y campamentos y reduzcan el consumo de combustible. Estos nuevos sistemas deberán actuar en uno o varios de los siguientes campos:

- Generación de energía, ya sea incrementando la eficiencia en los sistemas convencionales, mediante energías renovables o incluso mediante la generación directa de energía térmica para determinados usos.
- Gestión de redes eléctricas, mediante sistemas inteligentes de gestión y con sistemas de almacenamiento de energía.
- Mejora de la eficiencia energética.

## Perspectiva del empuje civil

El desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la energía ha recibido un importante impulso en los últimos 20 años. Si bien gran parte del desarrollo tecnológico en este ámbito se basa en el aprovechamiento de energías renovables para la generación de energía, no se pueden olvidar desarrollos en áreas como el almacenamiento y distribución de energía, los nuevos combustibles o la arquitectura bioclimática.

De forma general, la configuración de los sistemas eléctricos actuales, está desarrollada para transportar la energía desde centrales de gran potencia hasta los

centros de consumo a través de grandes distancias y de forma unidireccional. Estas tecnologías han seguido un proceso de crecimiento en su potencia, tanto de los propios sistemas (por ejemplo el aumento progresivo de la potencia de los aerogeneradores eólicos) como de las instalaciones (construcción de instalaciones fotovoltaicas de gran tamaño, en lugar de pequeños huertos solares cercanos a los puntos de consumo).

No obstante, los avances en tecnologías TICS y de almacenamiento aplicadas al transporte y distribución de energía eléctrica que veremos más adelante en este capítulo, permitirán la integración de tecnologías de producción eléctrica descentralizada a nivel local en el sector civil. Este cambio permitirá que las tecnologías desarrolladas tengan un mayor grado de aplicación al ámbito militar. Por tanto, es de esperar que a corto plazo, la mayoría de las soluciones basadas en energías renovables y otras tecnologías novedosas en esta área vengán implementadas a partir de soluciones comerciales existentes en el mercado. No obstante, pese a la importancia del empuje civil en este campo, es necesario señalar que la adaptación de estos sistemas presenta varios retos:

- Adaptación al entorno. Las tecnologías desarrolladas para el sector civil deben adaptarse para su uso en entornos militares en varios aspectos: condiciones climatológicas, fiabilidad, robustez, firmas térmicas, acústicas y visuales.
- Facilidad en el despliegue. La temporalidad de las instalaciones hace necesario que los sistemas de generación de energía sean fácilmente desplegados, modulares y estandarizados, lo que supone un desafío para algunas tecnologías, que habitualmente requieren de un diseño específico en cada instalación o están pensadas para ser desarrolladas como infraestructuras fijas.
- Tecnologías finales no duales no competitivas. En el caso de que existan tecnologías cuyo nicho de aplicación sea puramente militar, éstas podrían no ser desarrolladas o su coste sería demasiado elevado frente a otras tecnologías que sean de uso civil, debido al empuje de dicho mercado y a la reducción de precio debida a economías de escala.
- Escalado de los sistemas. Como se ha indicado anteriormente, la mayoría de tecnologías civiles en este ámbito han sido diseñadas para su integración en grandes redes nacionales de energía eléctrica, por lo que su integración en redes de mucho menor tamaño, o la reducción de escala para su adaptación al uso en despliegues puede suponer un desafío a nivel técnico.

Por último, considerando la variabilidad de recursos en los sistemas basados en energías renovables y la novedad de uso en el entorno militar, se considera que no existe una única tecnología ganadora, sino que la solución más probable sea la integración de distintas fuentes de energía, intentando evitar que ello suponga un elemento de distorsión en la cadena logística por el incremento en la necesidad de suministro de equipos y repuestos.

## *Energía solar fotovoltaica*

Para analizar las capacidades de uso de la energía solar fotovoltaica es necesario dividir sus tecnologías en varios grupos. Las tecnologías convencionales que actualmente copan el mercado mundial están basadas en silicio policristalino y en silicio monocristalino (en torno al 55% y 35% del mercado mundial respectivamente). Se trata de tecnologías muy maduras, en las que sus ratios de eficiencia han permanecido estables a lo largo de los últimos 15 años (en torno al 20% y al 25% en eficiencia de celda, respectivamente), y en la que la mayor parte del esfuerzo en I+D se ha centrado en la reducción de costes de producción. Según la denominada Ley de Swanson<sup>6</sup>, el precio de los paneles solares se reduce un 20% cada vez que la producción de paneles se duplica. Con las tasas de crecimiento del mercado, esto supone una reducción de precio a la mitad cada diez años. Actualmente se considera que el coste de los módulos solares está en condiciones de hacer competitivo el autoconsumo sin necesidad de subvenciones a esta tecnología.

Una segunda tecnología es la energía fotovoltaica de concentración (CPV – *Concentrated PhotoVoltaics*), en la que la luz solar se concentra sobre la célula mediante sistemas de concentración, habitualmente lentes Fresnel. Dentro de las células de concentración basadas en silicio, la mayor eficiencia se ha logrado en células solares de cuádruple unión, en las que se ha alcanzado un rendimiento del 46%. Existen dos factores que han limitado su uso: el mayor coste de estos sistemas y la necesidad de usar sistemas de seguimiento para orientar los paneles y su instalación en lugares despejados, ya que requieren luz solar directa con un ángulo de incidencia muy restringido. Debido a su complejidad hace que no sean una opción en la mayoría de escenarios de operaciones exteriores.

Por su parte, las tecnologías de capa fina se basan en la deposición o recubrimiento de sustratos (vidrio, polímeros, metales) con capas delgadas de materiales fotoactivos (tanto silicio amorfo como otros materiales novedosos, como telurio de cadmio –CdTe o el seleniuro de cobre-indio galio o CGIS –  $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ ). Estas células requieren mucha menor cantidad de material (hasta el 1% de las convencionales) y procesos más sencillos para su fabricación, por lo que su coste siempre ha sido menor que el de las tecnologías convencionales. Tras grandes esfuerzos en I+D, se está logrando que estas tecnologías logren, a nivel de célula solar, eficiencias similares a las convencionales. Cabe destacar el CdTe, que ha pasado de una eficiencia del 16 al 21% en cinco años (entre el 21% y el 23%) y ha comenzado a ser usado en granjas solares de gran capacidad (100-500 MW) por lo que se espera que su precio continúe bajando. Como ventajas

---

<sup>6</sup> Se trata de una ley empírica formulada por Richard Swanson, fundador de *SunPower Corporation*, basada en el análisis de la curva de aprendizaje tecnológico, aplicado en la industria fotovoltaica desde mediados de los años 90. Se trata de un enunciado similar a la más conocida “Ley de Moore” sobre el crecimiento de la velocidad de procesadores.



adicionales para uso en defensa, cabe destacar que tienen un peso mucho menor y es posible integrar las células en sistemas flexibles.

Por último, otras tecnologías como las células solares orgánicas pese a ser muy prometedoras, se encuentran aún en fase de I+D. En estas células, la capa activa está formada por polímeros u otras moléculas orgánicas, lo que permitiría unos costes de fabricación muy bajos. Debido a su grado de madurez, han pasado de unas eficiencias en torno al 5% a estar en el rango del 11-12%. Dentro de estas nuevas tecnologías cabe destacar el desarrollo de células solares basadas en perovskitas, un material híbrido orgánico-inorgánico que ha comenzado a estudiarse recientemente como sustrato de células solares. Los primeros datos de laboratorio, de 2009 indicaban una eficiencia del 3,8%, que ha saltado hasta un 20,1% en 2014.

De forma general, parece que la tecnología fotovoltaica actual podría cubrir una parte del consumo energético, tanto por su desarrollo tecnológico como a nivel de efectividad de coste. No obstante, deberían tenerse en cuenta las siguientes barreras:

- Eficiencia en temperaturas extremas. Sería necesario comparar la eficiencia real de módulos de distintas tecnologías, sometidas a las condiciones térmicas habituales en posibles escenarios futuros, dado que los valores comerciales están establecidos para 25°C.
- Vida útil en condiciones extremas. Además de la temperatura, otros factores ambientales como polvo, arena o salinidad pueden afectar al rendimiento de los paneles o incrementar el coste de mantenimiento de los sistemas.
- Configuración de la red fotovoltaica. Según el tipo de misión, será posible instalar huertos solares junto a la base o se requerirá que los sistemas fotovoltaicos sean instalados sobre tejado en los módulos de la base. Actualmente, numerosas empresas han comenzado a ofrecer soluciones basadas en módulos de vida o de comunicaciones en los que se instalan sistemas fotovoltaicos desplegados.

## *Energía eólica*

Los principales avances tecnológicos en los últimos 20 años en energía eólica han consistido en el desarrollo de aerogeneradores de cada vez mayor potencia, para ser empleados en parques eólicos de generación de energía en emplazamientos con vientos fuertes. De este modo, la energía eólica ha alcanzado importantes cuotas de generación eléctrica en varios países como España, Alemania o Dinamarca.

No obstante, este tipo de turbinas no es aprovechable en el entorno militar por su elevada vulnerabilidad dado su gran tamaño. Por ello, las soluciones basadas en energía eólica que podrían ser aplicables en el entorno militar deben centrarse en



un nicho de mercado más pequeño, como son los generadores mini eólicos para uso residencial o en zonas semiurbanas. Estos aerogeneradores deben trabajar con vientos suaves o medios, alcanzado rápidamente su potencia nominal.

El rango de potencias en el que se define habitualmente la mini eólica es de hasta los 100 kW. Actualmente existe un amplio número de diseños para estos sistemas, dado que el sector aún no está maduro y dado que según las características del emplazamiento (velocidad media del viento, variabilidad y estabilidad del viento, nivel de ruido permitido) existen unos diseños más eficientes que otros.

Por ello, en este nicho existen aerogeneradores de eje vertical de tres o más palas, aerogeneradores de eje horizontal, que permiten el aprovechamiento de recurso eólico a velocidades muy bajas y regímenes turbulentos e incluso diseños en fase de desarrollo basados en vibración o en el aprovechamiento de velocidad en altura mediante dirigibles.

Una tercera posibilidad, a medio camino entre ambas propuestas es la denominada energía eólica de media potencia, habitualmente definida en el rango de entre 100 kW y 1 MW. Este tipo de turbinas requieren un menor despliegue logístico para su instalación, existiendo algunos conceptos de diseño preparados para ser transportados en contenedores estándar. No obstante, su uso solo sería posible en misiones de ayuda humanitaria, donde no existan problemas de seguridad, dado que su tamaño es bastante grande y requerirían de una instalación en las afueras de la base para evitar la contaminación acústica en la base.

De forma genérica, la energía eólica parece que podría suponer un sistema secundario para la generación de energía en despliegues, dadas las limitaciones en cuanto a tamaños y visibilidad existentes en la mayoría de los escenarios. Para ello, se deberían tener en cuenta las siguientes barreras:

- Validación. Se requeriría una validación estricta frente a las condiciones ambientales y de uso militar. Además cabe señalar el pequeño volumen de ventas y el escaso tiempo en el mercado de muchos de estos sistemas, por lo que no existe una gran muestra de casos de uso en condiciones específicas.
- Dificultad en el mantenimiento. Dado que se trata de sistemas que habitualmente se desarrollan en mercados nacionales, es previsible que existan dificultades para la obtención de repuestos en mercados extranjeros.

