



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Estudio de las necesidades logísticas del vehículo  
VAMTAC ST5 en un escuadrón ligero de caballería

Autor

CAC Jesús Castilla Roig

Director/es

Director académico: Tcol. D. Carlos Ruiz López

Director militar: Cap. D. Antonio Rojas Delgado

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## Agradecimientos

En primer lugar, debo dar gracias a mi familia, a mi pareja y a mis amigos por su constante apoyo y paciencia a lo largo de todos los años que ha durado mi formación. Sin su incansable y valioso aliento este trabajo no hubiese sido posible.

También agradezco a mi tutor militar el capitán D. Antonio Rojas Delgado, jefe del ELC-1, su acogida, apoyo y plena disponibilidad mientras duró mi estancia de prácticas en el regimiento de caballería Lusitania nº8.

En la misma medida debo resaltar la importancia que han tenido todos los integrantes del ELC-1, el encargado de SIGLE de grupo y el 2º EMAN por su voluntariosa participación en la elaboración de este trabajo y por contribuir a mejorar el último tramo de mi formación.

Agradezco finalmente a mi tutor académico, el Tcol. D. Carlos Ruiz López, por su permanente disposición a revisar el presente estudio y por sus aportaciones de herramientas y metodología que sin duda incrementan el valor final de este trabajo.





## RESUMEN

La caballería paracaidista es un concepto muy joven en el Ejército de Tierra español. El Primer Escuadrón Ligero del Regimiento de Caballería "Lusitania" nº8 de Paracaidistas (Marines, Valencia), pionero en este tipo de unidad, se encuentra en plena transición a los vehículos VAMTAC ST5 que le dotarán de mejores capacidades para actuar conjuntamente con la Brigada Paracaidista, de quien ahora forma parte. El relevo de vehículos y el cambio de cometidos de la unidad ha provocado un cambio en la logística que ha dejado obsoletos los procedimientos de abastecimiento contemplados hasta el momento.

Por ello, esta memoria tiene como finalidad estudiar las nuevas necesidades logísticas de los escuadrones ligeros de caballería organizados en base a vehículos VAMTAC desplegados en una operación de combate para proponer un innovador método de reabastecimiento logístico.

Primeramente se han analizado los antecedentes y el marco teórico del estudio, obteniendo las tendencias logísticas en las unidades de la mano de expertos del escuadrón y estudios previos en este campo.

Así, conociendo las relaciones entre distintos escalones de suministro, se ha observado con entrevistas y revisión de documentación, que se establecen limitaciones al empleo de las unidades en combate para regularizar el consumo de recursos. Cruzando entrevistas con el método de clasificación ABC se han obtenido los recursos cuyo reabastecimiento se considera fundamental: los víveres, la munición y el combustible. Se ha documentado que las cantidades disponibles van disminuyendo con el tiempo de forma relativamente proporcional, pero presentan una parte aleatoria que obliga a cualquier método contemplado a asegurar una reserva (stock de seguridad) que absorba las variaciones bruscas en el consumo.

Tomando como base la documentación de sus estudios de grado, el autor propone varias alternativas de solución de las necesidades logísticas. Estas están basadas en métodos de gestión de inventarios de la logística del ámbito civil, de efectividad repetidamente demostrada. Mediante métodos multicriterio de ayuda a la decisión fundamentados en la experiencia de grupos de expertos del Regimiento Lusitania, se ha elegido un método óptimo entre las alternativas presentadas en este TFG. Su viabilidad operativa se ha comprobado mediante el uso innovador al nivel de la pequeña unidad del modelado y simulación matemática para representar supuestos tácticos. Para llevarlos a cabo, se ha combinado la gestión de inventarios con los procedimientos de investigación operativa.

Las principales conclusiones obtenidas indican que el método de 'revisión periódica con demanda probabilística en pedidos repetitivos' aseguraría planear la gestión logística entre el grupo y el escuadrón paracaidista de VAMTAC de forma eficaz y eficiente. Permitiría ajustar la asignación de medios de transporte para aumentar la autonomía operativa de la unidad y detectar los recursos que limitan la maniobra. Además, presentaría un gran potencial de mejora al aplicarse con las nuevas tecnologías de la comunicación, hecho que le permitiría ajustar con precisión el reabastecimiento a la maniobra terrestre mediante el intercambio de datos de consumo. Por último, se ha considerado necesaria la obtención de más datos acerca de la variabilidad del consumo para aumentar la exactitud de los cálculos.

## PALABRAS CLAVE

Logística, inventario, VAMTAC, escuadrón, paracaidista.



## ABSTRACT

Airborne cavalry is still a developing concept in the Spanish Army. The 1st Light Cavalry Squadron from the Lusitania nº8 Airborne Regiment (Marines, Valencia), the first of its kind, is nowadays adopting the new VAMTAC ST5 vehicle. It will allow the unit to fully cooperate with the Airborne Brigade, from whom it now belongs to. Rapid change in equipment and duties have brought the Squadron to a disarrangement of its logistics, leaving these obsolete.

That is why the purpose of this report is to study the new logistical needs of light cavalry squadrons based on the VAMTAC vehicle deployed in a combat operation to propose an innovative method of logistical resupply.

Firstly, the background and theoretical framework of the study have been analysed, obtaining the logistic trends from the experts of the squadron and previous studies in this field.

By acknowledging these facts, it has been observed through interviews and review of documentation that there are limitations on the units combat employment to regularize resources' consumption. Crossing interviews with the ABC classification method, the author has obtained which resources are considered fundamental: food, ammunition, and fuel. It has been documented that their availability decreases in a relatively proportional way over time, but they present a random component that requires to ensure a safety stock in any method that helps absorbing sudden variations in consumption.

Based on academic documentation, alternative solutions to logistic needs have been proposed based on civilian inventory management methods whose effectiveness has already been repeatedly demonstrated. Using multi-criteria decision methods based on the experience of groups of experts from the Regiment of Lusitania, an optimal method has been chosen between the alternatives contemplated in this study. Its operational feasibility has been proven through the innovative use of mathematical modelling and simulation to represent small unit tactical scenarios. To carry them out, inventory management techniques have been combined with operational research procedures.

The main conclusions obtained reflect that the 'Periodic Review based on Probabilistic Demand with Repetitive Orders' method would ensure an efficient and effective logistics management between the logistic echelon and the VAMTAC airborne squadron. It would permit to assign means of transport in an optimal way to increase the operational autonomy of the unit and detect resources that could limit manoeuvre. In addition, the method presents a great potential for improvement when combined with new communication technologies, which would allow it to precisely adjust supply to manoeuvre through the exchange of consumption data. Finally, it has been considered necessary to obtain more data about the variability of resources' consumption to increase the accuracy of the calculations.

## KEYWORDS

Logistics, inventory, VAMTAC, squadron, airborne.



## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>V</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>X</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>2</b>
2.1. Objetivos y alcance.....	2
2.2. Metodología .....	3
2.2.1. Diagrama de Gantt .....	4
2.2.2. Revisión de documentación .....	5
2.2.3. Grupos de expertos .....	5
2.2.4. Encuestas .....	6
2.2.5. Método ABC .....	6
2.2.6. Indicadores .....	7
2.2.7. Herramienta <i>Cálculo de necesidades logísticas</i> .....	7
2.2.8. Analytic Hierarchy Process.....	8
2.2.9. Diseño de modelos matemáticos .....	9
2.2.10. Simulaciones .....	9
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
3.1. La caballería paracaidista.....	10
3.2. Planeamiento y ejecución logística en operaciones.....	11
3.3. Logística de gestión de inventarios .....	13
<b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
4.1. Planificación temporal: Diagrama de Gantt .....	15
4.2. Fase 1: Estado del arte y alternativas .....	15
4.2.1. Revisión de documentación .....	15
4.3. Fase 2: Estudio de la demanda y obtención de criterios.....	19
4.3.1. Grupos de expertos .....	19
4.3.2. Encuestas .....	21



4.3.3.	Clasificación ABC .....	22
4.3.4.	Definición de indicadores .....	24
4.4.	Fase 3: Elección del método de reabastecimiento .....	25
4.4.1.	Primera etapa: Formulación del problema .....	25
4.4.2.	Segunda etapa: Evaluación de criterios .....	27
4.4.3.	Tercera etapa: Evaluación de alternativas .....	28
4.4.4.	Cuarta etapa: Jerarquización .....	29
4.5.	Fase 4: Validación del método elegido.....	29
4.5.1.	Modelado matemático .....	29
4.5.2.	Simulaciones .....	32
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXO I HERRAMIENTA DE CÁLCULOS LOGÍSTICOS DEL DOS DE LA ACADEMIA LOGÍSTICA DE CALATAYUD .....</b>	<b>44</b>
	<b>ANEXO II ORGÁNICAS .....</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXO III FÓRMULAS DE CÁLCULO GESTIÓN DE INVENTARIOS .....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO IV ENTREVISTAS A GRUPO DE EXPERTOS B.....</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXO V LISTA CARGA COMBATE ELC .....</b>	<b>52</b>
	<b>ANEXO VI FORMATO DE ENCUESTA DE LA VALORACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO VII RESULTADO DE LAS ENCUESTAS.....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXO VIII RESULTADO CLASIFICACIÓN ABC .....</b>	<b>60</b>
	<b>ANEXO IX TABLA VALORES Z DISTRIBUCIÓN NORMAL .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO X RESOLUCIÓN SIMULACIÓN BÁSICA INICIAL .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO XI RESOLUCIÓN SIMULACIÓN LIMITACIONES TREN LOGÍSTICO .....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO XII RESOLUCIÓN SIMULACIÓN LIMITACIÓN NÚMERO DE REABASTECIMIENTOS .....</b>	<b>64</b>



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Escudos de la BRIPAC y el Rgto. Lusitania nº 8. Fuente: Repositorio del ET</i> .....	1
<i>Figura 2 Cambio de VEC a VAMTAC. Fuente: Repositorio del ET</i> .....	1
<i>Figura 3 PMBOK: Planificación temporal. Fuente: [5]</i> .....	4
<i>Figura 4 Páginas principales. Fuente: Herramienta de Cálculos logísticos</i> .....	7
<i>Figura 5 Esquema y escala Saaty. Fuente: Bloque 8 Modulo Gestión Pública del Máster de Adquisiciones</i> .....	8
<i>Figura 6 Orgánica actual ELC-1. Fuente: [14]</i> .....	10
<i>Figura 7 Esquema escalones logísticos. Fuente: Elaboración propia</i> .....	12
<i>Figura 8 Procedimientos de distribución de recursos. Fuente: [17] [25]</i> .....	12
<i>Figura 9 Demanda lineal predecible (determinística) y aleatoria (probabilística). Fuente: [6]</i> .....	13
<i>Figura 10 Procedimientos de distribución de recursos. Fuente: [6]</i> .....	14
<i>Figura 11 Demanda lineal predecible (determinística) y aleatoria (probabilística). Fuente: [6]</i> .....	14
<i>Figura 12 Capacidad reflejada en tapa de combustible del VAMTAC. Fuente: Elaboración propia</i> .....	17
<i>Figura 13 Radiador, motor y niveles del VAMTAC. Fuente: Elaboración propia</i> .....	17
<i>Figura 14 Ejemplo de consumo de munición respecto a límites establecidos. Fuente: Elaboración propia</i>	20
<i>Figura 15 Distribución cargas maletero VAMTAC. Fuente: NOP carga ELC-1</i> .....	20
<i>Figura 16 Resultados encuesta valoración recursos tropa. Fuente: Elaboración propia</i> .....	21
<i>Figura 17 Resultados encuesta valoración recursos mandos. Fuente: Elaboración propia</i> .....	22
<i>Figura 18 Tabla planteamiento clasificación ABC. Fuente: Elaboración propia</i> .....	23
<i>Figura 19 Resultados de Pareto importancia global recursos. Fuente: Elaboración propia</i> .....	23
<i>Figura 20 Simulación consumo munición gran unidad. [31]</i> .....	24
<i>Figura 21 Número de disparos de pistola asignados en 1 DOS por arma (Casilla DOS). Fuente: Herramienta de cálculo logístico</i> .....	25
<i>Figura 22 Esquema de criterios y resultante. Fuente: Elaboración propia</i> .....	27
<i>Figura 23 Peso relativo de criterios. Fuente: Elaboración propia</i> .....	27
<i>Figura 24 Peso relativo de subcriterios. Fuente: Elaboración propia</i> .....	28
<i>Figura 25 Comparación por pares de las alternativas en función de su adecuación a los subcriterios presentados. Fuente: Elaboración propia</i> .....	28



<i>Figura 26 Matriz de decisión resultante de aplicar el método AHP. Fuente: Elaboración propia</i> .....	29
<i>Figura 27 Cálculos de consumos de cada clase. Fuente: Herramienta Cálculo logístico</i> .....	30
<i>Figura 28 Z representando el valor que cubre un determinado NS en azul. Fuente: www.eukatio.com</i> .....	31
<i>Figura 29 Funciones de demanda o consumo y stock de seguridad. Fuente: Elaboración propia</i> .....	32
<i>Figura 30 Problema logístico. Fuente: Elaboración propia</i> .....	32
<i>Figura 31 Interpretación cantidad a suministrar. Fuente: Elaboración propia</i> .....	32
<i>Figura 32 Problema simulación inicial básica. Fuente: Elaboración propia</i> .....	34
<i>Figura 33 Problema simulación tren logístico limitado. Fuente: Elaboración propia</i> .....	35
<i>Figura 34 Problema simulación limitación nº reabastecimientos. Fuente: Elaboración propia</i> .....	36
<i>Figura 35 Propuesta método revisión periódica en una operación táctica. Fuente: Elaboración propia</i> .....	39
<i>Figura 36 Introducción de variables que condicionan el suministro. Fuente: Herramienta cálculos logísticos</i> .....	44
<i>Figura 37 Pantalla de selección del cálculo de cada clase logística. Fuente: Herramienta cálculos logísticos</i> .....	44
<i>Figura 38 Pantalla de modificación de restricciones al uso de combustible. Fuente: Herramienta cálculos logísticos</i> .....	45
<i>Figura 39 Pantalla que muestra el factor multiplicador de las necesidades logísticas (FACTORES) determinado por las condiciones establecidas previamente. También aparece el consumo de combustible en DOS establecido por defecto para cada medio según el manual técnico correspondiente. Fuente: Herramienta cálculos logísticos</i> .....	45
<i>Figura 40 Pantalla que mostraría el combustible que cargarían los vehículos (en rojo) y el necesario a almacenar (nivel, en verde) para ser suministrado a las unidades. Fuente: Herramienta cálculos logísticos</i> .....	45
<i>Figura 41 Orgánica general Caballería. Fuente: [25]</i> .....	46
<i>Figura 42 Orgánica hasta el grupo Sagunto I/8. Fuente: [25]</i> .....	46
<i>Figura 43 Evolución inventario con Punto de Pedido. Fuente: [6]</i> .....	48
<i>Figura 44 Evolución inventario con Revisión Periódica. Fuente: [6]</i> .....	48



## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Matriz de objetivos, fases, y metodología. Fuente: Elaboración propia</i> .....	3
<i>Tabla 2 Ejemplo de Pareto en la demanda de unos elementos determinados. Fuente: Elaboración propia</i> 6	
<i>Tabla 3 Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia</i> .....	15
<i>Tabla 4 Ponderación de valorar subjetivamente frecuencia reabastecimiento. Fuente: Elaboración propia</i> .....	19
<i>Tabla 5 Valoración frecuencia reabastecimiento clases de recursos. Fuente: Elaboración propia</i> .....	19
<i>Tabla 6 Resultado encuestas de mandos. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Forms</i> .....	22
<i>Tabla 7 Alternativas de solución del problema de decisión. Fuente: Elaboración propia</i> .....	26
<i>Tabla 8 Escala de Saaty. Fuente: Apuntes [32]</i> .....	27
<i>Tabla 9 Datos y variables aplicables al modelo de necesidades logísticas. Fuente: Elaboración propia</i> ...	31
<i>Tabla 10 Datos y variables simulación inicial básica. Fuente: Elaboración propia</i> .....	33
<i>Tabla 11 Datos y variables simulación limitación tren logístico. Fuente: Elaboración propia</i> .....	35
<i>Tabla 12 Datos y variables simulación limitación nº reabastecimientos. Fuente: Elaboración propia</i> .....	36
<i>Tabla 13 Cálculo inventario PUSH. Fuente: Elaboración propia con base en [6]</i> .....	47
<i>Tabla 14 Cálculo inventarios Punto Pedido. Fuente: Elaboración propia con base en [6]</i> .....	47
<i>Tabla 15 Evolución inventario Punto Pedido. Fuente: Elaboración con base en [6]</i> .....	48
<i>Tabla 16 Pesos y volúmenes carga ELC. Fuente: Herramienta cálculo DOS</i> .....	53
<i>Tabla 17 Resultado encuestas de tropa. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Forms</i> .....	58
<i>Tabla 18 Resultado encuestas de mandos. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Forms</i> .....	59
<i>Tabla 19 Datos clasificación ABC. Fuente: Elaboración propia</i> .....	60
<i>Tabla 20 Comprobación de Pareto en los resultados. 3 recursos (Clase I, III y V) abarcan el 71% de la importancia de los recursos para el cumplimiento de la misión Fuente: Elaboración propia</i> .....	60
<i>Tabla 21 Valores z. Fuente: <a href="http://www.jrvargas.files.wordpress.com">www.jrvargas.files.wordpress.com</a></i> .....	61



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AGM	-	Academia General Militar
AHP	-	Analytic Hierarchy Process
BRIPAC	-	Brigada Paracaidista
C	-	Coste
D	-	Demanda
DIDOM	-	Dirección de Investigación, Doctrina Orgánica y Materiales
DOS	-	Days of Supply
ELC	-	Escuadrón Ligero de Caballería
EMAN	-	Escalón de mantenimiento
ET	-	Ejército de Tierra
LT	-	Tiempo de entrega ( <i>Lead Time</i> )
NOP	-	Norma Operativa de Procedimiento
NSit	-	Nivel de servicio durante el tiempo de entrega
PDI	-	Punto de distribución
PLM	-	Plana Mayor
PMBOK	-	Project Management Body of Knowledge
QFD	-	Quality Function Deployment
RI	-	Razón de inconsistencia
ROP	-	<i>Reorder Point</i> , Punto de pedido
S4	-	Célula logística
Sd	-	Desviación estándar ( <i>Standard Deviation</i> )
SLAC	-	Sección Ligero-Acorazada
SS	-	Stock de seguridad
TIC	-	Tecnologías de la Información y la Comunicación
VAMTAC	-	Vehículo de Alta Movilidad Táctica
VEC	-	Vehículo de Exploración de Caballería



# 1. INTRODUCCIÓN

El Ejército de Tierra (ET) se encuentra en pleno proceso de adaptación de sus unidades hacia el horizonte de la Fuerza 2035. El Regimiento de Caballería “Lusitania” Nº8 de Paracaidistas está viviendo paralelamente un proceso de reestructuración para transformar sus escuadrones, que antes eran Ligero Acorazados (ELAC), en Escuadrones Ligeros de Caballería (ELC).