## Micro redes inteligentes de distribución de energía y sistemas de almacenamiento

### *Gestión de redes*

En el nivel de distribución y gestión de redes eléctricas existen dos tendencias que pueden ser aplicables en el ámbito de defensa. Por un lado, los modelos de generación distribuida, donde el usuario es a la vez productor y consumidor de energía, pudiendo llegar a constituir micro redes. A este punto se ha añadido la creciente capacidad de control automático tanto de las redes de distribución como de los elementos de consumo, añadiendo una capa de inteligencia. Todo esto ha permitido el desarrollo de las denominadas redes inteligentes o *smart grids*. La aplicación de estos avances permitiría configurar de forma más eficiente los sistemas de distribución y gestión de energía en las bases, que de hecho funcionan habitualmente como micro redes aisladas, mejorando la eficiencia energética del sistema y permitiendo integrar nuevas fuentes de generación de energía como las descritas en el apartado anterior.

En cuanto a la gestión automática de la red, actualmente se realiza mediante paneles de sincronización, que son capaces de coordinar a los grupos electrógenos de forma automática. Para la integración eficiente de otras tecnologías se requerirían sistemas de automatización y control más complejos. No obstante, el desarrollo a partir de tecnologías comerciales debería ser bastante sencillo, siempre que se tengan en cuenta los siguientes aspectos:

- Seguridad de la red. El sistema de control debe ser capaz de evitar ataques, tanto de guerra electrónica como ciberataques
- Suministro a puntos críticos. El suministro de los puntos críticos (zona de mando, sistemas de protección de la base, etc.) deberán contar con suministro de energía de forma continua.

En este ámbito cabe destacar que el Ejército de Tierra español ha comenzado a dar los primeros pasos al instalar sistemas de telecontrol de grupos electrógenos situados en zona de operaciones, que son gestionados desde el Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Ingenieros (PCMMI) de Guadalajara. Esta capacidad permite controlar el estado de los grupos electrógenos y sus variables de funcionamiento, facilitando además el mantenimiento por parte del personal operativo al tener siempre el apoyo de personal experto en territorio nacional, que dispone de información en tiempo real.

Un segundo elemento de interés en la gestión de micro redes inteligentes es la existencia de sistemas de almacenamiento de energía, que permitan mejorar la eficiencia

del sistema. Estos elementos permiten mantener los sistemas de generación trabajando a su potencia nominal, donde son más eficientes, absorbiendo energía cuando hay poca demanda y devolviéndola a la red cuando existe un pico de demanda, evitando sobredimensionar la capacidad de generación y mantener equipos de generación en funcionamiento en previsión de que entren nuevas cargas en el sistema.

### *Baterías y condensadores*

La opción tradicional de almacenamiento basada en baterías convencionales de ácido-plomo tenía importantes desventajas a nivel logístico debido al gran peso y volumen que ocupaban, por lo que solo se empleaban como sistemas de back-up de equipos electrónicos críticos (sistemas de mando y comunicaciones, hospital de campaña) hasta la entrada de los electro generadores de reserva. Sin embargo, los avances del mercado civil en nuevas tecnologías de baterías con una mayor energía específica (relación energía/peso) han hecho que estos sistemas puedan ser vistos como un sistema de interés como apoyo a micro redes en despliegues.

El empuje de la electrónica de consumo ha hecho que la tecnología de ion-litio pase a ser cada vez más común. Gracias a la experiencia acumulada en ese campo, los fabricantes han logrado dar el salto a otros ámbitos que requieren mayores rangos de energía y potencia, como el vehículo eléctrico o los sistemas de back-up para viviendas. Actualmente existen sistemas comerciales de baterías con una energía específica entre dos y tres veces mayor que los sistemas de ácido plomo y una densidad energética (energía/volumen) cinco veces mayor.

En fase de I+D se encuentran numerosas tecnologías, como las baterías de litio-polímero (LiPo), ya disponibles comercialmente y con prestaciones superiores a las de ion-litio, y otras bastante prometedoras gracias al desarrollo de nuevos materiales como el grafeno o nanoconductores, y basadas en nuevas técnicas de producción, como batería de capa fina.

De forma similar, en los últimos años los avances en nuevos materiales y mecanismos de producción han hecho que los condensadores tradicionales, que por su elevado peso solo podían usarse como dispositivos de descarga rápida en aplicaciones electrónicas, hayan dado paso a los denominados súper condensadores. El diseño de sistemas híbridos batería-súper condensador permite una gran flexibilidad para hacer frente a picos de carga/descarga alargando la vida útil de los sistemas de almacenamiento de energía.

Como posibles barreras a su uso como sistemas de apoyo a redes en bases y campamentos se encuentran:

- Rango de temperaturas. Al igual que sucede con la energía fotovoltaica, la capacidad de las baterías y su vida útil se ve afectada en el caso de elevadas temperaturas, por lo que en ocasiones se requieren sistemas de refrigeración.
- Velocidad de carga/descarga. En caso de implementación, los sistemas de almacenamiento deberán estar dimensionados para poder hacer frente a picos de potencia elevados, por lo que la complejidad del sistema es mayor que en sistemas residenciales donde se puede realizar una gestión de las cargas de consumo.

### *Pilas de combustible*

Una segunda alternativa para el almacenamiento y la generación de energía eléctrica son las pilas de combustible. Las diversas tecnologías existentes se adaptan según la potencia y la movilidad requeridas.

En los rangos de potencia alta (kW-MW) y aplicación estacionaria, se emplean pilas de media y alta temperatura como las PAFC (pilas de combustible de ácido fosfórico) y MCFC (pilas de combustible de carbonato fundido), que permiten su uso como fuente de energía térmica y el empleo de distintos combustibles, mientras que en el rango de aplicaciones de media potencia estacionarias, las tecnologías más comunes son las PEMFC (pilas de combustible de membrana de intercambio protónico) y las SOFC (pilas de combustible de óxido sólido).

Para su uso como sistemas de almacenamiento de energía, y dado que el transporte de hidrógeno no es una alternativa viable desde el punto de vista logístico, deberían usarse en la mayoría de los casos en combinación con electrolizadores, de forma que se realizase un circuito semi cerrado entre el electrolizador y la pila de combustible, o mediante reformadores que produzcan hidrógeno a partir de combustible convencional. Desde el punto de vista logístico, las pilas de combustible cuentan con la ventaja de tener un menor peso y volumen que las baterías. No obstante, dado que es una tecnología aún no madura y bastante sensible a las condiciones ambientales, junto con la complejidad del sistema de reformador/electrolizador y pila de combustible, presenta dificultades aún no resueltas.

## Nuevas tecnologías para mejora de la eficiencia energética

### *Eficiencia energética y generación de energía térmica (calor y frío)*

Las técnicas de mejora de eficiencia energética cubren un amplio espectro: nuevos materiales y técnicas de edificación, mejora de eficiencia de sistemas y procesos (como sistemas de iluminación), gestión de la demanda energética, etc.

Desde el punto de vista de los sistemas de generación de energía, existen dos puntos fundamentales de mejora de la eficiencia. El primero de ellos es el aprovechamiento térmico del calor residual en sistemas de generación de energía, con el fin de desarrollar sistemas de cogeneración (generación de electricidad y calor) y trigeneración (generación de electricidad, calor y frío). Esto hace que la eficiencia total del sistema pase del 35-40% habitual de un grupo electrógeno (funcionando en su potencia nominal) a un 75-80% en el caso de cogeneración y de hasta el 90% en caso de trigeneración. Existen numerosas aplicaciones comerciales ya desarrolladas, pero existen algunas barreras para su implementación:

- Posibilidad de modernización. El uso de estas técnicas podría no ser posible mediante la adaptación de equipos ya existentes.
- Configuración del campamento. En las soluciones comerciales no existe gran distancia entre el punto de generación de energía eléctrica y los consumos de calor y/o frío. Sin embargo la configuración de las bases en zonas separadas podría suponer una dificultad para implementar redes de calor y climatización.

Una segunda posibilidad es la aplicación de sistemas de energía solar térmica de baja temperatura, que permiten el aprovechamiento del entorno para la generación de energía térmica reduciendo el consumo energético. La aplicación de estos sistemas en sistemas de apoyo para la producción de agua caliente para módulos de duchas puede lograr importantes reducciones del consumo sin requerir grandes modificaciones sobre los sistemas actuales.

Además, la mejora de la eficiencia debe verse también desde el punto de vista de los sistemas de construcción y materiales empleados en las infraestructuras de las bases y campamentos. Cabe destacar el ejemplo de EE. UU., y Reino Unido que emplearon espumas aislantes sobre las tiendas de campaña en Irak y el sur de Afganistán, logrando recuperar la inversión en solo menos de un mes gracias al coste directo del combustible ahorrado<sup>7</sup>.

---

7 “Army saves fuel and lives by bringing new life to an old technology”. <http://www.army.mil/article/20777/> [Consulta: Septiembre 2015].

Por otro lado, existen ciertas sinergias que pueden surgir al tratar otros problemas logísticos de las bases, como son el uso eficiente y el tratamiento de agua y la gestión de residuos.

### *Valorización energética de residuos y biomasa*

La valorización energética agrupa una serie de tecnologías empleadas en el mundo civil para el aprovechamiento y reciclado de residuos sólidos urbanos, subproductos industriales y biomasa. Se clasifican en métodos termoquímicos (combustión, pirólisis y gasificación), métodos químicos (producción de biodiésel mediante transesterificación) y métodos bioquímicos (producción de bioetanol mediante fermentación alcohólica y producción de biogás a través de la fermentación o digestión anaerobia).

Los desarrollos de estas tecnologías se realizan principalmente en la adaptación de los sistemas a la materia prima de origen para optimizar el rendimiento global y, en el caso de generación de combustibles, en la obtención de productos que cumplan las normativas de comercialización correspondientes.

Las posibles aplicaciones en bases y campamentos se centran en la valorización de residuos, de forma que se logre tanto mejorar la eficiencia energética de la base, como reducir el problema logístico que supone la eliminación de residuos. Dentro de este ámbito, cabe destacar el ejemplo del proyecto TGER (*Tactical Garbage to Energy Refinery*) del Ejército estadounidense, que ya ha sido probado en zona de operaciones<sup>8</sup>. Cada sistema TGER da apoyo a una unidad de 550 personas que genere unos 1300kg de residuos al día, pudiendo procesar unos 1000 kg de estos residuos para alimentar un generador estándar diésel de 60 kW. El sistema tiene una eficiencia eléctrica del 90%, ya que sólo requiere de un 10% de la energía eléctrica para hacer funcionar los subsistemas. La reducción en volumen de los residuos es de 30 a 1. En cuanto a posibles barreras de estos sistemas (abordables viendo la experiencia norteamericana con el sistema TGER) podemos encontrar:

- Variedad de residuos. Al contrario que los sistemas civiles, que suelen estar adaptados a una materia prima específica para optimizar el sistema, los sistemas de uso militar deberán estar adaptados para usar una amplia variedad de residuos.
- Escala. La mayoría de sistemas de valorización de residuos suele estar enfocada a escalas de potencia de un orden de magnitud superior. Además, dado que son instalaciones fijas y diseñadas *ad hoc*, puede ser necesario un esfuerzo de ingeniería para poder desarrollar sistemas transportables en contenedores estandarizados.

---

<sup>8</sup> “Army scientists improve garbage-to-energy prototype device” [www.army.mil/article/92383](http://www.army.mil/article/92383) [Consulta: septiembre 2015].

## Conclusiones

Como se ha descrito en los puntos anteriores, el gran desarrollo tecnológico en las áreas de generación de energía y eficiencia energética en el sector civil ha abierto un amplio abanico de posibilidades para su aplicación en el ámbito militar. Este desarrollo continuará en los próximos años tanto en la reducción de costes de tecnologías maduras como en la mejora de aquellas que aún están en fase de I+D.

Considerando el gran número de tecnologías que existirán en este ámbito a medio plazo, desarrolladas en el ámbito civil, sería recomendable centrar los esfuerzos en:

- Disponer de sistemas que permitan probar cada una de esas tecnologías en condiciones ambientales extremas, similares a las que pueden encontrarse las FAS en sus misiones<sup>9</sup>.
- Abordar soluciones que faciliten su integración en el sistema eléctrico de bases y campamentos. Con el fin de que esta integración sea lo más sencilla y efectiva posible, es probable que se desarrollen esquemas de arquitectura abierta<sup>10</sup> de forma similar a los que ya se están desarrollando para plataformas terrestres<sup>11</sup>.

La implementación más probable de estas tecnologías pasa por una primera fase en la que se introduzcan conceptos de gestión inteligente de la red y sistemas de back-up de almacenamiento de alta capacidad que permitan mejorar el rendimiento del sistema de generación adecuando la capacidad de generación y la potencia de funcionamiento de los grupos electrógenos a la demanda real.

A medio plazo, se hará efectiva la integración nuevos sistemas de generación basados en energías renovables a partir de sistemas comerciales adaptados al entorno operativo que cubran parte de la potencia de generación, manteniendo una reserva de electro generadores para mantener los suministros críticos.

Por su parte, la mejora de la eficiencia energética pasa principalmente por la modernización de equipos, con especial énfasis en los sistemas de climatización y en los sistemas de aislamiento de módulos de vida, introduciendo métricas y requisitos

---

<sup>9</sup> En esta línea de trabajo, la EDA tiene pensado probar el demostrador *Smart Energy Camp* en la Misión de Entrenamiento UE en Mali. Fuente: <http://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/operations-support> [Consulta septiembre 2015]

<sup>10</sup> En este ámbito cabe destacar el enfoque integral seguido por el Reino Unido con el desarrollo de la Generic Base Architecture (GBA), que incluye aspectos como infraestructura de energía, protección de la fuerza, protección frente a guerra electrónica, etc.

<sup>11</sup> Las numerosas nacionales de países de nuestro entorno se están viendo reunidas en las iniciativas de OTAN *Generic Vehicle Architecture* y EDA LAVOSAR y LAVOSAR II.



de eficiencia energética actualizados al estado de las tecnologías actuales en el proceso de adquisición.



## Capítulo V

# Mando y control logísticos

*José Manuel Mateo Alonso*

### Introducción

La rápida evolución de las Tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) ha permitido, desde el final de la denominada “Guerra fría”, una concienciación de las posibilidades y capacidades que la información generada por procedimientos digitales proporciona a los procesos de toma de decisiones de todas las actividades relacionadas con las operaciones militares. Además de ello, es importante resaltar que este salto tecnológico, analógico-digital, ha permitido concebir la globalización como una idea que afecta a todas las actividades tanto civiles como militares.

Durante este proceso, la globalización<sup>1</sup> ha producido un cambio del centro de gravedad del desarrollo de las tecnologías, basculando desde el ámbito militar al civil, donde las inversiones superan con mucho las que se realizan a nivel público en Defensa. En este sentido, el resultado es palpable sobre todo en el terreno de las comunicaciones, y dentro de ellas, en los sistemas de Información para el Mando y Control que ayudan, como se ha apuntado, al proceso de toma de decisiones del Jefe cualquiera que sea su nivel. Un ejemplo de este cambio es el actual desarrollo e inversión tecnológica que realizan las grandes empresas de distribución y que son pioneras en la aplicación de sistemas de Mando y Control para tener una información puntual y detallada en tiempo real de los recursos en movimiento y poder actuar sobre el proceso si fuera necesario.

En el presente documento, se pretende exponer de manera resumida aquellas características y procedimientos de Mando y Control existentes para apoyar la maniobra logística en operaciones militares, ya sea en territorio Nacional o fuera de

.....

<sup>1</sup> Globalización: Entendido como la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo uniendo sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas que les dan un carácter global.

él, como es el caso de las Operaciones que se están desarrollando actualmente en el Océano Índico, África o Asia principalmente, y como mejorar para reducir la huella logística y la eficiencia de cara a la satisfacción de las necesidades del usuario final.

## Conceptos relacionados con el Mando y Control

Para ello, es preciso comenzar delimitando con claridad qué se entiende por Mando y Control, los sistemas de información para el Mando y Control, cómo se relaciona con la maniobra logística y cómo la afecta en Operaciones.

### *El Mando y Control*

Existen varias definiciones de “Mando y control” como concepto militar moderno, pero parece claro que nace en paralelo con la carrera armamentística entre bloques que provocó la llamada guerra fría, tal y cómo se ha apuntado en la introducción. Desde entonces se han sucedido numerosos acrónimos que tratan de recoger la evolución de este concepto en relación con las nuevas tecnologías asociadas a capacidades militares; así surge inicialmente el concepto Mando y Control C2; el C3 cuando se une al anterior la parte correspondiente a las comunicaciones (en entorno USA), o bien, “C2 consultas” (en entorno OTAN) ampliando el Mando y Control al campo de las consultas políticas, C2I cuando trata sobre procesos relacionados con la Inteligencia, C4ISR consistente en un concepto C2 ampliado a las comunicaciones, computadoras, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR); y un sinfín de siglas para finalmente llegar al concepto C2IS como Sistemas de Información para el Mando y Control y que es el acrónimo que mejor resume la filosofía aplicable en lo que respecto a Mando y Control Logístico (en operaciones) se refiere.

Cabe por tanto decir, que el Mando y Control no es un fin en sí mismo, sino un multiplicador del ejercicio de la autoridad. En concreto, el Mando y Control se refiere a la capacidad de concentrar los esfuerzos de individuos u organizaciones, incluyendo la información para realizar una tarea o alcanzar un objetivo. En este sentido, la Doctrina USA establece que *“Mando y Control es el ejercicio de la autoridad y la dirección realizado por un Jefe debidamente nombrado para dirigir la fuerza asignada en el cumplimiento de una misión”*.

---

2 MONFORTE MORENO, Manfredo y otros. *Introducción a los sistemas de información para el Mando y Control Militar*. Madrid, Ministerio de Defensa, 2010.

Otros autores, entre los que destacan Pigeau y McCann lo definen como: “*Mando, es la expresión creativa de la voluntad humana necesaria para el cumplimiento de la misión; Control es el conjunto de estructuras y procesos desplegados por el mando para facilitar y gestionar el riesgo*”.

No obstante el hecho de que se necesite Mando y Control para la ejecución de una misión, no implica su éxito, ya que éste depende de otros factores externos incluyendo el comportamiento del enemigo y los medios asignados. De esta manera, debe llegarse a un equilibrio en la conducción de las operaciones militares, evitando que un exceso de Mando y Control se traduzca en una merma del rendimiento de la Unidad o una sobrecarga innecesaria para el logro de los objetivos marcados.

El Mando implica la creación de nuevas estructuras de control u operativas, iniciar y terminar la acción y modificar las estructuras de control en caso necesario; mientras que el Control implica la monitorización de las estructuras y procesos una vez iniciada la acción, llevar a cabo los procesos preestablecidos y ajustar los procedimientos de acuerdo con el planeamiento establecido.

En definitiva, Mando se refiere a una actividad intrínsecamente humana, mientras que el Control tiene una clara dependencia tecnológica mediante procesos de automatización.

### *Los sistemas de información para Mando y Control*

El Mando y Control, para poder ejercerse, necesitan de sistemas de información adecuados. En el caso que nos ocupa, los sistemas de información son los componentes que capturan, procesan, almacenan, transmiten, presentan, diseminan y actúan sobre la información, que, en definitiva, son los que se basan en el empleo exhaustivo de recursos proporcionados por las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).

En el ámbito militar los sistemas de información se hallan presentes en prácticamente todas las actividades, desde las de tipo logístico hasta las de mando y control en operaciones de combate pasando por todo el abanico de procesos ISR<sup>3</sup>, o simplemente de gestión de comunicaciones, por ello, el término mando y control debe complementarse con el de “sistemas de información para el mando y control (C2IS) constituido por los equipos informáticos (hardware, el software asociado y los datos), los procesos y las personas necesarias para lograr la superioridad en la información.

---

3 ISR: *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*. Inteligencia, reconocimiento y vigilancia.

## Consecuencias en la logística de los sistemas C2IS

Para articular una logística que sea capaz de proporcionar una respuesta rápida y que resulte a la vez eficaz y eficiente, es necesario que la organización tenga visibilidad completa sobre los recursos, su ubicación, niveles, operatividad, etc. así como de las actividades que llevan a cabo los usuarios finales y las necesidades que éstos tienen. En el ámbito logístico, la información es la clave del éxito.

La enorme cantidad de información que debe manejarse, hace necesario disponer de un sistema automatizado de gestión de la información logística que integre toda la información relevante desde el inicio de la cadena hasta el usuario final, gestionando y coordinando todas las acciones que se producen entre estos dos puntos, es decir, se hace patente la necesidad de contar con herramientas para el mando y Control de la maniobra logística.

El planeamiento militar, en cuanto a logística se refiere, en cualquiera de sus niveles de conducción, viene aplicando estos conceptos desde los años 90, con la participación de las FAS en misiones internacionales en las cuales se requiere rápidos despliegues, con una alta tasa de movilización de recursos personales y materiales, y que sirve para la toma de conciencia en la aplicación de los procedimientos y estrategias empleadas por las grandes empresas de distribución, pioneras en este tipo de actividades a gran escala.

La logística operativa comienza a emplear los conceptos “*business intelligence*”, “*Asset Tracking*”, logística integral, logística basada en prestaciones (PBL), sistemas de identificación automática, externalización, almacén único o virtual, logística basada en la distribución, y otros muchos. A la vez, se ha ido progresivamente abandonando conceptos que van quedando obsoletos como es la “logística funcional”, mediante la cual se analiza y planea cada función logística por separado.

### *La inteligencia empresarial o “Business Intelligence”*

Al final de esta evolución y con la mejora de los sistemas C2IS, se llega al concepto “*business intelligence*” en el sentido de emplear con profusión los medios C2IS para gestionar la información obtenida por diversos sensores, y procesarla para ayudar al Jefe en la toma de decisiones. Resultado de ello, aparece el concepto de Cuadro de Mando Integral (CMI).