El objetivo de este cambio es hacer que el Regimiento se adapte a los medios y procedimientos de la Brigada Paracaidista (BRIPAC) de la que depende desde 2017 [1]. Lo anterior implica al Regimiento, además de modificar sus cometidos en el campo de batalla hacia una vocación más expedicionaria típica de la BRIPAC, un cambio en sus plataformas de combate.

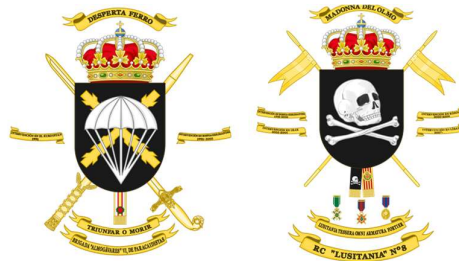


Figura 1 Escudos de la BRIPAC y el Rgto. Lusitania nº 8. Fuente: Repositorio del ET

En esta coyuntura, los escuadrones han empezado la cesión de sus antiguos y pesados Vehículos de Exploración de Caballería (VEC) a favor de la llegada de los nuevos VAMTAC ST5 en su versión porta lanzamisiles *Spike* y versión *bilvalente*.

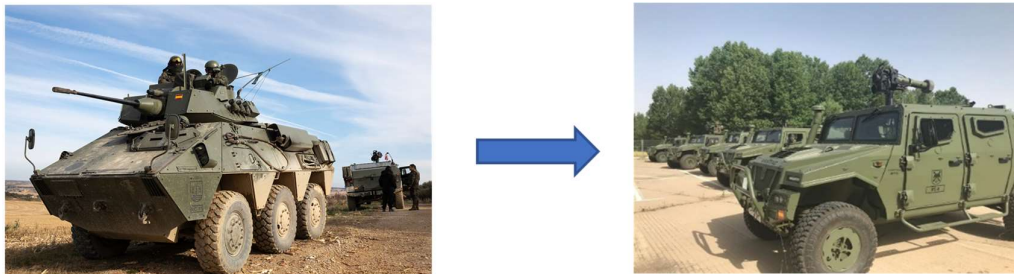


Figura 2 Cambio de VEC a VAMTAC. Fuente: Repositorio del ET

Esta nueva adquisición deja obsoletas las anteriores Normas Operativas de Procedimientos (NOP) que determinan la forma de reponer las necesidades logísticas de un escuadrón. Los distintos medios, armamento y personal por vehículo afectan directamente al consumo de recursos fundamentales para el funcionamiento de la unidad como puedan ser el combustible, la munición o los víveres. Además, al cambiar los cometidos de la unidad hacia misiones que implican la proyección de fuerzas a territorios sin presencia de fuerzas amigas consolidadas se debe tener en cuenta que el tren logístico empleado va a tener una capacidad de carga limitada.

Así, el problema concreto que se ha presentado al autor de este estudio es una falta de NOP a nivel escuadrón que organicen el reabastecimiento de la unidad desplegada en operaciones con los medios recién adquiridos en función de sus nuevas necesidades logísticas.



Por ello, se presentarán unos objetivos que busquen resolver el problema empleando una metodología científica y rigurosa. Tras estudiar los antecedentes y marco teórico de la situación se aplicará lo aprendido por el autor a lo largo de sus estudios de grado para solucionar lo planteado de forma eficaz.

## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

“La estrategia es el uso del encuentro para alcanzar el objetivo de la guerra. Por lo tanto, debe imprimir un propósito a toda la acción militar, propósito que debe concordar con el objetivo de la guerra. En otras palabras, la estrategia traza el plan de la guerra y, para el propósito aludido, añade la serie de actos que conducirán a ese propósito”

Carl von Clausewitz, 1832 [2]

### 2.1. Objetivos y alcance

Este trabajo tiene como principal objetivo estudiar las necesidades logísticas de los ELC en base al vehículo VAMTAC ST5 desplegados en una operación de combate para proponer un nuevo método de reabastecimiento logístico. Este procedimiento buscará facilitar el desarrollo futuro de otros más avanzados a nivel grupo o escuadrón para contribuir a la composición de las nuevas NOP de los ELC.

Para conseguir este fin, será necesario desarrollar los siguientes objetivos secundarios:

- Analizar la naturaleza de las actividades logísticas de un ELC de paracaidistas en una operación en la que se proyecten sus fuerzas.
- Estudiar y clasificar la demanda logística de los distintos recursos empleados por los ELC en combate.
- Proponer un método de reabastecimiento logístico en función de las necesidades logísticas obtenidas.
- Comprobar la adaptación del procedimiento elegido a las limitaciones operativas que surjan en función de las variables que actúan en el proceso de suministro de recursos.

El alcance del presente estudio se limita a las necesidades logísticas de una unidad con entidad escuadrón desplegada en el marco de una operación de proyección de fuerzas de duración limitada. No se profundizará en las dificultades ni necesidades de suministro a niveles superiores (grupo o brigada) así como tampoco en las particularidades logísticas de unidades de menor entidad (como puedan ser la distribución de los recursos en cada uno de los espacios disponibles en los vehículos). No se buscará realizar un estudio exhaustivo de los medios de transporte logístico debido a que su disponibilidad y empleo variará dependiendo de la operación.

Tampoco se pretende abarcar la totalidad de las complejidades que puedan surgir a la hora del suministro, pues sería imposible calcular de forma exacta las variables que afecten al desarrollo de una operación de combate con los medios y conocimientos disponibles [3]. De la misma manera, no se entrará al detalle de suministro de elementos particulares, sino que se delimitará por parcelas los distintos tipos de recursos. De estos, se estudiarán únicamente los que sean relevantes para ser suministrados en el marco temporal y contexto en el que se centra el estudio (referido en el párrafo anterior).

Se ha establecido una línea temporal muy estricta para realizar el trabajo. Por ello, se llevará a cabo dentro del mismo un estudio para organizar su desarrollo.

Se buscará plantear el estudio con vistas al futuro, de manera que pueda ser desarrollado



y ampliado por parte de los mandos del Grupo y los escuadrones, los escalones superiores de planeamiento logístico o las unidades especializadas en el suministro, con la agregación de una mayor cantidad de variables.

El trabajo se desarrollará en cuatro fases presentadas en la tabla que sigue:

	FASE 1: ESTADO DEL ARTE Y ALTERNATIVAS	FASE 2: ESTUDIAR DEMANDA Y OBTENCIÓN DE CRITERIOS	FASE 3: ELECCIÓN MÉTODO DE SUMINISTRO	FASE 4: VALIDACIÓN DEL MÉTODO
OBJETIVOS SECUNDARIOS	Conocer la logística de un ELC de paracaidistas en operaciones			
		Estudiar y clasificar la evolución de la demanda logística del ELC en combate		
	Elegir un método de reabastecimiento logístico de recursos.			Comprobar la adaptación de los modelos a limitaciones operativas del suministro
TAREAS	Estudiar el proceso de suministro a un escuadrón	Estudiar capacidad y consumo del ELIGPAC en operaciones	Formular problema de decisión	Estudiar la adaptación de cada clase a los modelos propuestos
	Estudiar la planificación de la logística de un escuadrón	Conocer la necesidad de repuestos vehiculares o de armamento	Evaluar los criterios	Obtener un modelo matemático que reproduzca la demanda de recursos
	Estudiar la ejecución de la logística de un escuadrón	Calcular indicadores que faciliten la previsión de necesidades	Evaluar alternativas	Simular distintas situaciones ofreciendo distintos valores a los indicadores
		Obtener valoraciones de métodos de expertos en logística	Jerarquizar alternativas	Determinar las variables y datos de las demandas de cada recurso
METODOLOGÍA: FUENTES	Documentación pública	Documentación intranet	Documentación intranet	Documentación intranet
	Documentación intranet	Manuales vehículo	Bibliografía asignaturas logística	Bibliografía asignaturas logística
	Grupos de expertos planificación logística	Manuales logística	Entrevistas mandos	
	Grupos de expertos ejecución logística	Bibliografía asignaturas logística	Bibliografía asignaturas logística	Grupos de expertos
METODOLOGÍA: HERRAMIENTAS	Entrevistas	Entrevistas	Indicadores	Simulaciones
		Cuestionarios	Análisis ABC + PARETO	
		Histogramas	AHP	
	Revisión documentación	Indicadores	Revisión documentación	Revisión documentación
		Revisión documentación		Modelos de ecuación

Tabla 1 Matriz de objetivos, fases, y metodología. Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Metodología

Para la ejecución del análisis que se propone en el objetivo principal, se emplearán multitud de metodologías, inicialmente de carácter cualitativo en su mayor medida para cambiar después a herramientas puramente cuantitativas, de manera que se adapten al siguiente planteamiento (ver Tabla 1):

Primero, antes de desarrollar cualquier fase, se procederá a desarrollar un esquema que organice el tiempo disponible para la realización del trabajo con la finalidad de cumplir con los límites temporales establecidos.

En segundo lugar, se definirá el proceso de suministro a un escuadrón paracaidista en una operación de proyección de fuerzas, aerotransportada o de entrada inicial (primer objetivo secundario) con entrevistas a expertos y revisión de documentación. Posteriormente, se deben determinar las herramientas que permitan discernir los recursos que resultan más o menos importantes para reabastecer a un escuadrón en combate. Para ello, se usarán métodos cualitativos como entrevistas y encuestas a grupos de expertos y usuarios, así como revisión de documentación.

Con el trabajo anterior se pretende obtener dos productos. En el primero se analizará la información recabada para transformar las valoraciones subjetivas en objetivas. Estos resultados



se emplearán en métodos cuantitativos como el ABC o de Pareto (80-20). En segundo lugar, se buscará obtener el máximo posible de datos que estimen los recursos iniciales del escuadrón en operaciones y su necesidad a lo largo de éstas.

Así, sabiendo cuáles son los recursos que se necesitan y pudiendo estimar sus cantidades iniciales y consumo, se determinarán los indicadores que permitan reflejar el nivel de existencias de los recursos estudiados en función del tiempo (segundo objetivo secundario). Para ello, se realizará una revisión de documentación académica para estudiar los tipos de demanda que caracterizan a cada clase de recurso y poder de la misma forma reunir las soluciones de reabastecimiento que permitan resolver las necesidades logísticas del escuadrón desplegado.

Una vez determinados los tipos de reabastecimiento aplicables, se elegirá el mejor de ellos a través de la realización del método de decisión multicriterio cuantitativo AHP (*Analytic Hierarchy Process*) de Thomas L. Saaty [4] tras la ponderación de los aspectos más importantes que deben definir un buen método de suministro.

Finalmente, con la revisión de documentación académica estudiada en el grado de Ingeniería de Organización Industrial, se diseñará un modelo matemático básico que replique la variación de las necesidades logísticas en función del método logístico elegido (tercer objetivo secundario). Este modelo será finalmente testeado empleando simulaciones matemáticas (cuarto objetivo secundario) y con su validación se consolidará el objetivo principal de este trabajo: Se habrá estudiado la evolución de las necesidades logísticas de un escuadrón tanto desde el punto de vista del consumo como del suministro de recursos, proponiendo soluciones de reabastecimiento innovadoras y originales que abran las puertas al desarrollo de las NOP logísticas de un ELC.

### 2.2.1. Diagrama de Gantt

La gestión del tiempo es una de las diez áreas de conocimiento que se recogen en conjunto de normas conocido como PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) para la dirección de proyectos [5]. Al considerar este estudio como un pequeño proyecto que se desarrollará a lo largo de un tiempo limitado, se seguirán las guías que recoge el anterior documento para una óptima distribución temporal de la carga de trabajo.

Con este método, se desarrollarán seis fases en la gestión del tiempo [5]. Las cinco primeras son de planeamiento, serán las que se reflejarán en este trabajo. La última es de control y no será documentada.



Figura 3 PMBOK: Planificación temporal. Fuente: [5]

Así pues, el diagrama de Gantt resulta de las cinco primeras fases anteriores y se emplea



para llevar a cabo el control que supone el sexto paso.

En la gráfica resultante se podrán observar las actividades, su duración y ordenación y los distintos hitos. Los periodos de tiempo vendrán reflejados como días, empleando los fines de semana como una reserva de tiempo para acelerar el proyecto o para recuperar tiempo perdido por imprevistos o desajustes.

### 2.2.2. Revisión de documentación

Este método se empleará de manera continuada en el tiempo y a lo largo de todo el trabajo, pudiendo clasificar la documentación en dos formas, según su origen y según su finalidad para el presente estudio.

Según el origen, se revisará documentación proveniente de tres fuentes principales:

- **Publicaciones oficiales:** Facilitarán información que trate desde los modos de empleo a nivel operacional de las unidades hasta las especificaciones técnicas de los medios. De las conclusiones obtenidas se delimitará el 'problema' a solucionar obteniendo una visión completa de la situación actual. También será empleada extensivamente en la redacción del marco teórico. Su obtención será a través de los expertos de la unidad, mediante solicitudes de documentación a DIDOM (Dirección de Investigación, Doctrina Orgánica y Materiales) y búsqueda manual en la Biblioteca Virtual de la Intranet, red de uso interno del Ejército de Tierra.
- **Documentación académica:** De aquí se obtendrá una clasificación de las necesidades logísticas. Así mismo, se determinará una metodología matemática que permita enfocar la solución al problema logístico y obtener un modelo numérico básico que lo cuantifique. Los recursos se tomarán del Campus Virtual de Moodle del grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el CUD.
- **Publicaciones de uso no oficial:** Se emplearán principalmente para la elaboración del marco teórico.

Según su aportación, fuera de la documentación empleada para el contexto teórico, se empleará documentación relacionada con la temática que sigue:

- **Tendencias:** Se buscará estudiar las soluciones que se están dando al problema logístico desde los ámbitos civil y militar
- **Condicionantes operativos:** Se buscará estudiar las implicaciones logísticas que se desprenden del carácter expedicionario y aerotransportado del escuadrón.
- **Métodos logísticos:** Respecto a aquellos métodos respaldados por documentación académica que puedan solucionar las necesidades logísticas del escuadrón en combate.

### 2.2.3. Grupos de expertos

Se llevarán a cabo entrevistas y consultas a tres grupos de expertos principalmente:

- **Grupo de expertos A:** Mandos encargados de logística. Incluye al Cap. don Antonio Rojas Delgado y al Sgto. 1º José Martín Pérez Gómez. El suboficial pertenece a la célula S4 (célula logística) de grupo, y el oficial es el capitán jefe del ELC-1. Han sido elegidos por ser los encargados del planeamiento y previsión de abastecimiento de recursos a su nivel, además de tener años de experiencia en el planeamiento de la logística táctica de los escuadrones y al ser pioneros en la planificación del abastecimiento de los



VAMTAC.

- Grupo de expertos B: Mandos del ELAC-1. Incluyen al Cap. D. Antonio Rojas Delgado, Tte. D. José de Meer Cañón, Sgto. 1º Teresa Martín del Burgo, Sgto. 1º Christian Plaza Campos, Sgto. Javier Gómez Fernández, Sgto. Juan Antonio Martínez Garcerán y Sgto. Alex García Jiménez. Son aquellos que ejercen mando en las secciones que emplean el vehículo VAMTAC ST5 y los que participan en las gestiones logísticas. Han sido elegidos ya que son los encargados de integrar el reabastecimiento del escuadrón en la operación y ejecutarlo.
- Grupo de expertos C: Mandos del segundo escalón de mantenimiento (EMAN), incluyendo al brigada Rogelio Porras Ruiz y al Sgto. 1º Juan González Ramírez. Son los encargados de la recuperación de vehículos y gestión de partes y piezas consumibles. Han sido elegidos por ser los más expertos en su campo en la unidad y por ser los que pueden ayudar a prever las necesidades logísticas de repuestos y evacuaciones de averías en operaciones.

2.2.4. Encuestas

Se llevará a cabo una encuesta que abarcará a todo el personal usuario del vehículo VAMTAC ST5 de los ELC. La finalidad de la encuesta será obtener una valoración de la importancia de reabastecimiento de cada recurso en operaciones. Se elegirá para realizar la encuesta a todos los usuarios del vehículo mencionado ya que tanto mandos como personal de tropa poseen experiencia en su uso y abastecimiento, unos incluyendo la parte del planeamiento y ejecución y otros siendo partícipes del consumo, de manera que las valoraciones individuales y en conjunto acerca de la importancia de cada tipo de recurso resultarán muy valiosas.

2.2.5. Método ABC

Es un método basado en el principio de Pareto empleado en logística para clasificar los productos según su importancia global con el objetivo de ejecutar estrategias distintas para cada producto [6]. Este principio defiende que es habitual que el 20% de los elementos condicionantes produzcan el 80% de los efectos estudiados.

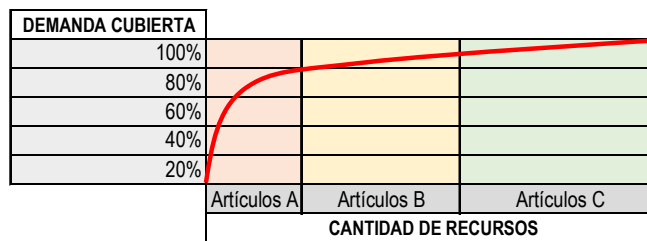


Tabla 2 Ejemplo de Pareto en la demanda de unos elementos determinados. Fuente: Elaboración propia

En el caso de este estudio, los productos a diferenciar son los recursos que se suministrarían durante una operación de combate al escuadrón. Esta diferenciación se empleará para reducir el número de recursos a estudiar en el trabajo, decidiendo cuáles serán los más importantes en una operación de proyección de fuerzas, de entrada inicial o aerotransportada según su duración, procediendo a estudiar únicamente los elegidos.

La valoración empleada para ponderar cada recurso será la frecuencia con la que se consumen y se deben reabastecer los recursos así como la importancia subjetiva de cada recurso para cumplir con la misión (obtenida de encuestas contrastadas por grupos de expertos).



### 2.2.6. Indicadores

Los indicadores son una herramienta fundamental de calidad basada en la medición aplicada a la gestión logística. Para poder estudiar las necesidades logísticas de un escuadrón, primero es necesario averiguar cómo medirlas. Por ello, se definirá un indicador común a los recursos estudiados que cumpla las características fundamentales de los buenos indicadores aplicables al estudio a realizar [6]:

- Definición inequívoca: La unidad de medida debe discernir entre cada tipo de recurso.
- Modo de expresión: Debe tener como base un porcentaje o ratio respecto a un elemento común para poder compararse.
- Simplicidad: Aplicable tanto a la unidad de medida como a la posibilidad de llevar a cabo la medición.

Para obtenerlo, se realizará previamente un análisis de las características fundamentales de cada clase de recurso para asegurar que el indicador sea capaz de dar una lectura adecuada de las necesidades del escuadrón de vehículos VAMTAC.

### 2.2.7. Herramienta *Cálculo de necesidades logísticas*

La herramienta para el cálculo de las necesidades logísticas nace de la necesidad por parte del Departamento de Logística Funcional de la Academia de Logística de Calatayud de llevar a cabo cálculos logísticos basándose en datos de distintos manuales logísticos como el MT7-605 o el MT7-025 [7] y los datos tratados estadísticamente de las operaciones en las que el ET se ha visto implicado recientemente. De esta manera, en la Academia consiguen desarrollar problemas y supuestos logísticos fundamentados en información lo más cercana posible a la realidad para impartir sus enseñanzas.

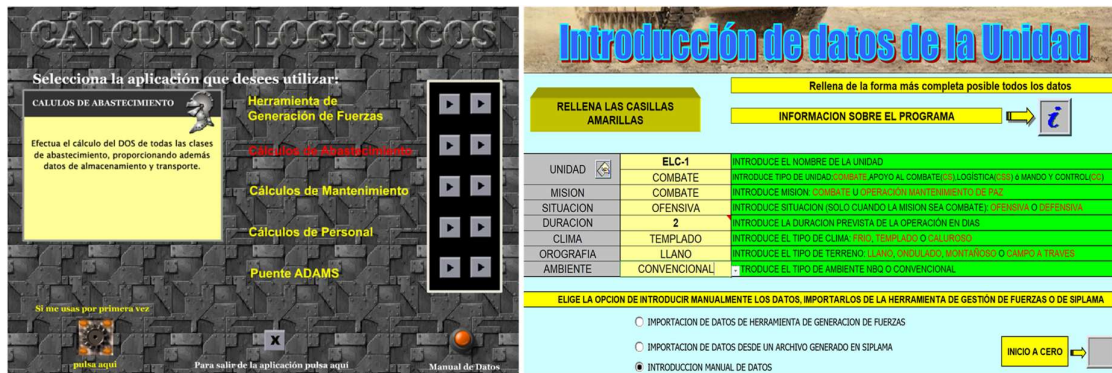


Figura 4 Páginas principales. Fuente: Herramienta de Cálculos logísticos

Su funcionamiento implica la introducción de los datos de la unidad de la cual se quiere estudiar el suministro así como los datos relativos al entorno operativo en el que la unidad se va a desenvolver. El programa, en función del material reflejado en las plantillas de las unidades introducidas anteriormente, calcula las necesidades logísticas estimadas para llevar a cabo la planificación del reabastecimiento según las variables del entorno. Un esquema más detallado de su funcionamiento se presenta en el Anexo I.

En este estudio, la herramienta se empleará como fuente de los datos del consumo medio de recursos del ELC desplegado en condiciones de combate probable.



### 2.2.8. Analytic Hierarchy Process

La variación de las necesidades logísticas de un escuadrón depende no únicamente de la demanda de recursos, sino también de la forma en la que éstos sean reabastecidos. Por ello, resulta fundamental para estudiar las necesidades logísticas decidir cuál resultaría, independientemente del medio empleado, el método óptimo de suministro que se integre en el planeamiento y ejecución de una operación de combate.

El método de *Analytic Hierarchy Process* (AHP) es un método de ayuda a la decisión multicriterio propuesto en 1980 por Thomas L. Saaty que permite obtener una solución basada en principios tanto cuantitativos como cualitativos. Está fundamentado en la idea de que los criterios como la experiencia y saber hacer del personal es al menos igual de importante que la evaluación de datos disponibles [4].

La principal característica del método reside en su capacidad de relacionar entre sí los criterios subjetivos con los objetivos, de manera que los problemas de decisión más intangibles y complejos que serían imposibles de resolver con un único criterio puedan ser descompuestos en varios criterios y subcriterios que se resolverán con un juicio comparativo que equipare las valoraciones subjetivas a una medida tangible. Esto se consigue gracias a una escala de ponderación o 'pesos' que evalúa la contribución de cada uno de los subcriterios a un criterio inmediatamente superior. Esta acción se aplica de manera ascendente para ir resolviendo el problema de decisión desde la base más amplia de la 'pirámide' jerárquica de decisiones (compuesta por los subcriterios de decisión) hasta la cúspide (que contiene los criterios de decisión) [4].

Con este método se buscará decidir entre los distintos métodos de abastecimiento logístico obtenidos con la revisión de documentación académica para encontrar la mejor alternativa para cubrir las necesidades logísticas de un escuadrón.

El proceso de ejecución del método distinguirá cuatro etapas:

1. Formulación del problema: Se generarán criterios y subcriterios de decisión.
2. Evaluación de criterios: Se ponderarán las alternativas por pares.
3. Evaluación de las alternativas: Se valorarán las alternativas en función de los criterios.
4. Jerarquización: Establecerá las alternativas más importantes.

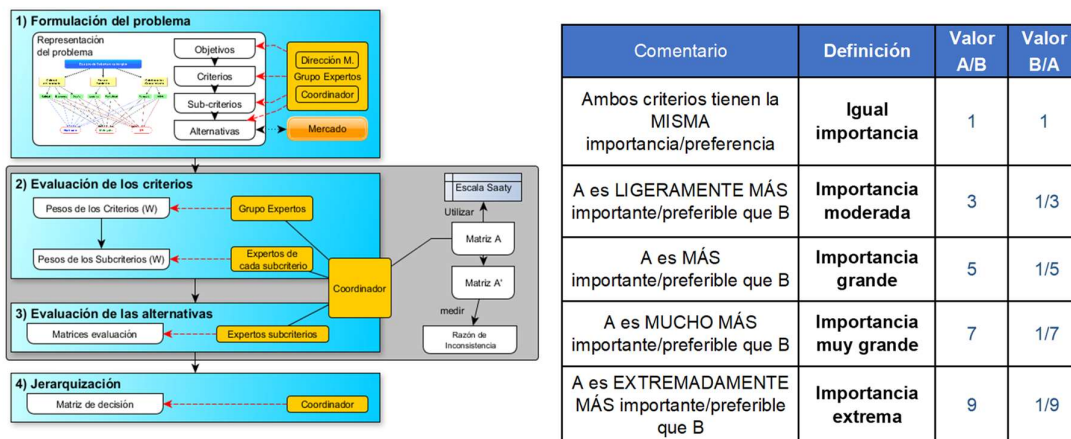


Figura 5 Esquema y escala Saaty. Fuente: Bloque 8 Modulo Gestión Pública del Máster de Adquisiciones

Uno de los problemas que presenta este método es que los criterios que se aplican para



decidir varían notablemente dependiendo del individuo que lleve a cabo la decisión. Por ello, el método se ejecutará conjuntamente con un equipo de expertos y basándose en la documentación académica disponible de manera que se reduzca al máximo el error. Se empleará la escala Saaty [4], que valorará los criterios dos a dos.

De la misma forma, las alternativas de decisión se evaluarán también con el criterio de un grupo de expertos para determinar cuánto se adecúan a cada uno de los atributos ponderados en la jerarquía.

Para hacer efectivos los cálculos del método se empleará la herramienta de software AyudaDecision\_AHP\_net\_4.0 proporcionada por el Tcol. D. Carlos Ruiz López, profesor de Logística en el CUD y tutor académico del autor.

### 2.2.9. Diseño de modelos matemáticos

En función del método de suministro seleccionado y su documentación académica, conjuntamente con los datos de consumo de recursos obtenidos, se desarrollará un modelo que determine la necesidad de reposición de los recursos.

Para ello, se empleará documentación académica de investigación operativa acerca de programación lineal. Este método de resolución de problemas se utiliza para formular un modelo matemático que se adapte al sistema real estudiado. Según el manual revisado [8], el problema de programación lineal planteado contendrá los siguientes elementos:

- Variables de decisión: Son los elementos que pueden cambiar de valor. Se asume que pueden tomar valores únicamente reales. Es fundamental determinar la unidad de estas variables para obtener un resultado lógico.
- Función objetivo: Es la que reúne la relación entre las variables de decisión. La solución del problema buscará maximizar o minimizar esta función.
- Restricciones: Son las funciones que limitan los valores que pueden llegar a tomar las variables de decisión, acotándolas. Estas funciones se representan como igualdades o desigualdades. En un problema bien planteado que busca maximizar o minimizar una determinada combinación de variables en su función objetivo, siempre nos encontramos con un tope 'máximo' o 'mínimo' que resuelve el problema.

Estas variables o restricciones que se añadan inicialmente para resolver el 'problema' del suministro darán una visión inicial básica que se podrá complicar añadiendo más restricciones a la reposición de las necesidades logísticas o a su consumo para intentar convertir la solución estimada inicial en una que se ajuste más a la realidad operativa del entorno y la maniobra.

### 2.2.10. Simulaciones

En estas simulaciones se buscará testear el sistema básico obtenido anteriormente con datos de suministro, consumos y tiempos de reposición para estudiar su adaptación a la realidad.

Una vez comprobado lo anterior, se procederá a añadir más restricciones que simulen complicaciones operativas para averiguar si el sistema sostiene su planteamiento lógico.

Si se confirman, se conseguirá validar la posibilidad del método de ser empleado por expertos para estudiar aspectos básicos del suministro de un escuadrón desplegado en función de un método seleccionado como óptimo. Además también se podrá emplear como una base a partir de la cual desarrollar futuros modelos de predicción que faciliten el planeamiento logístico y, consiguientemente, la elaboración de NOP y doctrinas para las nuevas unidades paracaidistas de caballería.



### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

#### 3.1. La caballería paracaidista

Las operaciones actuales se caracterizan por desarrollarse en ambientes cada vez más inciertos, donde conflictos en tierras lejanas pueden afectar de forma considerable a los intereses económicos y en materia de seguridad de naciones y alianzas [3] [9].

En este contexto, la BRIPAC busca ser una fuerza de reacción rápida de vocación internacional [1]. Sus medios ligeros y su capacidad aerolanzable le permiten ser la unidad ideal para ser desplegada en regiones lejanas en operaciones de proyección en apoyo de fuerzas ya establecidas o de entrada inicial para la resolución de conflictos incipientes [10].

En el marco de la nueva adaptación del ET en brigadas con vistas al año 2035 [11], se designó en 2017 al Regimiento de Caballería “Lusitania” nº8 de Paracaidistas como unidad de caballería en la orgánica de la BRIPAC. Desde la fecha, ha estado inmerso en una profunda reestructuración que parte del cambio en sus cometidos fundamentales a unos orientados a una fuerza de reacción rápida con la posibilidad de proyección de despliegue [12] [13].

El Regimiento se articula en un único grupo, el Sagunto I/8 (ver Anexo II). De este grupo mandado por un teniente coronel (Tcol.) dependen directamente un ELC, dos ELAC y un Escuadrón Acorazado (EAC). El ELAC-3 se encuentra en proceso de disolución y el ELC-1 y el ELAC-2 se encuentran en transición de medios del VEC al VAMTAC.

El ELC-1, unidad de referencia en la adopción del VAMTAC en el grupo, está actualmente compuesto por dos secciones de combate en base a VAMTAC, dos equipos de tiradores de precisión, un pelotón de mortero pesados y una plana auxiliar de escuadrón.

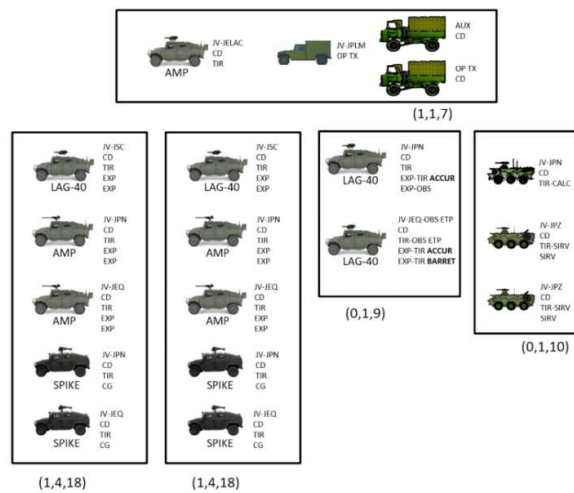


Figura 6 Orgánica actual ELC-1. Fuente: [14]

Esta constituye su estructura orgánica, que es la dispuesta para el día a día de instrucción y adiestramiento en territorio nacional. En el caso de ser desplegado, adoptaría una estructura operativa, creada expresamente para la misión. En su confección, pese a intentar mantener la estructura orgánica, ésta se modifica en función de las necesidades de la operación [15].

Para el estudio se considerará una organización operativa que incluirá únicamente a las dos secciones de VAMTAC (el vehículo nuevo en cuestión), al equipo de tiradores y al jefe del escuadrón, sin plana auxiliar, como indica la doctrina actual [16]. Los medios logísticos de la



plana orgánica serán centralizados por el grupo [17].

El vehículo VAMTAC adoptado por el ELC-1 presenta un nuevo reto logístico, pues pese a ser un medio más ligero y con excelente movilidad por carretera y campo a través, va dotado de armamento completamente distinto a los antiguos VEC. Además, tiene una autonomía de movimiento 200km inferior al VEC y menor espacio de almacenamiento interno [18] [19]. Todo esto se deberá tener en cuenta en las nuevas NOP.

### **3.2. Planeamiento y ejecución logística en operaciones**

La operaciones recientes reflejan la especial relevancia de un exhaustivo trabajo del aspecto logístico de la operación para contrarrestar la variabilidad del entorno y conseguir el éxito de la misión. Estos planeamientos deben seguir una actitud proactiva frente a los cambios, anticipándose a ellos mediante la experimentación y las simulaciones durante el planeamiento [20].

En la logística del ámbito militar se contemplan una serie de funciones logísticas que incluyen la gestión del personal, administración económica, mantenimiento, movimiento y transporte y abastecimiento. El estudio se centrará en la función logística de abastecimiento, que es la relacionada con la obtención, almacenamiento, distribución y entrega de los recursos que requiere el ELC-1 desplegado.

En este aspecto, es importante conocer el concepto de autonomía logística. En el caso de pequeñas unidades como el grupo y el escuadrón, se considera que la autonomía logística es lo que la unidad puede sostenerse y seguir llevando a cabo sus cometidos con la cantidad de recursos que se le han asignado. Depende de la capacidad de carga de sus medios y se mide en DOS (*Days of Supply*, días que la unidad puede subsistir con los recursos asignados). Es habitual a la hora planificar las asignaciones de recursos cuantificarlos haciendo referencia directamente a los DOS de cada clase de recurso que se debe suministrar. Existen distintos manuales técnicos que recogen en tablas las cantidades que corresponden a cada DOS por material, medio o individuo [7].