El CMI es una metodología para implantar y gestionar la estrategia que, a diferencia de otras herramientas de “*Business Intelligence*” (BI), está más orientado al grado de cumplimiento de los objetivos. Este enfoque facilita, por un lado que cada

área responsable identifique sus objetivos dentro de la estrategia global - y cómo esos afectan a su actividad diaria - y por otro el conocimiento del grado de cumplimiento de los mismos, lo que facilita una gestión proactiva de la estrategia.

Permite detectar de forma visual y clara las desviaciones en el plan estratégico u operativo, e identificar las iniciativas que realmente aportan valor, favoreciendo así la revisión de los datos operativos de la organización para descubrir las desviaciones que se puedan estar produciendo.

En el Ministerio de Defensa, se ha adoptado el software COGNOS como herramienta unificada para el desarrollo de aplicaciones de BI. A modo de ejemplo, cabe mencionar los siguientes:

- CMI del Sistema de Planeamiento del Ejército de Tierra (SIPLA): Indicadores de eficacia y costes de los objetivos de Estado Mayor del Ejército establecidos en los distintos planes del Sistema de Planeamiento (SIPLA).
- CMI del Mando de Apoyo Logístico del Ejército de Tierra (MALE): Indicadores de rendimiento en procesos de adquisición, mantenimiento, transporte, abastecimiento y utilización de sistemas de información logístico en el MALE.
- CMI del Estado Mayor del Aire (EMA): Informes de control de gasto en inversiones y dietas, control de recursos humanos y tablas de dotación de material no aéreo en el Estado Mayor del EA.
- CMI del Secretario de Estado de Defensa (SEDEF): Indicadores de resultados económicos, coordinación de la planificación, uso eficaz de recursos y seguimiento de las acciones del Plan estratégico de la SEDEF.
- Además de ellos, destacan otros indicadores como es el caso del disponible en la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) para el control del proceso de planificación y el seguimiento de la ejecución de los programas de armamento y material.

Continuando con lo anterior, y tomando como ejemplo el CMI del MALE, esta herramienta permite conocer al Jefe de Unidad u Organización Operativa, de manera rápida, el estado de los vehículos, el kilometraje realizado, la disponibilidad del material, el stock de almacenaje, o la caducidad de municiones.

El CMI permite presentar de forma gráfica la información que proviene de otros sistemas tales como el SIGLE, SIPERDEF, SIPLA, etc, permitiendo al mando el seguimiento de las vicisitudes del material y personal (ejemplo del gráfico con datos no reales).



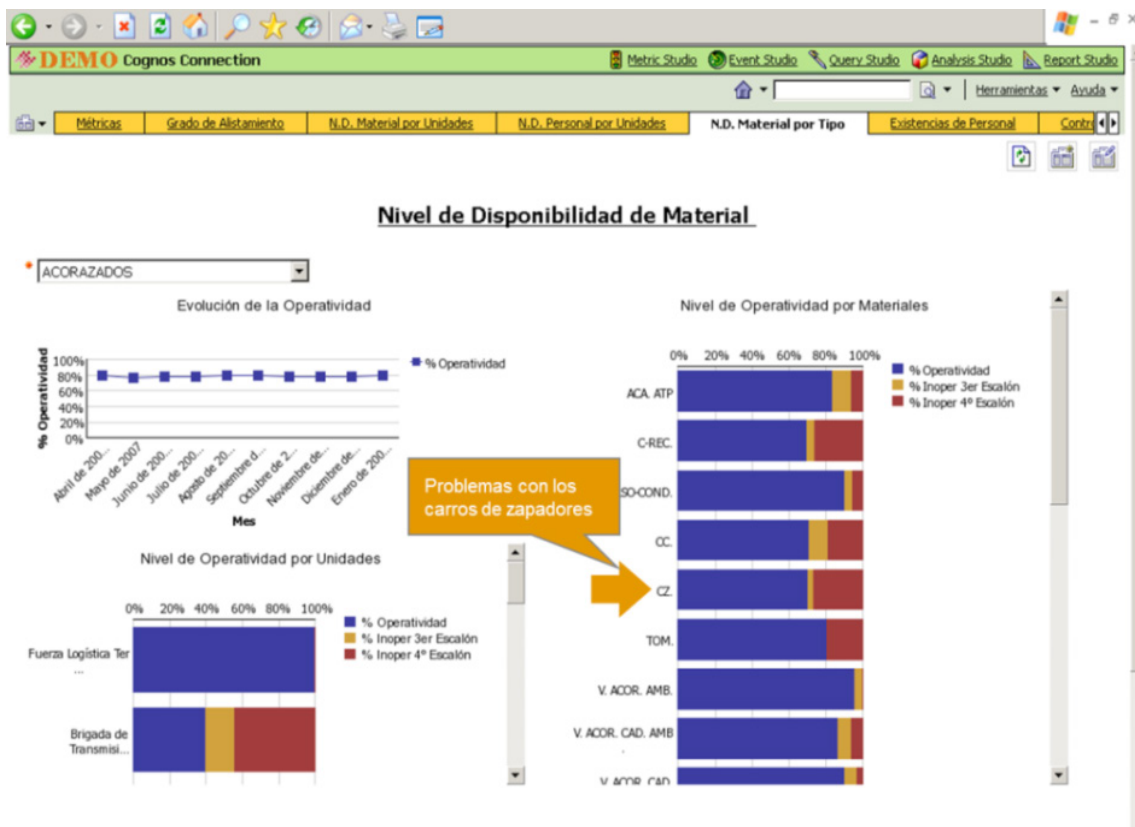


Imagen 1.

De este modo, se puede prevenir un exceso de kilometraje de un vehículo o una rotura de stock en el almacenamiento de material. La identificación de estos problemas previene al usuario para poner en marcha los mecanismos de mantenimiento pertinentes.

### *Asset Tracking<sup>4</sup>*

Se trata de un ejemplo claro de la aplicación al terreno militar de los procedimientos empresariales de seguimiento de recursos, mediante los cuales, y conforme al principio de visibilidad, es vital que el Mando posea en tiempo real toda la información posible sobre la localización exacta y estado de los recursos que abastecen el canal de apoyo logístico. La mencionada información alcanza su óptimo valor, en el marco del concepto de interoperabilidad, cuando se integra en los sistemas de Mando y Control desde diferentes sistemas de información, logísticos o no, nacionales o de otros países y organizaciones, permitiendo el seguimiento de los recursos independientemente de

4 Publicación Doctrinal APOYO LOGÍSTICO. PD3-005 del Ejército de Tierra. Capítulo I-14. Otros conceptos de aplicación del apoyo logístico.

si están en movimiento o no, o de su posición en la corriente logística. Además, como lección aprendida de conflictos recientes, se fortalece el pensamiento de que el Mando debe disponer de una visibilidad global sobre toda la corriente logística, con el objeto de poder reasignar recursos en movimiento a los puntos a los cuales la necesidad de apoyo sea mayor o prioritaria, asegurando el apoyo eficaz en el menor tiempo posible. Gracias a esto se puede optimizar el empleo de los niveles de recursos almacenados y los sistemas de almacenamiento y distribución.

Este concepto se ha extendido a los procedimientos para el seguimiento de fuerzas propias, también conocido como FFT (*Friendly Force Tracking*) y que permite a diversos C2IS aprovechar las informaciones de situación sobre el terreno, para posicionar o seguir en determinadas circunstancias (convoyes logísticos, por ejemplo) las vicisitudes de un determinado recurso.

### *Logística Integral y Logística Basada en Prestaciones o Resultados (PBL)*

La logística integral contempla en un solo proceso, desde el aprovisionamiento de las materias primas hasta la distribución del producto final. Todas las funciones que componen a la cadena del suministro se manipulan como una sola entidad, en lugar de funciones individuales que se manejan separadamente. De ella se deriva el siguiente concepto en cuanto a aplicación militar se refiere: la logística basada en prestaciones.

La logística basada en prestaciones “*Performance Basics Logistics*” (PBL) es una evolución del concepto logístico que permite su gestión mediante procesos de información de Mando y Control. En este sentido, tradicionalmente la maniobra logística se dividía en funciones logísticas tales como el personal, administración económica, abastecimiento de recursos, mantenimiento, movimiento y transporte, asistencia sanitaria e infraestructuras y obras, pero sin una dirección común o integradora que permitiera su gestión en tiempo real. Para solucionar este problema, a principio de los años 90 la OTAN adopta un nuevo concepto que trata de forma integral todo el proceso logístico, es decir, desde que se decide adquirir un producto, su abastecimiento, transporte, sostenimiento y baja, permitiendo el control de todo el ciclo de vida mediante un sistema único de información que denominamos sistema de información de Mando y Control o de forma más simplificada, sistema de Mando y Control. Ello permite generar los recursos necesarios y sostenerlos proporcionando una respuesta a las necesidades que sienten las Unidades militares, en el lugar adecuado y en el momento oportuno.

### *Sistemas de identificación automática*

Mediante códigos de barras, etiquetas y contenedores inteligentes o sistemas láser y GPS, que permiten tener una visibilidad sobre toda la cadena logística, agilizando la distribución y permitiendo la simplificación de inventarios y reducción de los plazos de gestión.

### *La externalización*

Mediante la articulación de procedimientos que permitan a empresas el seguimiento de las tareas de mantenimiento, y el movimiento, transporte y distribución de recursos aprovechando sus procedimientos, experiencia y despliegues logísticos estables (almacenaje, por ejemplo).

### *Almacén único*

Permitiendo maximizar el aprovechamiento de los recursos y reducir el material inmovilizado. En esta línea, el Almacén Virtual Único (AVU) es una iniciativa del Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE) incluida en el Plan NOGAL<sup>5</sup> que pretende reorganizar la gestión del inventario.

Además de ello, existen muchos más ejemplos de términos acuñados y empleados gracias a la aparición de las TIC, y más concretamente aplicables con la aparición de los sistemas de mando y control.

## **La Logística en las operaciones. Factores**

La logística, o mejor dicho, la función de combate Apoyo Logístico, está sometida a las mismas vicisitudes del resto de funciones en lo que a las operaciones militares se refiere y por ello requiere del empleo del Mando y Control para desplegar sus efectos en los tres niveles de conducción: el nivel estratégico, el operacional y el táctico.

.....

<sup>5</sup> Plan de Nueva Organización del Apoyo Logístico del Ejército (Plan NOGAL) consistente en la centralización de los órganos logísticos del escalón superior, eliminación de almacenamiento en escalones intermedios, externalización de servicios, gestión centralizada, etc.

En el nivel estratégico, se involucra al escalón de decisión de mayor alcance y trascendencia, generalmente de carácter político. Entre otros aspectos, implica el suministro de fuerzas y recursos en relación con la planificación estratégica.

En el nivel operacional, se planifican, conducen y sostienen operaciones y campañas militares de cierta envergadura en apoyo a los objetivos estratégicos. Es en este nivel donde se definen en detalle las actividades conducentes a la generación de recursos personales y materiales, y su posterior proyección al Teatro de Operaciones, sirviendo de enlace entre la estrategia y la táctica. Por tanto es en este nivel donde comienzan las actividades propias de Mando y Control Logístico en apoyo de las operaciones.