Para delimitar parcelas en el planeamiento del abastecimiento de recursos, a nivel OTAN se ha establecido una clasificación en clases logísticas según el tipo de material y su aplicación en la operación [15] [21] [22]:

- Clase I: Subsistencia.
- Clase II: Vestuario y equipo.
- Clase III: Carburantes, lubricantes y aditivos.
- Clase IV: Materiales de construcción y fortificación.
- Clase V: Munición y explosivos.
- Clase VI: Cooperativa.
- Clase VII: Armamento, material y animales.
- Clase VIII: Asistencia sanitaria.
- Clase IX: Piezas de repuesto.
- Clase X: Apoyo operaciones civiles.

En el estudio se considerarán las necesidades de recursos según cada una de las clases. Se evitará entrar en cada ítem dentro de una misma clase, ya que sería ineficiente para resolver



los objetivos del presente estudio.

Para estudiar el suministro de clase IX, en el desarrollo se encontrarán referencias a escalones de mantenimiento (EMAN). El 1er EMAN corresponde al usuario, capacitado para llevar a cabo mantenimiento preventivo (limpieza, comprobación de niveles). El 2º EMAN, estando incluido en la orgánica de la unidad al nivel del grupo, se encarga del mantenimiento de la unidad, los primeros mantenimientos correctivos y las evaluaciones. El 3er y 4º EMAN no son ya orgánicos de la unidad. Llevan a cabo mantenimiento integral: reparaciones de material sensible y transformaciones o conversiones del material [21].

1º ESCALON	2º ESCALON	3º ESCALON	4º ESCALON	
	(1º GRADO)	(2º GRADO)	(3º GRADO)	Mantenimiento Preventivo
ENTRETENIMIENTO	ENTRETENIMIENTO			
MANTENIMIENTO DEL OPERADOR	MANTENIMIENTO DE UNIDAD			Mantenimiento Correctivo
USUARIO	SC. MANTO. BON/GR/ULOG	GRUMAN/AALOG	OLC/OAE	
MANTENIMIENTO ORGÁNICO		MANTENIMIENTO INTEGRAL		

Figura 7 Esquema escalones logísticos. Fuente: Elaboración propia

Estudios anteriores en la misma unidad se han centrado en proponer formas para suministrar a un escuadrón únicamente por el aire [23] [24]. Las operaciones tipo en las que se contempla actualmente el empleo del ELC implican también acceso por tierra y mar [9]. De esta forma, los medios de suministro pueden ser mucho más variados.

El foco de interés para este trabajo será el proceso logístico en el eslabón entre el grupo y el escuadrón. Como ya se ha comentado anteriormente, en operaciones el grupo centraliza los medios logísticos de carga como camiones cisterna y de carga. La autonomía logística de un escuadrón depende de la capacidad de carga de sus propios vehículos de combate y de los medios de transporte de cargas que excepcionalmente se le agreguen. El escuadrón tiene el único cometido logístico de coordinar la recepción de las cargas y su distribución. Esta última acción se puede desarrollar de 4 formas distintas según la situación táctica:

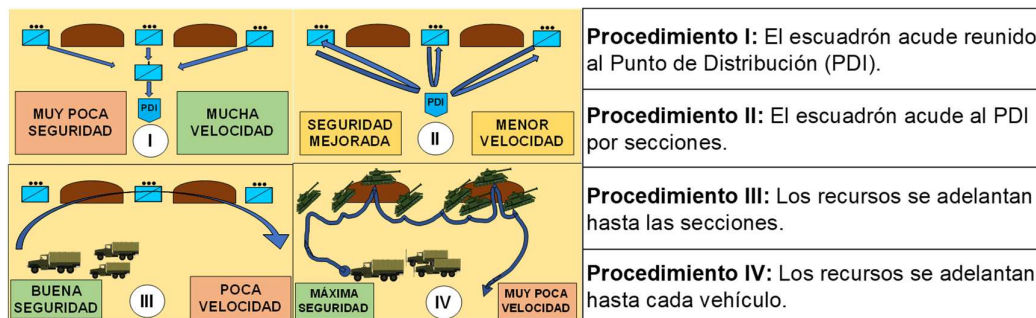


Figura 8 Procedimientos de distribución de recursos. Fuente: [17] [25]

El Punto de Distribución (PDI) es una localización planeada en la que el tren logístico desplegará y dispondrá los recursos para que sean recogidos de la forma más rápida y eficiente posible por la unidad a reabastecer. Muchas veces, los PDI se establecen conformando estaciones de servicio. Con este procedimiento, se establece una línea que va repartiendo a cada vehículo que pasa por el PDI su parte correspondiente de los recursos [17]. Todos estos procedimientos de distribución intentarán determinarse antes de la operación, realizándose ensayos antes del despliegue. Al estar ya reglado su uso en los manuales [17], el presente



trabajo no considerará su estudio.

### 3.3. Logística de gestión de inventarios

Dado que el objetivo del estudio implica estudiar las necesidades logísticas de un ELC y proponer un método que los resuelva, se buscarán formas de resolver los objetivos en el ámbito académico. Las soluciones de abastecimiento que se encuentran documentadas abarcan una gran tipología de métodos [26] [6] [27]. De entre ellos, el autor se centrará en los principales que puede obtener de las asignaturas de la rama de Logística que le han sido impartidas en su formación de grado [6] [21]. Para ello, se equiparán conceptos entre el ámbito civil y militar que permitan salvar las diferencias de objeto y finalidad de empleo de cada método.

La logística presenta distintos factores que determinan la forma de llevar a cabo la gestión de inventarios. De entre ellos, destaca el coste (que aparece habitualmente representado por la letra C) y la demanda (representada por la letra D). El coste es aplicable tanto a la compra de material como al almacenamiento prolongado de un producto en un almacén. La demanda es la necesidad logística de un determinado recurso asociada al consumo [6].

A la hora de planificar adquisiciones de material, es fundamental la estimación de la demanda futura para no incurrir en costes de almacenamiento innecesarios. La demanda más habitual de los artículos de un inventario sigue un patrón lineal, es decir, que varía de forma uniforme con el tiempo. A pesar de contemplar el caso ideal de tener una demanda completamente predecible y lineal, en la mayoría de los supuestos la predicción futura no es 100% cierta. Siempre se debe considerar una banda de confianza que abarque posibles desviaciones [6].

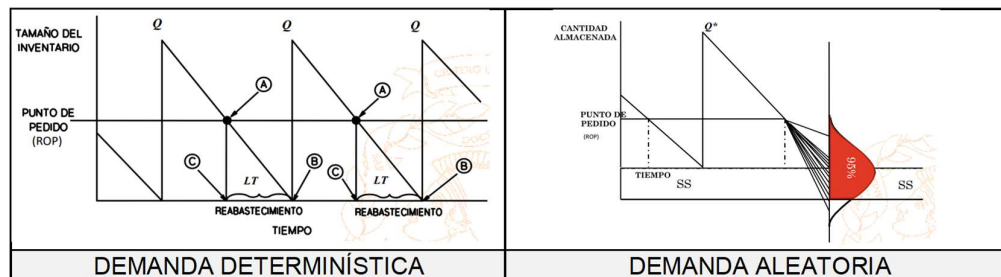


Figura 9 Demanda lineal predecible (determinística) y aleatoria (probabilística). Fuente: [6]

Para contrarrestar la incertidumbre en la demanda se emplea una reserva de artículos que pueda absorber las variaciones inesperadas en el consumo. Esta reserva es conocida como Stock de Seguridad (SS).

Para asegurar el control de los inventarios en una cadena logística, se distinguen dos filosofías fundamentales de suministro: *PUSH* y *PULL* [6].

La filosofía *Push* se basa en asignar una cantidad de recursos a distribuir entre sus almacenes subordinados basándose en los pronósticos de demanda, su desviación típica y un nivel de servicio propuesto que indique el porcentaje de veces que se puede asumir la ruptura de stock.

Por otro lado, la filosofía *Pull* busca reaprovisionar los inventarios comunicando al almacén superior sus necesidades logísticas.

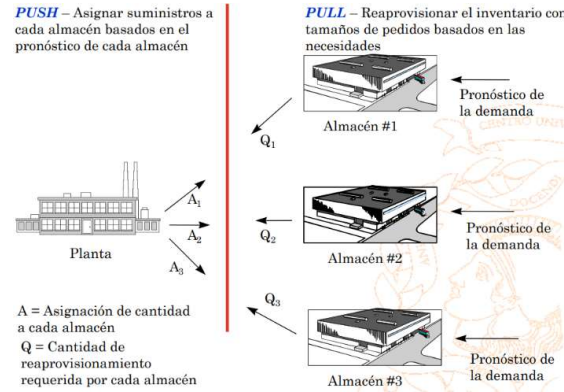


Figura 10 Procedimientos de distribución de recursos. Fuente: [6]

Dentro de la filosofía *Pull*, para pedidos que se repiten a lo largo del tiempo y cuya demanda se puede predecir asumiendo una desviación probabilística, se distinguen dos variantes [6]:

**PUNTO DE PEDIDO:** Se fija una cantidad de reaprovisionamiento óptima. El pedido se realizará al cruzar un umbral de nivel de suministro conocido como ROP (*reorder point*, o punto de pedido). Su punto fuerte es que implica un menor coste de adquisición del producto, ya que el almacén o fábrica al que se adquieren sabe las cantidades exactas de cada pedido).

**REVISIÓN PERIÓDICA:** Se fija un periodo temporal hasta una revisión de inventario. En ese momento, se realiza un pedido al escalón superior de las cantidades que resulten de la diferencia entre la cantidad máxima que se puede almacenar y lo consumido hasta el momento de la revisión. Su mejor baza es que permite ajustar recursos y satisfacer varios pedidos.

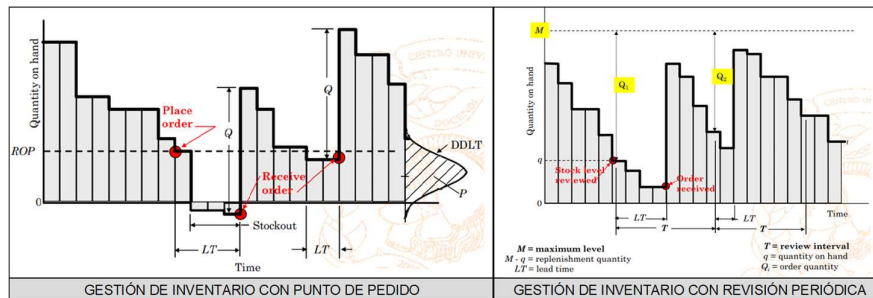


Figura 11 Demanda lineal predecible (determinística) y aleatoria (probabilística). Fuente: [6]

Las fórmulas necesarias para calcular el pedido o el tiempo óptimo entre pedidos se encuentran en el Anexo III.

En este estudio se buscará aplicar estos métodos para gestionar los inventarios de un ELC de paracaidistas. Se tendrá en cuenta en el desarrollo que, desde el punto de vista militar, una pequeña unidad desplegada en operaciones no busca aumentar la eficiencia de su inventario reduciendo sus costes de operación. Busca adaptar su consumo de recursos a lo que se le suministra por parte de los trenes logísticos para garantizar la máxima eficacia en la ejecución de sus cometidos [21] [15].

## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado el autor del presente estudio busca exponer la planificación temporal del trabajo seguida de cuatro fases diferenciadas presentadas en la Tabla 1 y explicadas en





apartado 2.2.2., se han obtenido una serie de ideas clave que contrastadas con los grupos de expertos A, B y C se clasifican a continuación según la parcela del trabajo a la que se refieren.

#### 1. Tendencias:

Basado en la revisión de las últimas tendencias logísticas [28]:

- Se está haciendo evidente la importancia de las nuevas tecnologías de la comunicación en la gestión logística tanto en el mundo civil como en el militar.
- A través de herramientas como aplicaciones informáticas, la monitorización y las simulaciones se han logrado grandes avances en la eficacia y eficiencia del reabastecimiento, asegurando un suministro más rápido con un menor derroche de medios y personal.
- El último eslabón logístico implica las operaciones más complicadas. El apoyo a este nivel se puede optimizar adaptando la logística táctica a las necesidades de recursos de los usuarios facilitadas a través de herramientas TIC.

Por lo anterior, se concluye que un método logístico óptimo deberá potenciar el flujo de información entre escalones. Además, deberá aprovechar la mayor capacidad de obtención y gestión de la información de los escalones superiores por tener más personal en su plana dedicado a ello. A pesar de todo, será preciso delimitar aquello que se comunica, pues la logística no es el único ámbito de las operaciones que verá incrementada su capacidad de flujo de información.

#### 2. Condicionantes operativos:

- Una operación de entrada inicial, de proyección de fuerzas o en una operación aerotransportada de combate, implicarán en sus fases iniciales la actuación con refuerzos limitados y una muy escasa capacidad de suministro. Será en estos primeros días cuando el combate se vuelva más intenso, haciendo del estudio de las necesidades logísticas de un escuadrón ligero paracaidista una actividad crucial para su éxito y supervivencia. [9] [15] [10]
- En las operaciones de entrada inicial o aerotransportadas, no es necesario que las unidades sean suministradas exclusivamente desde el aire. Si bien esto es una opción que se debe tener en cuenta, también se debe tener en consideración que en las fases en las que está contemplada la acción de la caballería los recursos pueden llegar por tierra o mar y suministrarse por un tren logístico establecido. [9] [15]
- En su nueva configuración, los VAMTAC ST5 (especialmente en su versión de lanzamisiles Spike) poseen muy poco espacio de almacenamiento de víveres o equipo, y tienen una capacidad limitada de 110L de combustible más dos petacas exteriores, que limita su capacidad de operar. Con la capacidad de almacenamiento que pueda poseer el escuadrón en sus propios medios de transporte y los agregados, la autonomía logística de la unidad podría verse aumentada, pero ya implicaría un reabastecimiento de escuadrón a sus unidades subordinadas. [14] [19]
- A pesar de la forma en la que se lleve a cabo el reabastecimiento, por la naturaleza expedicionaria de las operaciones aerotransportadas, siempre implica un minucioso estudio de los pesos y volúmenes, pues muchas veces los recursos vienen desde lejos o implican un considerable coste de adquisición en zonas cercanas al despliegue [9] [21]
- Un reabastecimiento logístico resulta un momento crítico para las unidades implicadas



por su exposición e indefensión [15].



Figura 12 Capacidad reflejada en tapa de combustible del VAMTAC. Fuente: Elaboración propia

- En una operación de proyección de fuerzas, la presencia de un 3er EMAN se ve reducida a las capacidades reforzadas del 2º EMAN que actúa sobre el terreno. Esto implica que el 1er EMAN, el usuario, deberá asumir todas las tareas de mantenimiento más sencillas para facilitar la ejecución de las tareas más complicadas del 2º EMAN, con todo lo que ello implica [9].



Figura 13 Radiador, motor y niveles del VAMTAC. Fuente: Elaboración propia

De todo lo anterior, de acuerdo con los grupos de expertos A y B, se puede afirmar que para la unidad a la que concierne este estudio es vital reducir los reabastecimientos a un mínimo indispensable pero que asegure un nivel de servicio óptimo y minimice el desperdicio. Para operaciones prolongadas de varios días los vehículos carecen de suficiente autonomía por sí mismos para sostenerse en operaciones.

Asimismo, según el grupo de expertos C, se deberá asegurar una formación adecuada a los usuarios de los equipos para que sean capaces de solucionar las incidencias más comunes para no sobrecargar la línea de suministro logístico en los momentos más críticos de las operaciones.

### 3. Métodos logísticos:

Actualmente, el escuadrón en operaciones debe comunicar directamente o a través de su encargado auxiliar de S4 de forma periódica sus necesidades y consumos, así como el planeamiento de los Puntos de Distribución de recursos (PDI) y la composición de los lotes que se recibirán, y confeccionar los que se envíen a las unidades subordinadas [16]. Lo habitual será hacer peticiones diarias al escalón superior a través de partes normalizados en el un marco horario establecido [29]. Este marco horario, así como el momento de reposición, no vienen



determinados en manuales, sino que son elaborados en NOP según las características de una unidad.

Para obtener conclusiones que faciliten la creación de estas NOP que solucionen las necesidades logísticas de los vehículos VAMTAC, se equipará al escuadrón con un pequeño almacén móvil con una demanda propia. De esta manera se permitirá estudiar la aplicación de los métodos de abastecimiento logístico contemplados por la logística de almacenes.

Estas formas de suministro han sido aplicadas en grandes unidades logísticas del ET [27], pero de acuerdo con el grupo de expertos A no existe un precedente que proponga estudiar su empleo en pequeñas unidades como grupos o escuadrones. En este trabajo se buscará optimizar la solución de las necesidades logísticas a través de estos métodos.

De la revisión de la documentación académica ya presentada [6], aplicando los procedimientos civiles a la táctica [17], se definen los siguientes métodos:

#### **PUSH:**

- La unidad superior asigna las cantidades a suministrar a los escalones subordinados. Estas cantidades se consideran consumidas una vez llegan en manos de la unidad subordinada.
- La unidad superior planea las cantidades y el momento a suministrar según las previsiones planeadas según lo que la unidad subordinada ha consumido en ocasiones anteriores.
- La unidad subordinada no puede modificar el pedido ni en cantidad ni en tiempo de recepción, dificultando con ello la integración de su maniobra en el planeamiento de las unidades logísticas y pudiendo ocasionar un desfase en el suministro.
- Este método tiende a ser empleado por grandes unidades en combate, sobre todo cuando existe un tren logístico fuerte que permita una disponibilidad permanente de recursos [15].