En el nivel táctico, la inmediatez de la acción se torna fundamental y la movilidad condiciona toda la actividad. La incertidumbre es quizá la característica más relevante y condiciona la maniobra en general y la logística en particular.

Según este enfoque, y tal y como se establece en los documentos doctrinales, la logística puede clasificarse en:<sup>6</sup>

- *Logística de interior.* La logística de interior se desarrolla en el nivel estratégico con responsabilidad conjunta y está ligada a la infraestructura económica de la Nación. En ella, tiene una importancia vital la movilización de recursos y la generación de reservas, así como su transporte. Se ocupa de conseguir los recursos necesarios para que las fuerzas puedan cumplir la misión asignada. También gestiona y aporta los medios necesarios para los movimientos de proyección de fuerza. Tiene el carácter esencial de logística de obtención.
- *Logística de operaciones.* La logística de operaciones comprende aquellos apoyos que necesitan las fuerzas para actuar en un Teatro de Operaciones. Se desarrolla en los niveles operacional y táctico. En el primero, tiene un carácter esencial de determinación de necesidades –faceta de la logística de obtención– y de logística de distribución. En el segundo, predomina la logística de consumo. La logística de operaciones se centra en los problemas logísticos que se plantean a las Fuerzas combatientes, cuya solución es responsabilidad de los Mandos Operativos.

Si bien es cierto que los sistemas C2IS están diseñados para interrelacionar los diferentes niveles de conducción de la operaciones, definir el nivel en el que van a trabajar es fundamental, puesto que los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, como el periodo de latencia y la seguridad, entre otros, son muy diferentes.

Por ello es menester destacar de forma somera, qué factores afectan directamente al diseño de los sistemas C2IS aplicables a las operaciones militares tales como el grado de incertidumbre (propio de la operación) y la forma en cómo afecta en mayor medida al nivel operacional y al nivel táctico.

---

6 Publicación Doctrinal PD3-005 APOYO LOGISTICO del Ejército de Tierra. Capítulo I.

La mera existencia de certeza sobre los acontecimientos permitiría disponer de un sistema de decisión automática, es decir, de un mero gestor de recursos. Pero este escenario ideal se desvirtúa cuando se trata de una operación en el ámbito militar donde aparece la incertidumbre por el desconocimiento de factores como la situación social, política y económica, el terreno, el ambiente, las intenciones de los diversos actores que actúan en la zona, el estado de las comunicaciones, y un largo etcétera. Todo ello afecta a cómo el jefe de la organización operativa va a disponer los medios y recursos necesarios sobre el terreno, dado que esta incertidumbre afecta más al nivel táctico que al operacional. Para el sostenimiento de la maniobra logística lo ideal es disponer de unos medios C2IS que fueran únicos en los dos ámbitos de conducción pero este deseo se trunca con la realidad de disponer de unos CIS sobre el terreno muy anclados a éste, seguros, basados principalmente en la Red Radio de Combate<sup>7</sup> y como mucho, en sistemas de comunicaciones vía satélite, mientras que el nivel operacional, permite una mayor estabilidad aprovechando los sistemas de comunicación de las redes civiles y aprovechando los procedimientos y redes de despliegue de las empresas donde es sencillo realizar un seguimiento en tiempo real de la situación y ubicación de los recursos pero que, no obstante, cuando se desciende al terreno táctico, la situación se complica debido a que se estrechan los canales de comunicación, fundamentalmente basados en la CNR, donde se debe priorizar la información a transmitir.

Otro factor que afecta a la estructura de los C2IS en operaciones es el tiempo. Los sistemas actuales permiten procesar una gran cantidad de información, pero este proceso de los datos y la adquisición del conocimiento pueden tomar mucho tiempo, llegando incluso a no llegar a tiempo, o dicho de otro modo, cuanto más tiempo empleemos en procesar la información, mejor será esta y de mejor calidad, pero antes quedará obsoleta, perdiéndose un factor clave en la operaciones que es el aseguramiento de la oportunidad. Por ello, en el nivel táctico, donde la incertidumbre es mayor y los plazos de tiempo son críticos, los sistemas C2IS deben sacrificar conceptos como la certeza y precisión en aras de la agilidad y la celeridad.

Por último, un factor que afecta de forma negativa a la eficacia de los sistemas C2IS en las operaciones es la dispersión de sistemas versus interoperabilidad. Actualmente, existen C2IS tanto a nivel táctico como operacional, con ciertas capacidades de gestión logística directamente aplicables a las operaciones pero ninguna por sí misma puede considerarse un sistema completo e interoperable con el resto, convirtiéndose, por tanto, en un problema tanto para el Jefe de una Unidad Operativa, como para el usuario o unidad apoyada, que se ve obligada a integrar en su estructuras operativas diversos componentes informáticos y de comunicaciones en vez de disponer de toda la información en un solo terminal. Esto generalmente implica la necesidad de incrementar el número de personal dedicado al manejo de los sistemas y seguimiento de la operación en un Puesto de Mando, y por otro lado, cuando se trate de unidades

---

7 CNR: "Combat Network Radio" o Red Radio de Combate.

militares embarcadas, normalmente en vehículos tácticos de combate, el incremento de los equipos que deba emplear, puede llegar a entorpecer y ralentizar las tareas de Mando.

## Sistemas C2IS logísticos empleados en las operaciones

La mayoría de los sistemas de Mando y Control desde el punto de vista logístico existentes en las Fuerzas Armadas Españolas están empeñados en la logística interior. Además de ello, los sistemas existentes no están diseñados para el Apoyo logístico en exclusiva sino para ejercer el Mando y control en el seno de las funciones de combate, Fuegos y Maniobra principalmente, y además de ello, no se trata de sistemas conjuntos si no que cada Ejército posee el suyo propio no siendo interoperables, incluida la Unidad Militar de Emergencias (UME).

Como sistemas de Mando y Control puramente operativos destacan el sistema SIMACET (Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra) con vocación de empleo en los tres niveles de conducción de las operaciones; el sistema “TALOS” de Mando y Control de Fuegos, empleado tanto por el Ejército de Tierra como por Infantería de Marina, y que dispone de una herramienta para el seguimiento FFT de las fuerzas sobre el terreno (ya descrito) y capacidad para gestión y control automático de la munición de Artillería y morteros. Además, se cuenta también con los sistemas de Mando y Control de los Puestos de Mando de Artillería Antiaérea integrados en el Centro de información y Operaciones/ Centro de Personal y Logística (CIO/CPL) con funciones básicas de gestión de munición.

No obstante, estos sistemas no son interoperables entre sí, por cuanto el Mando y Control que se pueda hacer de los recursos sobre los que tiene visibilidad, como es el caso de la munición, es relativamente escaso.

Como sistemas C2IS de logística de material, destacan:

- El SIGLE (Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejército) más orientado hacia el inventario, a saber lo que tienen tanto a nivel unidades como en sus parques, polvorines y almacenes y reflejar la compleja orgánica del Ejército de Tierra en cuestiones logísticas. Dispone asimismo de un potente módulo de movimientos de material, pero sólo para su empleo a nivel nacional, y un módulo de mantenimiento que alimenta de datos al CMI del Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE).
- El SL-2000 del Ejército del Aire, enfocado casi exclusivamente hacia la ingeniería aeronáutica, y que es una herramienta muy similar a las empleadas por las compañías aéreas civiles.

- El SIGMA-DOS de la Armada (Sistema Integrado de Gestión Logística de la Armada), enfocado a la gestión de todo el material que emplea la Armada en cuestión de víveres, repuestos, pertrechos, vestuario, combustible, munición y material consumible de limpieza, oficina y ofimática. La gestión del mantenimiento de los sistemas y equipos se realiza mediante otra aplicación que se denomina GALIA.
- El SIMGE de la UME (Sistema Integrado Militar de Gestión de Emergencias) que cuenta con un módulo logístico en apoyo a las operaciones y con el seguimiento FFT de todos sus elementos desplegados.

### *Los sistemas C2IS Logísticos a nivel OTAN<sup>8</sup>*

Para la logística de operaciones, donde se hace patente contar con una herramienta de Mando y Control Operacional, se viene empleando las capacidades del sistema C2IS OTAN denominado LOGFAS.

Este sistema OTAN nace en 1997, y deriva de las lecciones aprendidas en diversos ejercicios y operaciones, que ponen de manifiesto la necesidad de contar con una herramienta de Mando y Control específica para el apoyo logístico a las operaciones. En estas, se evidenciaba la falta de visibilidad sobre los recursos logísticos de las naciones participantes por parte de los Mandos de la OTAN. De este modo, se promueve desde SACLANT<sup>9</sup> la primera aplicación informática operacional en el ámbito de la logística para ayuda en el planeamiento: el módulo ADAMS de movimiento y transporte.

Posteriormente, la OTAN amplía el sistema inicial integrando una herramienta que permitía a las naciones aliadas realiza los cálculos de equipos y munición asociados a las Fuerzas que componían las estructuras operativas conforme al planeamiento. Este módulo se denominó ACROSS.

Para alimentar estos sistemas, era necesaria la participación de todas las naciones implicadas en los diversos planeamientos. De esta manera, poco a poco, las naciones alimentaron el sistema consiguiendo funcionar como una herramienta conjunto-combinada de la Alianza.

LOGFAS continuó evolucionando hasta albergar, hacia el año 2000, los informes logísticos, permitiendo obtener un grado de conocimiento más adecuado al Mando

---

8 DE RAMOS DURANTEZ, JAVIER. *Los sistemas de información logísticos en apoyo a las operaciones. Fortalezas y debilidades*. EALEDE 2015.

9 SACLANT/ACT: Mando Supremo Aliado para el Atlántico. Actualmente denominado Mando Aliado de Transformación, está situado en la Base Naval de Norfolk. Virginia (EE. UU.).



de la situación logística a nivel global, permitiendo la edición y remisión de formatos estándar como el informe LOGASSESSREP (*Logistic Assessment Report*), LOGREP (*Logistic Report*), y otros.

En 2008, se produce un salto importante al permitir al LOGFAS funcionar en red, añadiéndose además otros módulos de trabajo como el CORSOM (*Coalition Reception, Staging and Onward Movement*), y sobre todo el módulo de ejecución y control de movimientos EVE (*Effective Visible Execution*).