#### **PULL:**

- Las unidades subordinadas son reaprovisionadas con pedidos de recursos que varían en función de las necesidades que éstas comunican al escalón superior.
- Aumenta la gestión que se debe llevar a cabo por parte de las unidades superiores a la hora de planificar el almacenamiento de los recursos que se encuentran a la espera de ser enviados y rotar a las unidades logísticas para asegurar el suministro a todas las unidades subordinadas según sus necesidades.
- A cambio, el abastecimiento se vuelve más oportuno y preciso.

Para una demanda probabilística variable se contemplan dos variantes:

- **Punto de pedido:** Se planean unas cantidades fijas que constituyen el lote óptimo de recursos a suministrar. El abastecimiento se ejecuta cuando la unidad subordinada comunica al escalón superior haber cruzado el umbral de recursos de punto de pedido, el ROP.
- **Revisión periódica:** Se planea y fija el momento en el que se lleva a cabo el abastecimiento. Para ajustar lo pedido a las necesidades, la unidad subordinada revisará y comunicará en un momento predeterminado las cantidades restantes de los recursos a suministrar para que la unidad logística cargue las cantidades consecuentes.



### 4.3. Fase 2: Estudio de la demanda y obtención de criterios

Una vez revisada la situación del contexto teórico y determinada la situación actual de los procedimientos de abastecimiento logístico del escuadrón en operaciones, se estudiará el carácter de la demanda de cada tipo de recurso y se determinarán los criterios de elección del método de suministro óptimo que pueda servir como base a futuras NOP a desarrollar.

#### 4.3.1. Grupos de expertos

Los grupos de expertos presentados en el apartado 2.2.3. fueron entrevistados durante sesiones preparadas y también durante períodos durante los cuales el autor de este estudio ejercía de observador directo de sus tareas diarias.

Al Grupo de Expertos A se le preguntó acerca de la importancia relativa de los recursos entre sí, y de sus respuestas se extraen las siguientes conclusiones:

- No todos los recursos logísticos son igual de importantes para una operación de combate. Además, se debe distinguir entre los recursos que requieren de un reabastecimiento constante (como determinados consumibles) y los que únicamente deben ser tenidos en cuenta en la configuración inicial de combate de la unidad, considerándose su suministro únicamente en casos extraordinarios. Que un recurso sea o no un consumible habitual no está relacionado con su importancia para el cumplimiento de la misión.

Para cuantificar este hecho, se pidió al grupo de expertos acordar una valoración para cada clase de recursos según la frecuencia con la que deberían ser repuestos con el objetivo de transformar su valoración teórica en un parámetro ponderable en el posterior método ABC que clasifique los productos según su importancia global en la misión. La tabla de valoración empleada se basa en las ponderaciones de la tabla en la que se fundamenta en el método AHP propuesta por T.L. Saaty para la ayuda a la toma de decisiones [4].

FRECUENCIA REABASTECIMIENTO		
MUY HABITUAL	OCASIONAL	ANECDÓTICO
9	3	1

Tabla 4 Ponderación de valorar subjetivamente frecuencia reabastecimiento. Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de la entrevista son los que siguen:

CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI	CLASE VII	CLASE VIII	CLASE IX	CLASE X	MISC
9	1	9	1	9	3	1	3	3	1	1

Tabla 5 Valoración frecuencia reabastecimiento clases de recursos. Fuente: Elaboración propia

Esta ponderación se utilizará posteriormente en la clasificación ABC de los recursos.

También se le preguntó acerca de la tasa de consumo de cada recurso y sus condicionantes más importantes, y se llegó a las siguientes conclusiones:

- Es muy complicado acertar el consumo de cada uno de los recursos por la variabilidad de las condiciones del campo de batalla y la propia unidad en una operación. Por ello, se empleará la herramienta de *Cálculo de necesidades logísticas* de la Academia de Logística que consigue estimar el consumo de cada recurso en función de unas variables de entorno asignadas.



- En operaciones, pese a la naturaleza no lineal de algunos tipos de demanda, se intenta forzar esa linealidad (ajustar el consumo a ratios predecibles) estableciendo límites a las cantidades consumidas en determinados períodos de tiempo. Por ejemplo, es habitual racionar el consumo de munición por fases de una operación, estableciendo una cantidad determinada a consumir en cada una. Por ello, se puede clasificar al nivel de un escuadrón e inferior la demanda de consumibles como una distribución de media lineal (establecida por tramos) que varía de forma probabilística (tipo de demanda que es también contemplado en los métodos de suministro logístico reflejados al final del apartado 4.2)

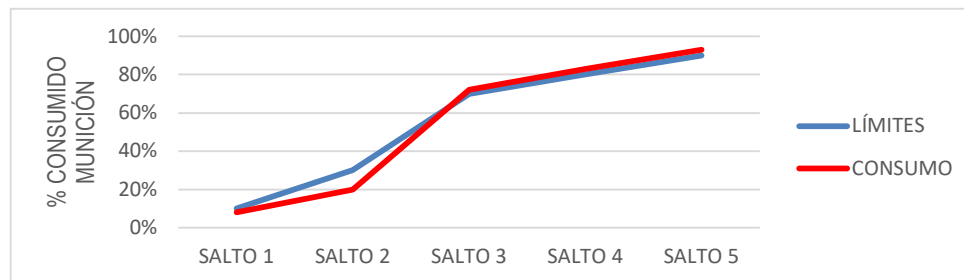


Figura 14 Ejemplo de consumo de munición respecto a límites establecidos. Fuente: Elaboración propia

En cuanto al Grupo de Expertos B, se les realizó una entrevista en la que sus miembros fueron preguntados expresamente acerca de cuáles son los atributos fundamentales que determinarán una buena integración táctica de un método de reabastecimiento logístico en una operación de combate.

Se obtuvo como conclusión principal que estos atributos son la eficacia y la eficiencia, que se pueden cuantificar y emplear para medir la validez de un método de suministro para resolver las necesidades logísticas de una unidad.

Para hallar más detalles acerca de estas consideraciones, se elaboró otra encuesta a este grupo de expertos compuesta por tres partes, cuyo desarrollo se fue llevando a cabo a la par que las tres primeras etapas del método AHP presentadas en el apartado 2.2.7. La plantilla de la entrevista se puede encontrar en el Anexo IV, y sus respuestas se recogen en el posterior desarrollo del método AHP.

Con el objetivo de averiguar la capacidad máxima de carga del escuadrón con sus vehículos VAMTAC de las secciones de combate, se facilitó al autor el acceso a las NOP de carga de los vehículos y se obtuvo una lista de carga de combate para los vehículos del escuadrón presentada en el Anexo V.



Figura 15 Distribución cargas maletero VAMTAC. Fuente: NOP carga ELC-1



Del Grupo de Expertos C se obtienen las siguientes conclusiones:

- El vehículo VAMTAC ST5 es un vehículo que, pese a ser fácil de mantener, requiere conocimientos técnicos específicos para reparaciones en profundidad. Se necesita formación y experiencia para llevar a cabo este tipo de tareas.
- El vehículo referido cuenta con múltiples sistemas de autoprotección y aviso que permiten evitar multitud de averías graves, dejando los fallos en un estado que muchas veces el mismo usuario es capaz de solucionar siguiendo las indicaciones del manual. [19] [18]
- Ante una operación de entrada inicial o de proyección de fuerzas, el 2º EMAN se vería reforzado al carecer inicialmente el despliegue de un 3er EMAN. Los usuarios del vehículo tendrían formación especial que les garantizaría poder llevar a cabo un mantenimiento más exhaustivo y la resolución de los problemas más comunes.
- Resulta muy improbable que el vehículo VAMTAC en su versión ST5 deba ser evacuado por averías graves en una operación de combate cuya duración sea inferior a una semana (teniendo en cuenta únicamente factores atribuibles al uso del vehículo).

Por todo lo anterior, se ratifica la valoración previa de la Tabla 5 que clasifica el suministro de piezas de repuesto como muy poco habitual en las fases iniciales de la operación. Se considera que los vehículos serían autosuficientes para resolver la mayoría de las averías comunes empleando material y piezas cargadas previamente, limitándose el suministro de esta clase a alguna rueda de repuesto en el caso anecdótico de un pinchazo.

#### 4.3.2. Encuestas

El formato de las encuestas planteadas para hallar la importancia percibida de cada recurso es presentado en el Anexo VI. Se crearon dos versiones de la misma encuesta, enfocada una de ellas a los mandos de los dos escuadrones que empleaban vehículo VAMTAC (ELC-1 y ELC-2) y otra destinada a sus subordinados de tropa. Las respuestas son anónimas, diferenciadas únicamente por su marca temporal (Anexo VII). De los resultados obtenidos (Anexo VII) se llega a las siguientes conclusiones:



Figura 16 Resultados encuesta valoración recursos tropa. Fuente: Elaboración propia

Para la tropa, existe muy poca variación entre la importancia de recursos, siendo la diferencia de puntuación entre el recurso mejor valorado y el peor valorado únicamente del doble de puntos. La gráfica resultante lo demuestra con un escalonamiento más reducido.



Para los mandos, en cambio, existe una mayor variación entre la puntuación de los recursos más importantes de aquellos que no lo son. El recurso considerado fundamental tiene una puntuación que supera el triple del recurso menos puntuado. La gráfica resultante lo demuestra con un mayor escalonamiento de las puntuaciones entre recursos.



Figura 17 Resultados encuesta valoración recursos mandos. Fuente: Elaboración propia

A pesar de que se contemplan como indispensables las clases I, III, V y VII (que se encuentran en ambas encuestas entre los cinco recursos considerados fundamentales), según el grupo de expertos A (apartado 4.3.1) no se debe caer en el error de juzgar su importancia global con estos resultados subjetivos aislados. La valoración obtenida deberá ser contrastada para obtener una importancia global ajustada al consumo real de cada recurso en operaciones. Esto se debe a que, mientras el recurso de clase VII puede parecer de importancia similar al de clase III en la encuesta realizada a la tropa, la clase VII no se consume y no suele requerir de un reabastecimiento habitual (son vehículos y sistemas de armas), mientras que el combustible (clase III) requiere de un constante suministro.

Marca temporal	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	Clase IX	Clase X	MISC
9/27/2022 19:04:50	5	1	5	1	5	1	2	2	1	1	1
9/28/2022 9:20:01	5	4	5	3	4	1	5	4	3	1	3
9/28/2022 9:23:25	5	4	5	2	5	5	5	4	3	2	4
9/28/2022 9:36:33	5	3	3	2	4	1	5	2	2	1	5
9/28/2022 9:43:01	4	3	4	1	5	2	3	2	3	1	3
9/28/2022 10:21:58	3	1	5	2	5	2	4	3	5	2	2
9/28/2022 10:43:38	4	4	4	2	4	1	5	4	3	2	3
9/28/2022 10:45:09	4	2	5	2	4	1	3	4	4	2	3
9/28/2022 11:16:34	5	2	5	2	5	1	4	3	4	1	3
9/28/2022 11:44:02	3	2	4	2	5	1	5	3	5	1	2
9/28/2022 22:42:20	4	2	4	2	4	2	4	4	4	2	4
9/29/2022 11:23:34	4	2	2	2	5	4	4	5	4	2	4
10/2/2022 20:36:48	4	2	3	1	4	1	2	3	4	1	1
TOTAL	55	32	54	24	59	23	50	43	46	19	38

Tabla 6 Resultado encuestas de mandos. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Forms

### 4.3.3. Clasificación ABC

Para definir el criterio de ponderación de cada recurso se multiplicará la puntuación obtenida en las encuestas de valoración de la importancia de cada uno de ellos (4.3.2.) y el valor asignado a la necesidad de reposición obtenido en la entrevista a grupos de expertos (4.3.1).

De esta forma, se obtienen los siguientes resultados (detallados en el Anexo VIII):



	ENCUESTA	NECESIDAD	ENCUESTAxNECESIDAD	% ABC
CLASE I	245	9	2205	0,2342256
CLASE II	183	1	183	0,0194391
CLASE III	239	9	2151	0,2284895
CLASE IV	145	1	145	0,0154026
CLASE V	265	9	2385	0,2533461
CLASE VI	149	3	447	0,0474825
CLASE VII	240	1	240	0,0254939
CLASE VIII	231	3	693	0,0736138
CLASE IX	214	3	642	0,0681963
CLASE X	121	1	121	0,0128532
MISC	202	1	202	0,0214574
TOTAL	2234		9414	1

Figura 18 Tabla planteamiento clasificación ABC. Fuente: Elaboración propia

Como se puede comprobar, solamente con los recursos de clase V, clase I y clase III (el 27,3% de las clases de recursos) alcanzarían hasta un 71,6% de la importancia del reabastecimiento de un escuadrón en combate, tanto por su necesidad de constante reposición como por su importancia para el cumplimiento de la misión. Estos serían los recursos de tipo A, los prioritarios y fundamentales para tener éxito en una operación.

Los recursos de clase VIII y IX son importantes para el cumplimiento de la misión, pero su baja necesidad de suministro regular los deja en un segundo escalón de importancia como recursos de tipo B, con un 14,2% del peso en el cumplimiento de la misión.

El resto de los recursos contemplados quedarían relegados a un último plano, algunos de ellos por su baja importancia para el cumplimiento de la misión a pesar de necesitar su suministro de forma ocasional (como la clase VI). A otros les ha ocurrido lo contrario, han quedado relegados por ser muy rara su reposición en combate a pesar de su importancia (clase VII).

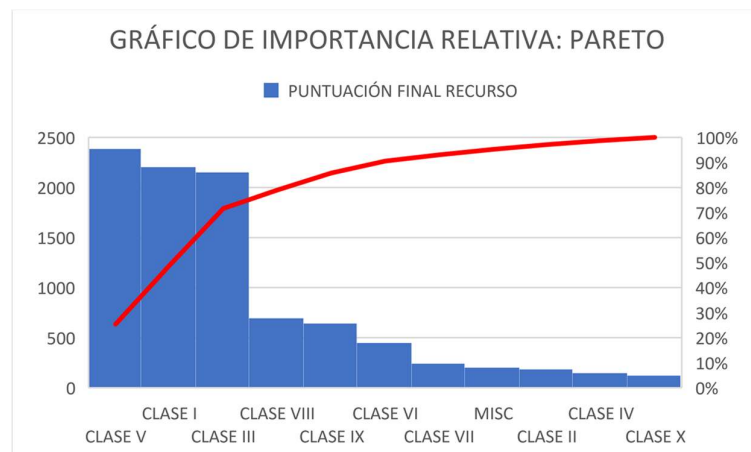


Figura 19 Resultados de Pareto importancia global recursos. Fuente: Elaboración propia

En conclusión, al ponderar el peso de cada recurso cruzando su importancia global para el cumplimiento de la misión con su frecuencia de reabastecimiento, se puede apreciar una distribución que se ajusta al principio de Pareto. Con base en esta afirmación, se proseguirá el estudio de las necesidades logísticas del escuadrón focalizándolo en los recursos de tipo A: clase I, III y V.



#### 4.3.4. Definición de indicadores

Obtenidos los recursos fundamentales para el desarrollo de una operación, se deberá estudiar el carácter de la demanda de cada uno de ellos para, sabiendo cómo se consumen, obtener una forma óptima de medir su nivel de abastecimiento. Esto se hará ajustando cada recurso al modelo que más se acerque a los propuestos en la documentación académica que contiene los métodos de suministro estudiados [6].

Los primeros recursos que se estudiarán son los de clase I. Según el grupo de expertos A, el consumo de este tipo de recursos sigue un patrón regular, de forma que se puede predecir con precisión el momento de reabastecimiento ideal. Desde el punto de vista matemático presentado en la documentación académica relacionada con los métodos de suministro a elegir, la demanda sigue una clara tendencia regular probabilística de muy baja desviación estándar, fácil de modelar.

La siguiente tipología más importante de recursos son los de clase III. Según el grupo de expertos A y con la información presentada anteriormente en el apartado 4.3.1, el consumo de combustible va íntimamente ligado a factores como el kilometraje, al tipo de vehículo y su carga y al tipo de terreno por el que se conduce. De esta forma, pese a no estar controlado, el combustible ya de por sí presenta un comportamiento regular. Aun así, para poder hacer más predecible la evolución de este recurso se establecen límites a un factor determinante para el consumo como es el kilometraje de los vehículos, que además es fácil de medir y controlar. Con ello se consigue una demanda de media lineal predecible pero de carácter probabilístico.

Esto implica que pese a seguir una distribución normal que se ajusta a una media en la mayor parte de los casos, hay una considerable probabilidad de que la demanda varíe respecto a lo previsto con el paso del tiempo. Por ello, se extrae la conclusión de que se deben tener en cuenta medidas adicionales para asegurar el suministro de este tipo de recurso por la variación que presenta, como pueda ser determinar un Stock de Seguridad (SS).

Los últimos recursos estudiados, los de clase V, poseen un especial carácter irregular en sí mismos [30]. Según el grupo de expertos A, sin control, es posible pasar de no consumir nada durante mucho tiempo a consumir la totalidad de los suministros en un corto período de tiempo. Por ello, las unidades se instruyen en ajustar estrictamente el consumo de munición a un planeamiento previo que establece las cantidades a disparar en cada una de las fases de la operación en función del tipo de maniobra realizada y la probabilidad de encuentro con el enemigo. Estos límites regularizan el consumo de munición pero, pese a que permiten establecer cierta linealidad en su demanda, no evitan que la desviación típica de cantidades necesarias de este recurso sea muy elevada. Es por ello por lo que, de la misma forma que con el consumo de munición, resulta fundamental planear medidas que permitan paliar esta situación.

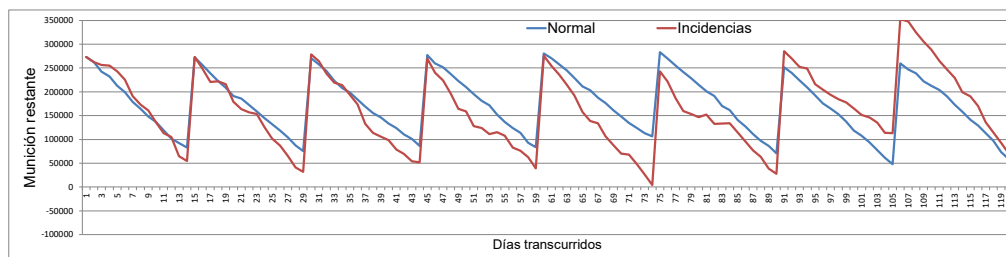


Figura 20 Simulación consumo munición gran unidad. [31]

Visto lo anterior, se puede deducir que la necesidad de los tres recursos presenta un comportamiento base lineal, con una desviación típica que varía desde su inexistencia en



recursos de clase I hasta tener una importancia crucial en los recursos de clase III.

A la hora de reabastecer este tipo de recursos, al ser todos consumibles, las cantidades se miden en DOS (presentado ya en el apartado 3.2.). El problema de este tipo de métrica es que al variar el consumo dependiendo de la situación, puede ocurrir que se suministren varios DOS a una unidad y que lo consuman en menos de un día. Por ejemplo, un DOS de munición de pistola por arma (según las orientaciones al planeamiento logístico [7]) son 0,4667 disparos por arma. Aun así, para un sencillo ejercicio de instrucción de tiro con arma corta pueden consumirse 20 DOS de clase III (que ya serían casi 10 cartuchos por arma). A pesar de los inconvenientes, al aglutinar los distintos recursos de cada clase en una única medición, este indicador permite planear de forma sencilla y efectiva los reabastecimientos.

Sistema de armas	Número	DOS
Pistola		
9x19 Ord.		0,466666667

Figura 21 Número de disparos de pistola asignados en 1 DOS por arma (Casilla DOS). Fuente: Herramienta de cálculo logístico

También se están empezando a contemplar otros tipos de indicadores métricos para mejorar la calidad del suministro como el *Flow Time* (que mide los tiempos entre el inicio y el fin del suministro) o los basados en la velocidad y la calidad de los efectos. El objetivo de estos nuevos métodos es aprovechar las nuevas herramientas de comunicación y gestión para hacer del método de suministro un proceso mucho más adaptativo, que reduzca los inventarios estáticos garantizando un nivel de servicio excelente [26].

A pesar de la vocación innovadora y de mejora de este estudio, por las características de la demanda de los recursos a reponer y el pequeño nivel al que se aplican, es necesario elegir un indicador con definición inequívoca, que permita medir las cantidades restantes de los conjuntos de elementos que conforman cada clase de recurso. Además, buscando la simplicidad, se debe tener en cuenta que las herramientas y los cálculos que permiten estimar el consumo del personal y los sistemas de armas [7] emplean el método tradicional de medida en DOS. Por ello, éste será el principal indicador empleado para medir las cantidades restantes de cada recurso. Las unidades de tiempo, para coincidir con la duración de una operación y estar en concordancia con la unidad de medida de recursos, serán en días.

Los datos de consumo particular de cada equipo, a falta de tiempo y recursos informáticos de procesado de datos, serán extraídos de la ya comentada aplicación de *Cálculo de necesidades logísticas* del Departamento de Logística Funcional de la Academia de Logística de Calatayud, que emplea a su vez como referencia distintos manuales técnicos.

#### 4.4. Fase 3: Elección del método de reabastecimiento

En esta fase se desarrollarán las cuatro etapas necesarias para emplear el método multicriterio de ayuda a la decisión AHP, presentado en el apartado 2.2.7. Se buscará obtener de entre las alternativas de reabastecimiento logístico presentadas en el apartado 4.2. una que resulte óptima para el cumplimiento de las misiones más habituales de un ELC de vehículos VAMTAC ST5.

##### 4.4.1. Primera etapa: Formulación del problema

###### ALTERNATIVAS

Al analizar el problema presentado en los apartados 1 y 2.1, la falta de una NOP de



reabastecimiento para los ELC, se plantean las tres alternativas obtenidas en el apartado 4.2 obtenidas de la revisión de documentación académica.

OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
PUSH	PUNTO PEDIDO	REVISIÓN PERIÓDICA

Tabla 7 Alternativas de solución del problema de decisión. Fuente: Elaboración propia

1. **PUSH:** La opción más cómoda para el escalón superior, obliga al escalón subordinado a trabajar para ajustar continuamente su maniobra a lo establecido por su jefe. Suele implicar mandar más recursos de los necesarios para asegurar reabastecer de forma completa a las unidades suministradas. Se prioriza la centralización de los medios y recursos al escalón superior, garantizando el envío de recursos aún sin comunicación con los escalones subordinados.
2. **PUNTO DE PEDIDO:** La opción más cómoda para el escalón subordinado. Obliga al escalón superior a estar preparado para mandar un lote predeterminado cuando se le comunique que se ha alcanzado el ROP (*Reorder Point*). Se prioriza la reserva de una determinada cantidad de recursos planeada previamente. Implica desconocer antes de la comunicación del ROP el momento y lugar exactos en los que se entregará el suministro.
3. **REVISIÓN PERIÓDICA:** Necesita una planificación conjunta del escalón superior con sus unidades subordinadas. La carga principal de trabajo de planeamiento puede ser ejecutada por la PLM de la unidad superior, pero obliga también a la unidad subordinada ajustar su maniobra para recibir recursos en los tiempos planeados. Se prioriza cumplir con las medidas de coordinación temporales acordadas para el reabastecimiento. Implica que, al no poder reservar con anterioridad los recursos necesarios, las cantidades que lleguen pueden no ajustarse exactamente a lo que se necesita.

## CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

Con base en las entrevistas a grupos de expertos presentadas en el apartado 4.3.1, se obtuvo que los principales criterios para elegir un método de suministro son dos:

### Criterio 1: Eficacia

Se define como la aptitud del método de reabastecimiento logístico para garantizar el funcionamiento de la unidad en combate. Este criterio, siguiendo la información obtenida en la entrevista, distingue dos subcriterios:

1. Capacidad de reposición: Indica hasta qué punto el método puede llegar a reponer al completo el nivel de las principales clases de recursos de los vehículos del escuadrón.
2. Integración: Capacidad del método para integrarse en la maniobra y tempo de una operación a nivel táctico.

### Criterio 2: Eficiencia

Se define como la aptitud del método de reabastecimiento logístico para minimizar el desperdicio de recursos. De la misma forma que el anterior, se pueden distinguir dos subatributos en función del recurso cuyo desperdicio se priorice reducir:

1. Eficiencia en cantidades: Capacidad del método para minimizar el desperdicio de recursos por exceso de cantidad suministrada.
2. Eficiencia en tiempos: Capacidad del método para minimizar el desperdicio de tiempo tanto del tren logístico como de la unidad que va a ser suministrada en el proceso que



deben seguir para llevar a cabo un reabastecimiento.

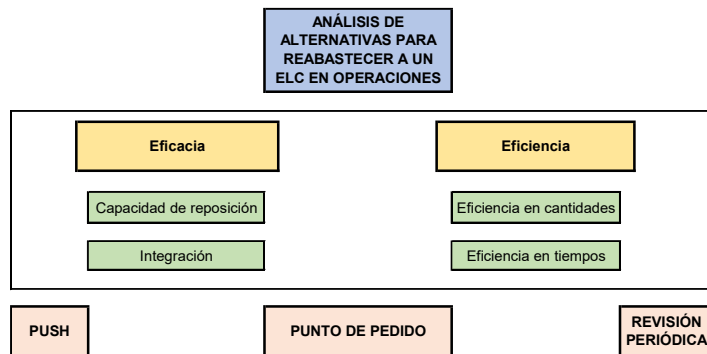


Figura 22 Esquema de criterios y resultante. Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Segunda etapa: Evaluación de criterios

Para evaluar los criterios y cuantificar su peso relativo se utilizará la comparación por pares. Se llevará a cabo con la escala de Saaty:

Comentario	Definición	Valor A/B	Valor B/A
Ambos criterios tienen la MISMA importancia/preferencia	Igual importancia/ preferencia	1	1
A es LIGERAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/ preferencia moderada	3	1/3
A es MÁS importante/preferible que B	Importancia/ preferencia grande	5	1/5
A es MUCHO MÁS importante/preferible que B	Importancia/ preferencia muy grande	7	1/7
A es EXTREMADAMENTE MÁS importante/preferible que B	Importancia/ preferencia extrema	9	1/9

Tabla 8 Escala de Saaty. Fuente: Apuntes [32]

Para valorar la importancia de cada criterio y subcriterio el autor se basará en las ya citadas entrevistas realizadas al grupo de expertos B (Anexo IV).

#### CRITERIOS

En cuanto a la preponderancia de los criterios principales entre ellos, el grupo de expertos acordó que la importancia de la eficacia era grande respecto a la de la eficiencia.

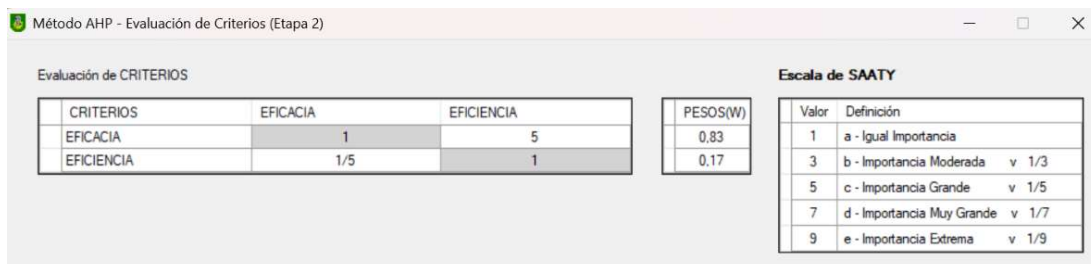


Figura 23 Peso relativo de criterios. Fuente: Elaboración propia

El resultado observado de la ponderación anterior atribuye un peso del 83% a la eficacia para la toma de decisiones, frente al 17% de la eficiencia.



### SUBCRITERIOS

Juzgando la importancia de los subcriterios presentados, se llegó a la conclusión en el grupo de expertos B que la integración del método de reposición elegido en la operación era moderadamente más importante que el hecho de que el método fuese capaz de reponer la exacta totalidad de las necesidades logísticas.

De la misma forma, se consideró que debiendo elegir el recurso a optimizar para conseguir la eficiencia en el reabastecimiento, la importancia de optimizar la gestión del tiempo era grande respecto a evitar el desperdicio de cantidades de recursos.

Método AHP - Evaluación de SubCriterios (Etapa 2.bis)

EFICACIA			PESOS(W)	EFICIENCIA			PESOS(W)
Capacidad reposición	Integración			Eficiencia cantidad	Eficiencia tiempo		
Capacidad reposición	1	1/3	0,25	Eficiencia cantidad	1	1/5	0,17
Integración	3	1	0,75	Eficiencia tiempo	5	1	0,83

R.I. : 0,0000

Figura 24 Peso relativo de subcriterios. Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la integración del planeamiento goza de un 75% de la importancia dentro de la eficacia, y la eficiencia en los tiempos de reabastecimiento tiene a su vez un 83% del peso atribuido dentro del atributo de eficiencia.

El factor que aparece como RI es la razón de inconsistencia, y afectaría al método en el caso de haber tres o más criterios. Esto ocurre por la incoherencia entre los evaluadores al valorar diversos criterios, aumentando a medida que aumentan el número de factores a valorar. En este caso, al presentarse únicamente dos de criterios, la valoración de la comparación por pares es únicamente una, de manera que es imposible encontrar inconsistencias.

#### 4.4.3. Tercera etapa: Evaluación de alternativas

Se empleará la misma escala de Saaty presentada en la Tabla 7 para comparar las alternativas dos a dos respecto a cada uno de los subcriterios. El autor del estudio combinó en este caso la información académica acerca de las características de cada forma de suministro [6] con las valoraciones de las entrevistas al grupo de expertos A y B.

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

Cap. reposición				PESOS(W)	Integración				PESOS(W)
Push	Punto Pedido	Rev. periódica			Push	Punto Pedido	Rev. periódica		
Push	1	1/3	1/3	0,14	Push	1	1/3	1/5	0,11
Punto Pedido	3	1	1	0,43	Punto Pedido	3	1	1/3	0,26
Rev. periódica	3	1	1	0,43	Rev. periódica	5	3	1	0,63

R.I. : 0,0000

Ef. Tiempos				PESOS(W)	Ef. Cantidades				PESOS(W)
Push	Punto Pedido	Rev. periódica			Push	Punto Pedido	Rev. periódica		
Push	1	1/3	1/7	0,09	Push	1	1/7	1/3	0,09
Punto Pedido	3	1	1/3	0,24	Punto Pedido	7	1	3	0,67
Rev. periódica	7	3	1	0,67	Rev. periódica	3	1/3	1	0,24

R.I. : 0,0061

Figura 25 Comparación por pares de las alternativas en función de su adecuación a los subcriterios presentados. Fuente: Elaboración propia

En este caso ya se puede observar, al haber más de tres factores comparados, razones de inconsistencia coherentes según los principios del método [4] que van del 0,61% al 3,34%.



#### 4.4.4. Cuarta etapa: Jerarquización

En esta etapa final se decide, con base en los datos obtenidos en las tablas y comparaciones anteriores, la alternativa considerada más importante para llevar a cabo el suministro.

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Push	Punto Pedido	Rev. periódica
<b>EFICACIA</b>	<b>0.17</b>	<b>0.12</b>	<b>0.30</b>	<b>0.58</b>
+ Cap. reposición	0.25	0.14	0.43	0.43
+ Integración	0.75	0.11	0.26	0.63
<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.83</b>	<b>0.09</b>	<b>0.31</b>	<b>0.60</b>
+ Ef. Tiempos	0.83	0.09	0.24	0.67
+ Ef. Cantidades	0.17	0.09	0.67	0.24
		<b>0.09</b>	<b>0.31</b>	<b>0.60</b>

Figura 26 Matriz de decisión resultante de aplicar el método AHP. Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la matriz de decisión que el ganador sería el **método de reabastecimiento de tipo Pull en su variante de Revisión Periódica para pedidos repetitivos de demanda probabilística**.

Se hace evidente la reiterada importancia atribuida por el grupo de expertos B a la eficacia y al hecho de que los recursos lleguen en el tiempo planeado, primando la integración del método en la táctica para garantizar la certidumbre del momento y lugar de reabastecimiento. Se relega a un segundo plano la eficiencia o el hecho de que los recursos que lleguen no cubran siempre la totalidad de las necesidades. Todo ello se refleja en el resultado obtenido.

## 4.5. Fase 4: Validación del método elegido

En esta fase se propondrá un modelo tomando como base el método elegido que represente el nivel de recursos de los vehículos VAMTAC de un ELC en función de los datos recabados previamente en la revisión de documentación, de las asignaturas del grado [6] y entrevistas a expertos.

Posteriormente, se tomarán datos de situaciones de combate simuladas para verificar la adecuación del método al planeamiento de resolución de las necesidades logísticas de los VAMTAC. Se explorará de forma cuantitativa, original e innovadora la posibilidad de adaptar el método elegido a una NOP de reabastecimiento de un ELC.

### 4.5.1. Modelado matemático

#### DEFINICIÓN DE DATOS Y VARIABLES

El ELC, desplegado, irá avanzando en la operación que se determine conforme a un ritmo de batalla establecido por el grupo. El elemento logístico, centralizado y dependiente del Grupo, irá avanzando también en segundo escalón de combate.

El proceso de reabastecimiento se iniciará según el método de Revisión Periódica con una coordinación horaria establecida desde el inicio de la operación. En este momento, el jefe del escuadrón deberá comunicar sus necesidades logísticas al escalón superior. Justo en este instante, el escalón logístico cargará los recursos en sus medios y se dirigirá al punto determinado de suministro cumpliendo con un tiempo de transporte establecido. Se ha hablado ya de dos datos:



- Por un lado, el tiempo desde el inicio de la operación hasta la coordinación horaria en la que el escalón subordinado comunica al superior cuáles han sido sus consumos para que éste ajuste la carga a suministrar e inicie el viaje. Este dato será una variable, pues no está cuantificado por ninguna NOP, y se simbolizará como **T=tiempo (en días) hasta la revisión de inventario para iniciar el suministro.**
- Por otro lado se halla el tiempo que tarda la unidad logística en suministrar al escuadrón los recursos que necesita. Este tiempo es cuantificable y se puede establecer como una constante. Lo indicará el propio escalón logístico en su planeamiento. Se expresará como *Lead Time*, siendo **LT=tiempo (días) desde que se comunica el consumo hasta que se distribuyen los recursos.**

Se establece el día como unidad fundamental de tiempo ya que en el apartado 4.2.1 se ha determinado que ya es habitual entre las unidades dar parte diario del consumo de recursos a su escalón superior.