De una manera resumida el LOGFAS actual dispone de las siguientes funcionalidades:

- Módulos Movimiento y Transporte (M&T). Actualmente existen tres sistemas principales de M&T en uso en el ámbito de la OTAN, la UE y las FAS españolas dentro de la aplicación LOGFAS:
- ADAMS (*Allied Deployment and Movement System*) orientado a apoyar el planeamiento de despliegues y la coordinación y el planeamiento de despliegues multinacionales, mediante la transferencia de información online.
- EVE (*Effective Visible Execution*) es una herramienta usada para gestionar recursos logísticos en los teatros de operaciones durante la fase de ejecución de las mismas. Facilita también, el intercambio de información detallada y en tiempo oportuno al Comandante de la Operación durante el despliegue.
- CORSOM (*Coalition Reception, Staging and Onward Movement*) es el último componente de las herramientas de M&T. Posibilita la ejecución del planeamiento en detalle del proceso RSOM y proporciona visibilidad y supervisión de los movimientos en teatro durante la ejecución despliegue y sostenimiento de las operaciones.
- Módulos para el cálculo de reservas de recursos (*Stockpile*). ACROSS (*Allied Commands Resource Optimization Software System*): Se trata de una herramienta específica para facilitar a las naciones el cálculo de municiones esenciales en combate y los requisitos en términos de equipos y repuestos para satisfacer las necesidades de las fuerzas con que se contribuye a una operación. Consta de los siguientes módulos: SPM (*Sustainment Planning Module*) para el cálculo del sostenimiento durante el planeamiento, AGMEN (*Air-to-Ground Munitions Expenditure Model*), ADMEN (*Air Defense Munitions Expenditure Model*), LEMEM (*Land Forces Equipment Munitions Expenditure Model*), MARMEM (*Maritime Munitions Expenditure Model*).
- Módulos para informes logísticos. LOGREP es la herramienta para informar sobre la operatividad de los medios en teatro y facilitar la generación de una serie de mensajes logísticos con formato prediseñado. Esta funcionalidad permite el proceso de datos automatizado para distribuir la versión electrónica del informe de actualización logística (LOGUPDATE).

Finalmente destacar, que el sistema LOGFAS comparte bases de datos comunes como es el GGeoMAN, que permite la representación gráfica de las zonas de operaciones, rutas y los puntos de entrada y salida.

### *Los sistemas C2IS logísticos nacionales*

A raíz del impulso de los sistemas C2IS OTAN para la ejecución de la maniobra logística a nivel operacional, el Estado Mayor de la Defensa español es consciente de la necesidad de disponer de una herramienta puramente nacional, interoperable con LOGFAS y que permita a nuestras FAS tener una capacidad nacional de planear y proyectar las fuerzas puestas a disposición del Mando Operativo, creándose el SSRL o Sistema de Seguimiento de Recursos Logísticos en el año 2011.

El SSRL ha tenido su mayor empleo en la maniobra logística relacionada con la Operación que se ha venido desarrollando en los últimos años en Afganistán. Dispone de un módulo de Movimiento y Transporte (M&T), que permite llevar a cabo el planeamiento, control y seguimiento de la ejecución del M&T de personal y material de las operaciones. El sistema, que está alojado en la red de propósito general del Ministerio de Defensa, permite una gestión centralizada de la información de movimientos, a la vez que cada usuario, dependiendo de su perfil, puede introducir los datos de carga y movimiento correspondiente al transporte planeado.

El SSRL dispone actualmente de las siguientes funcionalidades principales.

- Permite realizar el planeamiento y ejecución de las líneas de sostenimiento a las diferentes zonas de operaciones.
- Proporciona información relativa a:
  - Operación que se apoya.
  - Tipo de movimiento (aéreo, terrestre-ferrocarril/carretera-, marítimo o fluvial, o multimodal).
  - Frecuencia del movimiento.
  - Datos de la Ruta (origen, escalas y destino).
  - Marco temporal. ETA y ETD.
  - Datos técnicos del medio de transporte.
  - Gestión de manifiestos de carga por cada tramo del movimiento.
  - Modificaciones de los datos del movimiento en tiempo real.

- Es capaz de generar alarmas basadas en las incidencias relativas a los horarios previstos para los movimientos y para las previsiones de paso de los recursos personal por los puntos de control establecidos.
- Proporciona también estadísticas e informes asociados a la ejecución de los movimientos, midiendo la efectividad de la gestión (de envíos, medios de transporte, resolución de incidencias, etc).

En definitiva, se pretende que el sistema en el futuro evolucione para permitir intercambiar información con los sistemas de gestión logística específicos de los Ejércitos/Armada, que proporcionarán las peticiones de transporte de los recursos a enviar entre TN/ZO<sup>10</sup>, de forma que dichas peticiones puedan ser gestionadas directamente por el SSRL, evitando tener que duplicar acciones como es la elaboración de manifiestos.

## Tendencias y conclusiones

La evolución tecnológica de los últimos 10 años, permite realizar una prospectiva de la evolución que los sistemas C2IS actuales van a experimentar. En este sentido, no se esperan tecnologías disruptivas en un plazo inferior a 25 años sino mejoras dentro de las tecnologías que ya existen, con la aparición de las tecnologías cognitivas.

La tecnología cognitiva, que actualmente se encuentra en desarrollo, es la que va a permitir en los próximos 10 años una interacción mucho más eficaz entre los seres humanos y los sistemas informáticos, permitiendo que los ordenadores sean capaces de entender, razonar, aprender y permitir formular hipótesis. Su empleo, añadirá una ventaja al contar al usuario con más y mejor información para la toma de decisiones.

Además de ello, estos cambios y evoluciones que se espera sufra la tecnología se pueden estudiar empleando los factores antes descritos.

La incertidumbre. Es de esperar que el grado de incertidumbre vaya disminuyendo progresivamente gracias a la mejora en la eficiencia y rendimiento en el tratamiento de la información, mejora en el posicionamiento y navegación con la entrada en servicio del Sistema GALILEO y mejora de las bases de datos, que cada vez estarán más interrelacionadas, además del aumento vertiginoso de la capacidad de procesamiento de información, la entrada en servicio de nuevos sistemas satelitales y la mejora de las infraestructuras nodales y redes de comunicación en general a nivel mundial.

---

<sup>10</sup> TN/ZO: Territorio Nacional/Zona de Operaciones.

La interoperabilidad. Los actuales sistemas C2IS funcionales en las FAS nacen con vocación de obsolescencia por no ser interoperables la mayoría entre sí. No se espera que tengan una vida útil mayor de 10 años. Seguirán proporcionando unas capacidades militares limitadas (SIMACET, LOGFAS, SIGLE, etc.). Ello quiere decir que los sistemas interoperables irán evolucionando progresivamente y se irán integrando mediante potentes interfaces que integren tecnología cognitiva consiguiendo que la comunicación con el usuario, abandone la comunicación hombre-máquina basada en la prueba-error predominante hoy en día.

Hasta ahora, la información mostrada por un CMI o un sistema, requiere que el usuario manipule múltiples rutinas, ventanas o cuadros de diálogo hasta llegar a dar con el camino adecuado que le presente la información requerida. Los sistemas cognitivos reconocerán la información existente en un sinfín de bases de datos y la gestionarán para obtener una determinada respuesta. En este sentido, la parte humana del componente C2 irá disminuyendo (pero siempre existirá una parte importante de decisión humana), aumentándose el componente Control.

La comunicación con el usuario. Tal y como se ha apuntado, la evolución lógica de los sistemas C2IS es la mejora de comunicación con el usuario mediante la evolución de la tecnología cognitiva, permitiendo una interacción con la máquina más “amigable”. De la misma forma que en la comunicación basada en la telefonía móvil se ha pasado de emplear terminales con botones y menús desplegables, al empleo con un solo dedo de toda una pantalla táctil disponiendo de la información en aplicaciones simples pero con capacidad para conectar con grandes bases de datos en la “nube” gracias a la expansión de internet, es de esperar, que en el plano militar los sistemas mejoren esta conexión simplificando la comunicación hombre-máquina (donde se incluye al Jefe de la Organización operativa) que deberá interactuar con el sistema solicitándole él directamente la información sin necesidad de una estructura intermedia de personas y medios técnicos que manipulen el sistema, como sucede en la actualidad.

Es decir, actualmente el Jefe no es el usuario que manipula los sistemas y debe apoyarse en técnicos que son los que realmente interrogan al sistema e interpretan la información recibida.

En el fondo, lo que va a permitir es, que el usuario tenga un acceso más sencillo al sistema y se pueda comunicar mediante la voz u otro medio, por ejemplo, proponiendo una pregunta directamente al sistema y que este presente una respuesta coherente gracias a la capacidad de interrelación cognitiva de diferentes bases de datos y sistemas en red. A modo de ejemplo, ante la pregunta compleja ¿cuándo llega la munición de morteros de mi pelotón?, el sistema reconocerá la identidad, reconocerá la información que se le solicita, formulará hipótesis y presentará en pantalla y por voz una respuesta, todo ello sin necesidad de manejar un sinfín de pantallas de los actuales sistemas.

En el ejemplo propuesto, ello permite al Jefe embarcado poder centrarse en las cuestiones operativas sin que una amalgama de pantallas y elementos informáticos

dificulte su capacidad de Mando en un vehículo con espacio limitado al disponer de un único terminal fácilmente accesible.

En definitiva, esta evolución, a corto/medio plazo, va a mejorar la automatización en los procesos de obtención, generación, transporte y movimiento de recursos permitiendo acercar al usuario los medios logísticos sin necesidad de costosas infraestructuras gracias a una gestión automatizada y conocimiento en tiempo real de todas las vicisitudes integradas por el sistema cognitivo.

Finalmente, es menester hacer una mención a la seguridad. Este factor, que es común con los principios de las operaciones militares, resulta crucial su tratamiento en los sistemas C2IS.

La experiencia demuestra cuán vulnerables son todos los sistemas a los ataques exteriores, ya sea con virus informáticos, software malicioso, o “hackers”. Incluso son vulnerables a los desarrollos de armas de energía dirigida, pulsos electromagnéticos, etc, y es evidente que conforme avance la tecnología cognitiva, esta vulnerabilidad se hará más evidente por cuanto el gasto en los diseños de nuevos sistemas C2IS se disparará en los próximos años. En este punto cabe decir que no va a quedar más remedio que los Estados implicados en operaciones exteriores, se vean abocados a desembolsar ingentes cantidades de dinero para “securizar” sus redes y sistemas evitando que un ataque sea fatal no solo en toda la cadena logística de apoyo a las operaciones, sino en todo el proceso de toma de decisiones en general. En definitiva, el papel de la ciberdefensa aplicado a las operaciones y a los sistemas de Mando y Control, se adivina crucial en los próximos 10 años.

A modo de conclusión, la evolución de los sistemas de Mando y Control debe permitir un enfoque integral<sup>11</sup> de la maniobra logística dado que en el futuro no se desarrollará en un ambiente exclusivamente militar, aunque sea conjunto-combinado, sino que habrá que dar entrada a diversos actores que estarán, en mayor o menor medida, implicados en el mundo logístico. Se trata de organizaciones no gubernamentales, empresas de transporte, seguridad privada, compañías logísticas, empresas de servicios, agencias u organizaciones internacionales (OTAN, UE, ONU). Esto obligará a evolucionar para alcanzar la interoperabilidad de los sistemas de Mando y Control empleados por todo el conjunto de actores intervinientes, y no solo entre ejércitos, llegando en muchos casos a ser precisa la interconexión de los sistemas de información civiles en los militares.

En los centros de operaciones logísticos se fusionará información de todos ellos para coordinar esfuerzos y recursos. Las empresas y otras organizaciones por tanto se integrarán en determinadas operaciones como un componente más. Progresivamente

---

<sup>11</sup> RODÍ MARTÍNEZ, Alberto. *Enfoque Integral de la logística. Retos Logísticos de las Fuerzas Armadas*. EALEDE Mayo 2015.

el papel de los militares se centrará cada vez más en la ejecución de tareas puramente militares, descansando una parte importante del apoyo logístico en empresas u organismos civiles, eso sí, debidamente coordinados y controlados desde el ámbito militar, excepto en el ámbito de la ciberseguridad donde el componente público o de Defensa predominará sobre el privado. Los sistemas C2IS permitirán en todo momento aplicar el principio de Unidad de Mando, imprescindible para el desarrollo de la acción conjunta y combinada.

Por todo ello, en el campo tecnológico, los sistemas de Mando y Control logísticos deben converger en un solo sistema interoperable y que permita una visibilidad total de la cadena logística, hasta llegar al usuario final.

# Reflexiones finales y conclusiones

*Carlos Calvo González- Regueral*

## Reflexiones finales y conclusiones

Hace ya algunos años el profesor Sánchez Ron vaticinaba, en una entretenida e interesante obra sobre Historia de la Ciencia, que el futuro sería un país tranquilo<sup>1</sup>. La tesis de la obra planteaba que en un futuro muy lejano, año 9687, ocho milenios después de la publicación de los “*Principiae Mathematicae*” de Newton, gracias a los avances científicos y tecnológicos el ser humano habría alcanzado el límite del conocimiento. Una ficción que no nos atrevemos a contradecir a 8.000 años vista.

Sin embargo, las condiciones de seguridad del mundo actual no nos permiten todavía aventurar en un horizonte más corto un futuro tranquilo. Hace un cuarto de siglo Fukuyama también predijo el fin de la Historia. Desde el punto de vista militar vemos como casi a diario surgen en nuestro entorno situaciones de conflicto que requieren una respuesta militar de mayor o menor entidad. La tecnología avanza en todos los ámbitos a una velocidad que es difícil asimilar y está muy lejos de alcanzar esa situación que se presentaba como ideal, en la que todo o casi todo estaba inventado, para considerar un futuro tranquilo.

Desde ambos puntos de vista, militar y tecnológico, las necesidades logísticas en operaciones exteriores presentan retos específicos. En general, la mayor parte de los estudios consideran que los cambios en la logística militar vendrán de la mano de los avances en el ámbito civil. Las organizaciones militares seguirán moviéndose en un marco de presupuestos restrictivos que obligará a establecer mejoras en los procedimientos logísticos, estándares comunes y a adaptar las estructuras logísticas de forma casi constante para aprovechar al máximo las posibilidades de la tecnología y así proporcionar a las unidades de combate el apoyo necesario.

En ese sentido, es preciso recalcar que generalmente los avances tecnológicos irán por delante tanto del establecimiento de políticas determinadas como de las posibilidades de asimilación de dichos avances por parte de las organizaciones militares. Los estudios prospectivos detallados deberían permitir establecer escenarios para integrar necesidades operativas futuras con posibilidades tecnológicas de una manera científica.

.....

1 SÁNCHEZ RON, JOSE MANUEL. *El futuro es un país tranquilo*. Espasa Calpe, Madrid, 2001.



Desde ese punto de vista, en este trabajo no se ha pretendido más que aportar una primera aproximación, de la que pudieran derivar en el futuro líneas de investigación o estudio más concretas.

Los avances en robótica y biotecnología que ya están presentes tendrán un impacto importante y según algunos autores<sup>2</sup> serán los elementos clave en la revolución militar del siglo XXI, con una plena integración en las operaciones en el entorno de 2025, sobre las que pueden jugar un papel disruptivo.

En cualquier caso, los avances tecnológicos deberán considerar toda la cadena logística y todo su ciclo, puesto que permiten actuar sobre cada una de sus partes en mayor o menor medida. En el más alto nivel la necesidad de dar una mayor agilidad a las adquisiciones obligará a establecer procedimientos de fabricación y suministro adecuados, lo que afecta también a nuevos materiales. La necesidad de reducir la huella logística de los despliegues obligará a establecer procedimientos basados en la eficacia en la distribución, con un balance entre el “just in case” y el “just in time” para conseguir el objetivo del “just enough”. Para ello será necesario establecer mecanismos que permitan la interacción continua entre necesidades y posibilidades, o entre “usuario” y “distribuidor” lo que obligará a establecer redes de comunicaciones complejas que manejen un gran volumen de datos.

Esto llevará a replantear las estructuras de mando y control para que respondan de forma muy flexible a las necesidades de las unidades desplegadas hasta el nivel más bajo posible.

Los elementos clave de los futuros sistemas logísticos operativos serán la gestión de la información, una adecuada capacidad de recepción y gestión de los recursos en zonas de operaciones y un robusto sistema de distribución sobre la base de cadenas de suministro integradas. Estas claves se verán facilitadas por el desarrollo tecnológico, sin duda, pero, como se ha manifestado en este trabajo, las organizaciones y las personas que las integran deben ser capaces de asimilar adecuadamente las posibilidades que la tecnología ofrece.

Las tecnologías de la información serán uno de los principales “drivers” para el desarrollo futuro y tendrán un papel relevante en tres ámbitos principales que afectan al conjunto de las operaciones militares, pero que quizás tienen su máximo valor en el ámbito logístico: sistemas de computación, comunicaciones y sistemas de información geográficos.

De forma integrada estos tres ámbitos de actuación permitirán una mayor precisión en la determinación de las necesidades, el abastecimiento y la distribución de los suministros y un mejor conocimiento de la situación logística en tiempo real. Las comunicaciones de alta velocidad permitirán realizar el apoyo en el momento y lugar

---

2 NATO ACT. *Technology Trend Survey. Future Emerging Technology Trends*. September 2011.

adecuados. Un mejor conocimiento de la situación permitirá también la reducción de inventarios y facilitará la gestión de los recursos.

La importancia de las tecnologías de información sobre el conjunto de la actividad logística derivará también en una mayor necesidad de protección de los sistemas de información en el ámbito logístico que tendrá una importancia creciente en escenarios de conflicto donde las acciones militares directas sobre grandes complejos logísticos serán complicadas pero donde las acciones virtuales serán rentables y relativamente sencillas. Tengamos en cuenta que en el ámbito logístico reviste una importancia especial la disponibilidad, fiabilidad e integridad de la información.

Aunque, como hemos presentado, a corto o medio plazo no parece previsible una transformación radical de las grandes plataformas de transporte, esto se debe más bien a los tiempos de desarrollo de los sistemas completos que a desarrollos tecnológicos específicos que pueden mejorar su rendimiento mediante el desarrollo de nuevos combustibles que aumenten su autonomía y velocidad, los nuevos materiales que permitan aligerar las estructuras tanto de las plataformas como de las cargas u otros aspectos que puedan afectar tanto a componentes de los medios como de los abastecimientos a transportar. En este sentido las tendencias apuntan a que, desde el punto de vista industrial, será preciso integrar en las plataformas tecnologías que permitan el aumento de la potencia de los grupos moto propulsores (hasta un 50%) a la vez que se reduce su consumo (hasta un 25%) y los costes de producción y mantenimiento (con un objetivo del 35%) lo que permitirá no solo mejores prestaciones sino además incrementos de ciclo de vida en servicio de hasta un 20%, disminuyendo el problema de la obsolescencia de los sistemas principales. Las tendencias en el desarrollo de turbinas para helicópteros, por citar un ejemplo, están apuntando a esa dirección.

Algunos estudios indican que a partir de 2030, la combinación de diseños de estructura avanzados, propulsores de alta potencia, y avances en combustibles será tecnológicamente posible construir buques que puedan alcanzar hasta 40 nudos, con una autonomía de 10.000 MN y capacidad de carga de hasta 5.000 toneladas aunque su viabilidad industrial sea cuestionable<sup>3</sup>.

En el ámbito del transporte pueden esperarse en la próxima década importantes avances en los sistemas de control y trazabilidad del transporte, y en las tecnologías de identificación automática de cargas que ya se están implementando en la logística civil, y hacia donde se orientan los mayores esfuerzos en investigación e inversión económica a corto plazo.

En el plano táctico el desarrollo de la robótica puede dar lugar a la aparición de sistemas de transporte inteligentes. Estos sistemas permitirán tanto el manejo

---

<sup>3</sup> ALLIED COMMAND FOR TRANSFORMATION. *Technology Trend Survey: Future Emerging Technology Trends*. NATO ACT HQ, September 2011, pag. 70.

automatizado de los abastecimientos, una mejora en el control de movimientos y seguimiento de recursos, y la realización de tareas de abastecimiento tanto aéreo como terrestre con limitada intervención humana directa.

Desde el punto de vista de lo que hemos denominado necesidades básicas a corto plazo el equipamiento del soldado vendrá afectado por el desarrollo de nuevas armas y municiones, la mejora de las comunicaciones individuales y los sistemas de protección. El denominado “*soldier power*” no es un gran problema logístico considerado de forma individual pero sí es una gran preocupación para los combatientes. Las posibilidades de la robótica permiten aligerar el peso que soportan los individuos mediante el empleo de sistemas de carga inteligentes, bien mediante vehículos autónomos o mediante el empleo de otros dispositivos como los exoesqueletos<sup>4</sup>. Los avances en el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía permitirán disponer de baterías de larga duración para los sistemas de comunicaciones portátiles. Los tejidos inteligentes y las posibilidades de la nanotecnología (nanomateriales) permitirán una mejora de la protección de los combatientes.

A corto y medio plazo, teniendo en cuenta su importancia, los desarrollos tecnológicos deberán centrarse en la mejora de la obtención y almacenamiento de recursos, especialmente agua y energía, y en mejorar la protección de los combatientes, especialmente en cuanto a las posibilidades de atención sanitaria a los heridos dentro de la llamada “*golden hour*”<sup>5</sup>.

Nuevamente haremos referencia aquí a la necesidad de aligerar la carga de los combatientes. Según un estudio británico cada soldado en Afganistán transporta alrededor de 10 kg de baterías para una patrulla de entre 36 y 48 horas. Las nuevas tecnologías en el desarrollo de pilas y baterías portátiles podrían aligerar ese peso en hasta 7 kg. En general las tecnologías asociadas a equipamiento individual son una de las líneas identificadas como prioritarias tras las lecciones aprendidas de las operaciones más recientes<sup>6</sup>.

Hay que mencionar especialmente las posibilidades del grafeno en aplicaciones como diseño de estructuras, y generación o almacenamiento de energía. Aunque los desarrollos basados en grafeno para diferentes aplicaciones tienen un nivel de madurez

---

4 El Centro Militar de Estudios Estratégicos italiano (CeMiSS) tiene abierta una línea de investigación específica. BESTARD, Jaime. *L'introduzione della robotica e delle nanotecnologie a favore del soldato*. Centro Militare di Studi Strategici, Novembre 2014. RICCIO, Aniello Y SELLITTO, Andrea. *Come l'evoluzione tecnologica può mitigare l'effetto del peso dei materiali, degli equipaggiamenti e dell'armamento del soldato*. Centro Militare di Studi Strategici, Ottobre 2014.

5 US ARMY TRADOC. *The US Army Operating Concept. Win in a complex world 2020 - 2040*. October 2014.

6 NDIA Business and Technology Magazine. *Ten Technologies the US will need for next war*. Noviembre de 2011. Consultado en línea el 20 de septiembre de 2015.

variable, el objetivo de la comunidad industrial es que en un plazo de entre 5 y 10 años puedan estar disponibles materiales compuestos para diferentes aplicaciones con importantes efectos sobre las necesidades de apoyo logístico y sus soluciones.