A medida que avanza, el escuadrón consume de las tres clases principales de recursos establecidas. Como se ha visto en el apartado 4.3.4, este consumo tiene una media cuantificable. De las tablas de consumos [7] y la aplicación de *Cálculos logísticos* se obtiene el dato, **D<sub>x</sub>=Demanda media diaria de recursos de clase X.** La unidad de medida de este dato es de **DOS de recurso X consumidos en un día.** X puede ser 1 (clase I), 3 (clase III) o 5 (clase V).

	Nº DE DOS	Nº RACIONES	PESO (kg)	VOLUMEN (m3)		Cantidad/ empaque	Peso (kg) empaque	Volumen (m3) empaque	PESO Total (kg)	VOLUMEN Total (m3)
Raciones individuales de campaña	2	132	295	0,67	Pistola/SF					
Raciones colectivas	0	0	0	0,00	9x19 Ord.	2000	28	0,020547648	28,00	0,02
Pan para raciones individuales y colectivas		264	37	0,15	Fusa L/LC/LV					
Artículos para confección de comida	0	0	0	0,00	5,56x45 Cart. Ord.	2000	28	0,0179928	28,00	0,02
Raciones de emergencia		12	19	0,04	5,56x45 Cart. Traz.	2000	28	0,0179928	28,00	0,02
<b>TOTAL</b>			<b>352</b>	<b>0,86</b>	AML					
<b>NIVEL DE CLASE III</b>					5,56x45 Cart. Ord.	2000	30	0,025331178	90,00	0,08
					5,56x45 Cart. Traz.	2000	30	0,025331178	30,00	0,03
					AMM./FUSA Prec. 7,62					
					7,62x51 Cart. Ord.Prec	400	16	0,173	16,00	0,17
					7,62x51 Cart. Traz.Prec	400	16	0,173	16,00	0,17
					7,62x51 Cart. Ord.	1000	30	0,0260164	0,00	0,00
					7,62x51 Cart. Traz.	1000	30	0,0260164	0,00	0,00
					AMP./FUSA Prec. 12,70					
					12,7x99 Cart. Ord.Prec.	120	17	0,008	17,00	0,01
<b>SUBCLASE a) CARBURANTES</b>		<b>Nº DOS</b>	<b>NIVEL VOLUMEN</b>							
	<b>GASOIL</b>	<b>2</b>	<b>1.945</b>	Litros						
	<b>GASOLINA</b>		<b>0</b>	Litros						

Figura 27 Cálculos de consumos de cada clase. Fuente: Herramienta Cálculo logístico

En el método elegido, el momento crítico en el que aparece la incertidumbre es a partir del momento en el que se comunica el consumo y se inicia el suministro. De este hecho surge la **S<sub>d</sub><sub>x</sub>=Desviación típica de la demanda recurso X durante el LT (en DOS de recurso X)**, que refleja cuánto suele variar el consumo respecto a lo esperado hasta el momento del suministro en el punto determinado. Este dato será una estimación que se calculará según los registros de consumo de pasados ejercicios u operaciones.

Para asegurar que con los tiempos establecidos en el método se mantiene al escuadrón con los recursos necesarios para funcionar, se deberá determinar un **NS<sub>x</sub>lt=Nivel de servicio para el recurso X durante el LT (%)**. Este porcentaje indica la probabilidad de que cuando se realice un reabastecimiento con el método establecido el escuadrón no se quede sin recursos durante el LT. El valor del NS<sub>x</sub>lt se asigna de acuerdo con cuántas veces sobre 100 un escuadrón asume quedarse sin recursos (teniendo en cuenta que un 100% es inalcanzable).

El NS<sub>x</sub>lt, al ser probabilístico, tiene asociado un valor **Z<sub>x</sub>=Número entre -infinito y +infinito que indica hasta cuánto cubre el NS<sub>x</sub>lt en la curva de distribución normal de probabilidad.** Este valor es adimensional, no le corresponde ninguna unidad (los valores que corresponden a z por cada probabilidad están reflejados en la tabla del Anexo IX).

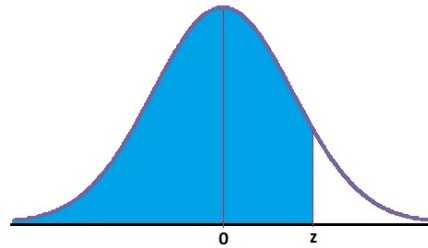


Figura 28 Z representando el valor que cubre un determinado NS en azul. Fuente: www.eukatio.com

Volviendo a la situación táctica del escuadrón, se debe tener en cuenta que su capacidad de carga de recursos es limitada, pues cuenta únicamente con lo que pueden llevar los propios vehículos VAMTAC y los pocos medios que se le agreguen. Para cuantificar todo esto, se definirá el dato **Q<sub>x</sub>Max=Cantidad máxima de carga del recurso X (DOS de recurso X)**, que se obtendrá de la lista de carga de material en disposición de combate del Anexo V, elaborado a partir de la aplicación presentada en el apartado 4.3.1, las tablas de cálculo de DOS [7] y las NOP de carga del ELC-1.

En resumen, del análisis anterior se obtienen los siguientes elementos:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIPO
T	Tiempo hasta revisión de inventario para iniciar el suministro	Días	Variable
LT	Tiempo desde que se comunica el consumo hasta que los recursos llegan a las unidades	Días	Dato
D <sub>x</sub>	Demanda media diaria de recursos de clase X	DOS recurso X / 1 día	Dato
Sd <sub>x</sub>	Desviación típica de la demanda de recurso X durante el LT	DOS recurso X	Dato
NS <sub>x</sub> lt	Nivel de servicio marcado para el recurso X durante el LT	Porcentaje	Dato
Z <sub>x</sub>	Valor que indica área de probabilidad cubierta por el NSXlt establecido	Sin unidad	Dato
Q <sub>x</sub> Máx	Cantidad máxima de carga con los medios del escuadrón del recurso X	DOS recurso X	Dato

Tabla 9 Datos y variables aplicables al modelo de necesidades logísticas. Fuente: Elaboración propia

### FUNCIÓN OBJETIVO

En el apartado anterior se ha obtenido únicamente una variable. Esto implica que el problema que se presenta para elaborar la NOP de este método es la forma de determinar el T óptimo (T\*) para realizar el suministro.

De las conclusiones obtenidas en el estudio de los condicionantes operativos del apartado 4.2.1, indica que es vital reducir los reabastecimientos a un mínimo. Ello implica alargar lo máximo posible el tiempo entre reabastecimientos. Esto es sinónimo de que se debe alargar lo máximo posible el tiempo hasta la coordinación horaria que inicie el siguiente reabastecimiento, que es la definición de la variable T. El problema, pues, implicará **maximizar el valor de T**.

Para poder llevarlo a cabo, se debe tener en cuenta que cuanto más se alargue el tiempo entre suministros menor es la cantidad de recursos restante en el escuadrón. Este tiempo no se puede prolongar hasta el infinito. Es aquí donde entran a jugar las restricciones a la función objetivo que se estudiarán en el siguiente apartado para garantizar que no ocurra.

### RESTRICCIONES

Las restricciones a establecer pueden variar mucho, dependiendo de infinitos factores que se pueden tener en cuenta y de la intención del mando.



Para este estudio que busca únicamente presentar una versión simplificada de la problemática, se tendrá en cuenta la restricción fundamental que marca el éxito de un reabastecimiento: **El escuadrón suministrado no se quedará sin recursos durante el LT.**

He aquí una de las partes más interesantes del presente estudio: encontrar la fórmula matemática que define el consumo de recursos de un escuadrón para evitar que el valor que adquiera sea superior a la cantidad inicial de recurso (que coincidirá en todos los casos con la carga máxima de cada recurso por parte del escuadrón). Empleando los elementos de la Tabla 9 y los planteamientos de la documentación de la asignatura de Logística del grado [6], se obtienen las siguientes ecuaciones de consumo:

	Consumo medio	Absorbe las variaciones aleatorias del consumo
Consumo (t)	$\left. \begin{array}{l} \text{Clase I (X=1)} \\ \text{Clase III (X=3)} \\ \text{Clase V (X=5)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} D_1 \cdot t \\ D_3 \cdot t \\ D_5 \cdot t \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} \text{Clase I (X=1)} \\ \text{Clase III (X=3)} \\ \text{Clase V (X=5)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Z_1 \cdot Sd_1 \\ Z_3 \cdot Sd_3 \\ Z_5 \cdot Sd_5 \end{array}$
t = tiempo (días)	Stock Seguridad	

Figura 29 Funciones de demanda o consumo y stock de seguridad. Fuente: Elaboración propia

Con todo lo planteado anteriormente, se han definido las ecuaciones que marcan las necesidades logísticas de cada recurso por parte de un ELC de vehículos VAMTAC y sus SS. Se establece a continuación el problema logístico base a resolver:

Función objetivo	Límite de consumo:	
↑	la capacidad inicial	
Máx T	(máxima) de carga	
s.a.	$\left. \begin{array}{l} D_1 \cdot (T+LT) + Z_1 \cdot Sd_1 \\ D_3 \cdot (T+LT) + Z_3 \cdot Sd_3 \\ D_5 \cdot (T+LT) + Z_5 \cdot Sd_5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \leq Q_1 \text{máx} \\ \leq Q_3 \text{máx} \\ \leq Q_5 \text{máx} \end{array}$	Pedido de recurso X que se carga en el tren logístico = $Q_{xi}$  $Q_{xi} = Q_{xi} \text{máx} - \text{DOS consumidos}$
Consumo medio durante los periodos T y LT	Stock de Seguridad	

Figura 30 Problema logístico. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido T, se marcará como el momento en la línea temporal en que el escalón logístico recibirá información acerca del consumo del ELC de las clases más importantes. Deberá cargar en sus medios de transporte la cantidad que resulta de la operación que sigue:

$$\text{Cantidad a suministrar} = \text{Carga máxima del escuadrón} - \text{Lo que se ha comunicado como consumido}$$

Figura 31 Interpretación cantidad a suministrar. Fuente: Elaboración propia

Una vez cargados los recursos, iniciará su transporte y distribución en el PDI acordado.

#### 4.5.2. Simulaciones

Una vez obtenido el problema en términos matemáticos se deberá verificar que ofrece soluciones lógicas de planeamiento logístico frente a la aparición de limitaciones establecidas por la situación táctica.



Dada la imposibilidad de cuantificar la totalidad de limitaciones que puedan surgir en una operación se establecerán una serie de premisas que, si bien idealizan la situación, son la única forma que tiene el autor para operar con los medios a su alcance.

### SIMULACIÓN INICIAL BÁSICA

Esta primera simulación mostrará el funcionamiento básico del sistema matemático creado para solucionar el problema.

Se considerará un consumo medio ideal (a efectos de simplicidad) de 1DOS de recursos de cada clase por día. La carga máxima para un escuadrón que dispone de 13 VAMTAC ST5 (ver Figura 5) de cada clase de recursos es la siguiente: 2 DOS de clase I, 2 DOS de clase V y 1,5 DOS de clase V (Anexo V).

El tiempo que ha indicado el tren logístico que tardará desde la coordinación horaria (en la que recibirá los datos de consumo reales del escuadrón) hasta entregar los suministros será de 0,5 días. La desviación estándar estimada por S4 para cada recurso durante el periodo de llegada del suministro será la siguiente: 0,1 DOS de desviación para recursos de clase I, 0,3 DOS para recursos de clase III y 0,5 DOS para recursos de clase V. Esta desviación se debería calcular con una serie real de datos de consumo. Ante su inexistencia, los datos han sido estimados.

El nivel de servicio que se busca es un 99,01% de disponibilidad de los recursos durante el tiempo de entrega de los suministros.

#### Premisas:

- Los medios de transporte logísticos NO limitan el número de envíos ni las cantidades.
- Se supondrá un LT fijo.
- Los recursos tendrán una demanda probabilística.

#### Datos y variables:

De combinar la información del enunciado con las equivalencias entre datos y símbolos de la tabla 9 se obtiene la siguiente:

SÍMBOLO	VALOR
T	VARIABLE
LT	0,5 días
$D_1, D_3, D_5 = D$	1 DOS/día
$Sd_1$	0,1 DOS
$Sd_3$	0,3 DOS
$Sd_5$	0,5 DOS
$NS_1lt, NS_3lt, NS_5lt = NSlt$	99,01%
$Z_1, Z_3, Z_5 = Z$	2,33 (correspondiente al NSlt)
$Q_1Máx$	2 DOS
$Q_3Máx$	1,5 DOS
$Q_5Máx$	2 DOS

Tabla 10 Datos y variables simulación inicial básica. Fuente: Elaboración propia



### Función objetivo y restricciones:

En este apartado se reflejará el problema a resolver en esta simulación con los datos presentados aplicados al modelo de problema de la Figura 24.

$$\begin{array}{l} \text{Máx } T \\ \text{s.a. } \left\{ \begin{array}{l} D \cdot (T + LT) + Z \cdot Sd_1 \leq Q_1 \text{Máx} \\ D \cdot (T + LT) + Z \cdot Sd_3 \leq Q_3 \text{Máx} \\ D \cdot (T + LT) + Z \cdot Sd_5 \leq Q_5 \text{Máx} \\ T \geq 0 \end{array} \right. \end{array}$$

Figura 32 Problema simulación inicial básica. Fuente: Elaboración propia

### Resultados

De la resolución (Anexo X), se puede observar que la **restricción que limita el valor de T es la de los recursos de clase III** por su menor capacidad máxima y su considerable variabilidad durante el suministro.

Por ello, el máximo valor que se puede asignar al tiempo entre el inicio de una operación y el inicio del proceso de suministro del siguiente reabastecimiento es de **T = 0,301 días**.

En esta primera simulación se confirma la viabilidad de este tipo de modelado matemático para identificar al recurso que más limita el desarrollo de una operación en función de los datos de los que se dispone.

Esto, junto con el método logístico propuesto, podría ser de gran utilidad a la hora de proponer en la NOP medios a agregar al escalón subordinado. En este caso, por ejemplo, si se quiere aumentar el tiempo entre reabastecimientos (y, por lo tanto, la autonomía del escuadrón) se le debería aumentar la  $Q_3 \text{Máx}$  del ELC dotándolo de medios como un camión o remolque cisterna de combustible.

También serviría para descartar agregaciones que resultarían inútiles para extender la autonomía logística del escuadrón, como pueda ser agregarle camiones de carga para los recursos de clase I o V. Antes de llegar a consumir estos recursos adicionales, los VAMTAC del ELC se habrían quedado sin combustible.

### SIMULACIÓN LIMITACIONES TREN LOGÍSTICO

En este caso se busca simular la situación en la que al escuadrón se le limita la cantidad que se le puede suministrar por escasez de medios del tren logístico. Este caso se adecua a las limitaciones operativas contempladas en el apartado 4.2.1. Así, la capacidad máxima de transporte del tren logístico se establece como 3,5 DOS conjuntamente entre las clases I y V en camiones, y de 2 DOS de clase III en camión cuba.

Además, dado que el escuadrón ha realizado la simulación anterior, ha pedido al grupo una agregación de un vehículo de apoyo que carga con una cuba de 300L de gasoil (cantidad que corresponde a los 0,5 DOS de clase III [7] que faltaban para igualar la capacidad máxima de carga de este recurso).

Los datos de consumos, desviaciones, nivel de servicio y tiempos de transporte son los mismos que para la situación anterior.

Premisas: Mismas que para el apartado anterior excepto que esta vez se limitarán las cantidades transportadas por los medios logísticos.





Hecha la simulación anterior, el escalón superior solucionará la limitación agregando al ELC un camión de transporte dedicado exclusivamente a cargar 1DOS de munición.

Dadas las limitaciones de la maniobra, desde S3 se indica para la simulación un límite temporal a la operación de cuatro días. Desde S4, por su parte, se ha comunicado que únicamente se van a poder planear tres reabastecimientos a lo largo de toda la operación, ya que los escasos medios logísticos disponibles deberán suministrar a muchas unidades.

Premisas: Son las mismas que en la primera simulación excepto que esta vez se limita el número de reabastecimientos y el tiempo total de la operación.

Datos y variables:

Por las nuevas restricciones, se definirán dos nuevos datos: **Tmáx=Tiempo máximo que puede durar la operación (en días)** y **Rmáx=Número máximo de reabastecimientos a llevar a cabo (en nº de reabastecimientos)**.

SÍMBOLO	VALOR
T	VARIABLE
LT	0,5 días
$D_1, D_3, D_5 = D$	1 DOS/día
$Sd_1$	0,1 DOS
$Sd_3$	0,3 DOS
$Sd_5$	0,5 DOS
$NS_1lt, NS_3lt, NS_5lt = NSlt$	99,01%
$Z_1, Z_3, Z_5 = Z$	2,33 (correspondiente al NSlt)
$Q_1Máx, Q_3Máx$	2 DOS
$Q_5Máx$	3 DOS
Tmáx	4 días
Rmáx	3 reabastecimientos

Tabla 12 Datos y variables simulación limitación nº reabastecimientos. Fuente: Elaboración propia

Función objetivo y restricciones:

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx } T \\
 \text{s.a. } \left\{ \begin{array}{l}
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_1 \leq Q_1Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_3 \leq Q_3Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_5 \leq Q_5Máx \\
 T+LT \geq \underbrace{Tmáx/Rmáx} \\
 T \geq 0
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

El tiempo entre reposiciones no debe ser inferior al el tiempo total de la operación dividido entre el número de reabastecimientos permitidos

Figura 34 Problema simulación limitación nº reabastecimientos. Fuente: Elaboración propia

Resultados:

Desarrollando el problema planteado (Anexo XII) se observa que **es imposible encontrar un tiempo óptimo entre suministros que cumpla todas las restricciones**. Esto se debe a que por la capacidad de carga de combustible del escuadrón, T debe ser inferior a 0,801 días. Aun así, para poder llegar a suministrar a todas las unidades, S4 establece unas limitaciones que



obligan a que el tiempo entre suministros sea superior a 0,833 días.