Merece la pena hacer una mención especial a la importancia de la robótica para aplicaciones logísticas, fundamentalmente transporte y asistencia sanitaria, pero también en otras como mantenimiento u obras (maquinaria pesada). Dentro de este campo la utilización de sistemas no tripulados tanto aéreos como terrestres o navales en aplicaciones logísticas es actualmente limitado a tareas de apoyo como reconocimiento de rutas, vigilancia de oleoductos, tendidos eléctricos o depósitos, localización de cargas o recuperación de ciertos materiales. Aunque en materia de abastecimiento, ya se han utilizado medios no tripulados, como el K-MAX norteamericano con una capacidad de carga de hasta 6000 libras, su empleo en operaciones se ha realizado de forma experimental. Igualmente el US Army está experimentando con “unidades híbridas” en las que conviven medios tripulados, con otros opcionalmente tripulados para tareas de apoyo.

Los estudios más específicos<sup>7</sup> concluyen que con el estado del arte actual y el previsible a medio plazo (2024) el uso de drones no será siempre eficiente a gran escala, pero, a más largo plazo, las mejoras en diseño de estructuras, nanotecnología y ancho de banda de comunicaciones posibilitarán el uso extensivo de estos sistemas para tareas de carácter logístico. El principal obstáculo es el coste de los sistemas con mayor capacidad de carga de pago. Conforme estos vayan siendo más baratos su uso se extenderá en un futuro a corto plazo principalmente para realizar tareas de abastecimiento en teatro de carácter local o limitado.

Ya se ha hecho referencia a los problemas específicos del abastecimiento, obtención, almacenamiento y distribución de agua. Este debe ser un aspecto específico sobre el que priorizar los desarrollos tecnológicos. Se han citado diferentes procedimientos de tratamiento de aguas que ya son una realidad: a los que a corto plazo podremos añadir algunos otros como la desionización capacitiva, que puede ser aplicable con menor coste tanto de instalación, como de operación y mantenimiento y mayor eficiencia energética, que otras técnicas utilizadas actualmente como la ósmosis inversa. Los procesos de obtención de agua pueden verse mejorados a corto plazo con medios específicos ya existentes, como buques generadores de agua o aprovechamiento del agua de lluvia, y a medio plazo con procesos de condensación capilar para obtener agua a través de los gases de escape de los motores de los vehículos.

En el ámbito de la energía algunas tendencias apuntan a la utilización de reactores nucleares portátiles<sup>8</sup>. La utilización de esta energía en sistemas militares es pasado y

---

7 VVAA. *UAS for Logistic Applications*. RAND Corporation, 2012.

8 VVAA. *Force Multiplying Technologies for Logistics Support to Military Operations*. National Research Council, Washington D.C., 2014.

presente en sistemas navales, pero su extensión a plantas de generación de energía para bases en zonas de operaciones es un aspecto que se está investigando y que pudiera ser una realidad en un horizonte a medio/largo plazo si no encuentra reticencias de carácter social. Las necesidades de energía para combatientes individuales, y para situaciones que requieran el empleo de unidades aisladas, crecerán previsiblemente en el futuro con la extensión de la robótica. El desarrollo de “sistemas inteligentes” debe considerarse en paralelo con la carga logística que pueden representar.

Aunque las tecnologías relacionadas con “*additive manufacturing*” tienen un importante potencial en todo el espectro de actividades de mantenimiento de sistemas hay que destacar sus posibilidades en aplicaciones relacionadas con el apoyo sanitario en los campos de biotecnología<sup>9</sup> (generación de tejido humano) o tratamiento de bajas (prótesis) por citar tan solo algún ejemplo. Las posibilidades de esta tecnología se extienden también al ámbito del suministro de alimentos. Su utilización de forma extensiva a corto plazo presenta, sin embargo, inconvenientes relacionados con consumo de energía y materias primas que pueden añadir complejidad al problema logístico.

No insistiremos en estas conclusiones en la importancia del mando y control logístico y en la necesidad de contar con sistemas de información y comunicaciones que lo soporten. Pero además de desarrollos tecnológicos específicos, queremos resaltar aquí la importancia de la simulación para aplicaciones logísticas, tanto de diseño y validación de esquemas de apoyo para el conjunto de las operaciones, como para optimizar las actuaciones en las diferentes funciones, especialmente en abastecimiento y transporte.

Con toda seguridad las reflexiones planteadas en el presente trabajo no cubren todos los ámbitos donde la interacción entre Logística y Tecnología puede contribuir a buscar un futuro más tranquilo para los combatientes. Desde nuestro punto de vista las posibilidades que ofrece la tecnología para incrementar la fiabilidad de los sistemas de armas, y reducir la carga logística de las unidades, deberán acompañarse por cambios en los procedimientos. Ambos factores, procedimientos y medios, debidamente asimilados por personal preparado han sido la base de diferentes procesos de innovación a lo largo de la Historia. Las posibilidades tecnológicas actuales, la experiencia del mundo civil y los resultados de las operaciones quizás recomienden la elaboración de una estrategia integrada para favorecer desarrollos tecnológicos en el ámbito específico de la Logística.

*Octubre de 2015*

---

9 La “biología sintética” es una de las líneas de investigación prioritarias establecidas por la DARPA. DARPA, *Breakthrough Technologies for National Security*, March 2015, pag. 8.

## Bibliografía

- ALLIED COMMAND FOR TRANSFORMATION. *Technology Trend Survey: Future Emerging Technology Trends*. NATO ACT HQ, September 2011.
- BERMEJO, ROMUALDO. *Los Battlegroups de la Unión Europea: ¿Un medio creíble y eficaz de su política exterior?* Athena Intelligence Journal, Vol. 3 nº 2, 2008.
- BESTARD, JAIME. *L'introduzione della robotica e delle nanotecnologie a favore del soldato*. Centro Militare di Studi Strategici, Novembre 2014.
- BUTERA, ANTHONY. *The importance of in-transit visibility on the U.S. military logistics*. Air Command And Staff College. Air University. Maxwell AFB, Montgomery (Alabama), 2003.
- CLAUSEN, UWE ET AL. *Visions of the future: transportation and logistics 2030*. Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik. February 2014.
- DARPA. *Breakthrough Technologies for National Security*. DARPA, marzo 2015.
- DE RAMOS DURANTEZ, JAVIER. *Los sistemas de información logísticos en apoyo a las operaciones. Fortalezas y debilidades*. EALEDE, Madrid, Mayo 2015.
- GARCÍA DOLLA, DAVID. *Desarrollo actual de la robótica terrestre en aplicaciones de defensa y seguridad*. Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº 46. Primer Trimestre 2015.
- GÓMEZ DE AGREDA, ÁNGEL. *Transporte estratégico de la OTAN: opciones de futuro*. Boletín de Información del CESEDEN nº312, Madrid, 2009.
- LOPEZ VICENTE, PATRICIA. *Tecnologías disruptivas. Mirando el futuro tecnológico*. Boletín de Observación y Prospectiva Tecnológica nº25, Madrid, 2009.
- MONFORTE MORENO, MANFREDO Y OTROS. *Introducción a los sistemas de información para el mando y control militar*. Publicaciones del Ministerio de Defensa, Madrid, 2010.
- NATO STB. *2015 NATO Science and Technology Priorities*. NATO Science and Technology Board, January 2015.
- PAGONIS, WILLIAM G. *Moving Mountains: Lessons in Leadership and Logistics from the Gulf War*. Harvard Business School Press, 1992.
- PETERS, JOHN ET AL. *Unmanned Aircraft Systems for Logistics Applications*. RAND, Arroyo Center, 2011.
- REQUEJO MORCILLO, LUIS MIGUEL. *El futuro del grafeno*. Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº 46. Primer Trimestre 2015.



- RICCIO, ANIELLO Y SELBITTO, ANDREA. *Come l'evoluzione tecnologica può mitigare l'effetto del peso dei materiali, degli equipaggiamenti e dell'armamento del soldato*. Centro Militare di Studi Strategici, Ottobre 2014.
- RODÍZ MARTÍNEZ, ALBERTO. *Enfoque Integral de la logística. Retos Logísticos de las Fuerzas Armadas*. EALEDE, Madrid, Mayo 2015.
- RUIZ ARÉVALO, JAVIER. *Llegar. Manual de transportes en operaciones de proyección*. Ittakus, Jaén, 2007.
- SÁNCHEZ RON, JOSE MANUEL. *El futuro es un país tranquilo*. Espasa Calpe, Madrid, 2001.
- SANCHEZ TARRADELLAS, VÍCTOR. *Logística, Arte sin Gloria*. Publicaciones del Ministerio de Defensa, Madrid, 2013.
- SANTÉ ABAL, JOSÉ MARÍA. *Movimiento y transporte. Tendencias, modelos, evolución. España y el movimiento y transporte militar*. Documento de opinión 49/2014. Instituto Español de Estudios Estratégicos, CESEDEN, Madrid, 2014.
- SMAL, TOMÁS Y JANASZ, DARIUS. *Modelling of Polish military contingent redeployment from ISAF Operation in Afghanistan*. Logistics and Transport vol 20, nº4. The International University of Logistics and Transport, Wrocław, 2013.
- US ARMY. *The US Army Operating Concept. Win in a complex world 2020 - 2040*. TRADOC, Fort Leavenworth, 2014.
- VV.AA. *Delivering tomorrow. Logistics 2050. A Scenario Study*. Deutsche Post AG, Headquarters, Bonn, 2012.
- VV.AA. *Force Multiplying Technologies for Logistics Support to Military Operations*. National Research Council, Washington D.C., 2014.
- VV.AA. *The Joint Operating Environment*. United States Joint Forces Command, Washington D.C., 2010.
- VV.AA. *Teilstudie 1 Peak Oil. Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen*. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zufunftanalyse, 2010.
- VV.AA. *UAS for logistic applications*. RAND Corporation, Santa Mónica, 2012.
- WHITE, MARTIN. *Gulf Logistics. Blackadder's War*. Brassey's, London, 1995.



## Composición del Grupo de Trabajo

### *Presidente del Grupo de Trabajo*

**Carlos Calvo González - Regueral**

*Coronel de Infantería DEM.*

*Dirección General de Armamento y Material.*

### *Secretario*

**David Ramírez Morán**

*Analista del Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE).*

### *Investigadores/Vocales*

**Juan José Valero de la Muela**

*Teniente Coronel de Artillería.*

*Jefatura de Adiestramiento y Doctrina Logística.*

*Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales.*

**Carlos J. Medina Avila**

*Coronel de Artillería DEM. (Reserva).*

*Director de Desarrollo de Negocio.*

*Vertical de Defensa y Aeroespacio, UTi.*

**Andrés Pérez Barro**

*Coronel de Infantería (Reserva).*

*Responsable Área Militar. ARPA.*

**Héctor Criado de Pastors**

*Máster en Ingeniería Eléctrica y Diseño de Sistemas.*

*Asistencia técnica – Dirección General de Armamento y Material.*

**José Manuel Mateo Alonso**

*Teniente Coronel de Artillería.*

*SDG Planificación, Tecnología e Innovación.*

*Dirección General de Armamento y Material.*