Por ello, acatando las restricciones del escuadrón superior, el capitán jefe del ELC en esta situación debería planear para cumplir con  $T=0,833$  días, el mínimo exigido. En esta situación, correría un mayor riesgo de quedarse sin combustible (clase III) antes de que se llegara a efectuar el suministro, pues no se aseguraría el NSIt establecido.

Las soluciones a este problema son múltiples: Se puede acortar el tiempo de la operación manteniendo el número de suministros autorizados, se podría aumentar el número de suministros autorizados manteniendo el tiempo planeado de la operación y se podría dotar al escuadrón de una cuba mayor, de 1000L de combustible por ejemplo, que al aumentar su autonomía logística permitiría alargar el tiempo entre suministros.

Con las simulaciones anteriores se ha podido comprobar la validez del método para detectar y solucionar las necesidades logísticas de un ELC de VAMTAC. Todos los datos empleados en las simulaciones parten de información contrastada en apartados anteriores, pero unos en concreto han debido ser estimados sin información para calcularlos. Se trata de las desviaciones típicas de consumo de cada suministro durante el LT (Sd). Para calcularse con exactitud se requiere de series históricas de consumos registrados de cada recurso, datos de los que S4 de la unidad carece.

## 5. CONCLUSIONES

En este apartado se analizarán los resultados obtenidos de cada objetivo secundario. Después, se expondrá el funcionamiento completo del método propuesto que resuelve el objetivo principal de suministrar a un ELC de VAMTAC. Finalmente, se destacarán las oportunidades que ofrece el estudio de llevar a cabo futuras líneas de trabajo.

**OBJETIVO SECUNDARIO 1:** *Analizar la naturaleza de las actividades logísticas de un ELC de paracaidistas en una operación en la que se proyecten sus fuerzas.*

De las entrevistas a grupos de expertos y la revisión de documentación se puede extraer que un escuadrón tiene una capacidad de gestión y almacenamiento logístico muy limitada. Depende de las agregaciones del escalón superior para almacenar y transportar recursos a sus secciones.

Los grupos, por su parte, disponen de una sección de abastecimiento con medios suficientes para mantener el reabastecimiento de las unidades subordinadas. Además, cuenta con un elemento muy importante de procesamiento de datos y planeamiento: su plana mayor. Este elemento le permite calcular y gestionar los medios de forma mucho más detallada que a los ELC. Resultarán una parte fundamental del proceso logístico si se pretenden aprovechar las nuevas capacidades de los medios TIC para la transmisión y gestión de información.

Las unidades del 2º EMAN, con respecto a los nuevos medios VAMTAC ST5, han indicado que en una operación el primer escalón deberá asumir muchos cometidos de segundo escalón. Además, el vehículo cuenta con múltiples indicadores que permiten visualizar los fallos que ocurren y evitar averías mayores, facilitando la solución a la tripulación y restando trabajo al EMAN para dedicarlo a tareas de mayor gravedad.

**OBJETIVO SECUNDARIO 2:** *Estudiar y clasificar la demanda logística de los distintos recursos empleados por los ELC en combate.*

Los VAMTAC ST5 de los ELC tienen una capacidad de almacenamiento muy limitada. De entre los distintos recursos, mediante encuestas y entrevistas a grupos de expertos y una



clasificación ABC, se ha determinado que los más importantes para el cumplimiento de la misión son los de clase I, clase III y clase V por ser, además de indispensables, consumibles habituales.

Se ha determinado con entrevistas a grupos de expertos que a los recursos consumibles se les establece límites de consumo o ratios que regularizan la demanda y permiten convertirla en predecible (aunque con un factor de desviación probabilístico).

El consumo logístico de estos recursos en las varias situaciones del combate ha sido estimado con las tablas de planeamiento de los DOS [7] y mediante la herramienta de cálculo del DOS del Departamento de Logística Funcional de la Academia de Logística.

**OBJETIVO SECUNDARIO 3:** *Elegir un modelo de demanda logística de los recursos en función de las características obtenidas en el estudio anterior.*

Empleando el método de decisión multicriterio AHP, se ha conseguido elegir un método óptimo de entre las alternativas obtenidas de la revisión de documentación sobre logística del grado de Organización Industrial. Las alternativas son pioneras ya que no se han aplicado hasta ahora al nivel de una unidad tan pequeña como la estudiada. Los criterios para decidir su adecuación han sido obtenidos de entrevistas a grupos de expertos.

**OBJETIVO SECUNDARIO 4:** *Comprobar la adaptación de los modelos obtenidos a las limitaciones operativas que se puedan definir en función de las variables que actúen en el proceso de suministro de recursos.*

Con la revisión de documentación académica del grado acerca de la matemática de los métodos logísticos y la forma de plantear y resolver problemas por programación lineal, se ha planteado un modelo del método logístico elegido. Después, añadiendo nuevas variables y datos a los obtenidos anteriormente, se ha buscado verificar la adaptación del método a situaciones cambiantes del combate.

La resolución satisfactoria de estas simulaciones ha indicado no únicamente la viabilidad del método, sino la utilidad que puede tener también durante la fase del planeamiento a la hora de asignación de medios para garantizar una mayor eficiencia.

El factor más interesante contemplado para integrar en la NOP a raíz de las simulaciones, a parte del propio método, es la asignación de medios de carga de combustible al ELC para suplir la falta de espacio de almacenamiento y la corta autonomía del VAMTAC.

A pesar de todo, se ha observado que aún no se dispone de datos suficientes como para poder llevar a cabo cálculos de situaciones completamente reales. No se han puesto en práctica hasta la fecha ejercicios con suficiente entidad y realismo como para cuantificar cuánto cambia el suministro de cada recurso (como la munición) respecto a lo planeado.

**OBJETIVO PRINCIPAL:** *Estudiar las necesidades logísticas de los ELC organizados en base al vehículo VAMTAC ST5 desplegados en una operación de combate para proponer un innovador método de reabastecimiento logístico. Este procedimiento buscará facilitar el desarrollo futuro de otros más avanzados a nivel grupo o escuadrón para contribuir a la composición de las nuevas NOP de los ELC.*

Los objetivos secundarios han obtenido los resultados necesarios para poder desarrollar la finalidad del estudio. Se ha determinado un método óptimo para solucionar las necesidades logísticas del ELC tomando como base las relaciones logísticas entre el grupo y el ELC, así como el consumo tabulado de cada recurso y su comportamiento en el combate.

Con ello, se ha verificado la aplicación del método para solucionar problemas reales que podrían surgir en operaciones al ELC mediante la aplicación innovadora a nivel táctico de



métodos matemáticos de simulación del planeamiento logístico.

De todo lo anterior se puede determinar una forma óptima de suministrar al ELC y, además, un aliciente a integrar nuevas herramientas TIC de gestión de inventario en el planeamiento y desarrollo del aspecto logístico de una operación táctica.

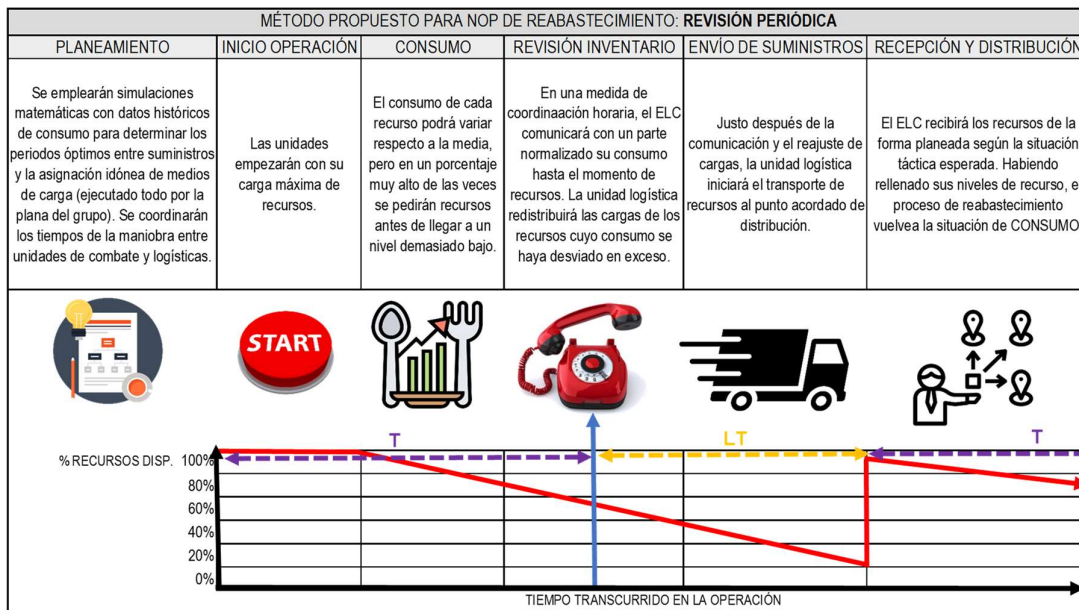


Figura 35 Propuesta método revisión periódica en una operación táctica. Fuente: Elaboración propia

La propuesta de método de suministro a integrar en la NOP, basada en las fórmulas matemáticas y simulaciones del apartado 4.5, plantea que la plana de grupo asigne los medios logísticos que resten disponibles a los ELC de VAMTAC. El propósito en esta primera fase de planeamiento logístico debe ser aumentar la autonomía logística del escuadrón al máximo sin mermar las capacidades de transporte del tren logístico de la unidad superior. La plana asumirá también la carga de trabajo de calcular el tiempo óptimo entre acciones de suministro en función del tiempo que establezca la unidad logística para el transporte de los recursos hasta los PDI también acordados.

Los escuadrones iniciarán la operación con la carga máxima de recursos en sus vehículos. Al cumplirse el tiempo marcado en el planeamiento, se comunicará a la unidad logística los DOS que el ELC ha consumido de cada clase de recurso. La unidad logística cargará los recursos que completen el inventario de la unidad suministrada en ese momento.

El envío de suministros será la parte más crítica del proceso, pues si el consumo varía mucho más que la desviación típica prevista el ELC puede quedarse sin suministros. En este momento el consumo se debe racionar de forma minuciosa.

A la llegada de los suministros, éstos se distribuirán por el método más adecuado según la situación táctica.

El proceso volverá a repetirse hasta que el jefe considere necesario un ajuste del planeamiento logístico por cambios en algún factor determinante del consumo o la maniobra. De esta forma se conseguiría incluir las necesidades logísticas de un ELC de VAMTAC (con su parte de variación probabilística) en la NOP del proceso de planeamiento y ejecución del reabastecimiento logístico en combate.



### FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El presente estudio deja abiertas múltiples líneas de investigación. Entre ellas, destacan las siguientes:

- Planeamiento de ejercicios tácticos que simulen consumos reales para obtener una base de datos consolidada de las variaciones de consumos de recursos en combate.
- Desarrollo de aplicaciones TIC de transmisión de información para calcular y comunicar las necesidades logísticas del ELC con el grupo en tiempo real.
- Desarrollo de aplicaciones TIC que faciliten el planeamiento de la logística empleando herramientas matemáticas precargadas.
- Desarrollo de TTP que aseguren y reduzcan el tiempo de preparación y recepción de las cargas.
- Verificar la adaptación del método a otras unidades con medios o cometidos distintos.
- Diseñar un plan de instrucción que permita adiestrarse en la aplicación completa de todas las fases del proceso de suministro.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Defensa, «Página web del Ejército de Tierra,» Ministerio de Defensa, 22 Octubre 2022. [En línea]. Available: <https://ejercito.defensa.gob.es/>. [Último acceso: 22 Octubre 2022].
  
- [2] C. v. Clausewitz, Vom Kriege, Berlin, 1832.
  
- [3] Ó. Elía Mañú, «La guerra es un camaleón; En torno a la IV Guerra Mundial,» 2005.
  
- [4] T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, vol. 9, Nueva York: McGraw-Hill, 1980, pp. 161-167.
  
- [5] J. Sancho Val, Apuntes Oficina de Proyectos, Tema 4: Gestión del tiempo, Zaragoza, 2021.
  
- [6] C. Cajal Hernando, Apuntes asignatura Logística, Zaragoza, 2021.
  
- [7] Estado Mayor del Ejército, Datos de planeamiento logístico (MT7-605), Madrid, 1997.
  
- [8] S. Vilariño Fernández, Apuntes de asignatura de Investigación Operativa, Zaragoza, 2019.
  
- [9] MADOC, Operaciones aerotransportadas (PD4-022), 2019.
  
- [10] J. M. Esturillo López, «Informe sobre la publicación: "Operación Serval. El retorno de la maniobra aeroterrestre en profundidad",» MADOC, París, 2014.
  
- [11] Ejército de Tierra, Fuerza 35, 2019.
  
- [12] Headquarters, Department of the Army, Reconnaissance and Cavalry Squadron Collective Task Publication (TC 3-20.96), Washington, D.C., 2012.
  
- [13] Direction des études et de la prospective. École de cavalerie, Manuel d'emploi del'escadron d'aide à l'engagement (ABC 35.311), Ministère de la Défense et des Anciens Combttants, 2011.



- [14] A. Rojas Delgado, «Propuesta organización ELC I/8,» Valencia, 2022.
- [15] MADOC, Táctica y logística III, 2021.
- [16] MADOC, Grupo de caballería (PD4-200), 2020.
- [17] MADOC, V5 APOYO LOGÍSTICO (PD2-002 ), 2013.
- [18] MADOC, Manual de operador y mantenimiento de primer escalón VAMTAC ST5 Bivalente (MT-063), Madrid, 2022.
- [19] MADOC, Manual del operador y mantenimiento de primer escalón VAMTAC ST5 porta lanzamisiles Spike (MT-065), Madrid, 2022.
- [20] S. Z. Ying Gao Zhuo Feng, «Managing supply chain resilience in the era of VUCA,» *Frontiers of Engineering Management*, nº 8, p. 465–470, 2021.
- [21] C. Ruiz López, Apuntes asignatura Logística de la Defensa, Zaragoza, 2021.
- [22] NATO Logistics Comitee, «NATO Logistics Handbook,» Bruselas, 2012.
- [23] A. García Pérez, Necesidades logísticas adaptadas a una unidad de caballería paracaidista, Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa, 2022.
- [24] J. L. Carrasco Borrás, Necesidades logísticas adaptadas a unidad de Caballería Paracaidista, Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa, 2021.
- [25] A. García García, Apuntes Combate de la Caballería, Zaragoza, 2021.
- [26] M. Álvarez Arribas, «Sense and Response Logistics en apoyo a fuerzas expedicionarias,» CESEDEN, 2009.
- [27] MADOC, «Cálculo de niveles de reposición. Aplicación del método RBS al cálculo del NUP/NA (CT 01-16),» 2016.



- [28] MADOC, «Tendencias de las armas 2011. Resumen Tendencias en Logística,» *SUBDIVA*, vol. IV, nº 073, 2012.
- [29] MADOC, *Escuadrón Acorazado (OR4-212)*, 2008.
- [30] W. K. Freeman JR, «A Study of Ammunition Consumption,» US Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, Kansas, 2005.
- [31] C. Ruiz López, *Simulador Montecarlo inventario munición gran unidad*, Zaragoza, 2022.
- [32] C. Ruiz López, «Apuntes de métodos cuantitativos de ayuda a la decisión,» Centro Universitario de la Defensa, 2019.



## Anexo I Herramienta de cálculos logísticos del DOS de la Academia Logística de Calatayud

Este anexo es un resumen de la información más importante que aparece en los manuales de uso de la propia aplicación.

Esta herramienta, pese a no ser perfecta ni exacta, resulta muy útil a falta de medios informáticos más potentes para estimar cálculos logísticos de la forma más aproximada posible a la realidad.

Para calcular los consumos de suministros se parte de una plantilla prefijada de la unidad en cuanto a personal, armamento y material (que en su defecto puede ser creada manualmente). A esta plantilla se adjuntan los datos de las principales variables que afectan a la demanda:

RELLENA LAS CASILLAS AMARILLAS		INFORMACION SOBRE EL PROGRAMA
UNIDAD		INTRODUCE EL NOMBRE DE LA UNIDAD
MISION		INTRODUCE TIPO DE UNIDAD: COMBATE, APOYO AL COMBATE (CS), LOGISTICA (RS) o MANDO Y CONTROL (CS)
SITUACION		INTRODUCE MISION: COMBATE U OPERACION MANTENIMIENTO DE PAZ
DURACION		INTRODUCE SITUACION (SOLO CUANDO LA MISION SEA COMBATE): OFENSIVA O DEFENSIVA
CLIMA		INTRODUCE LA DURACION PREVISTA DE LA OPERACION EN DIAS
OROGRAFIA		INTRODUCE EL TIPO DE CLIMA: FRIO, TEMPLADO O CALUROSO
AMBIENTE		INTRODUCE EL TIPO DE TERRENO: LLANO, ONDULADO, MONTAÑOSO O CAMPO A TRAVES
		INTRODUCE EL TIPO DE AMBIENTE: NBQ O CONVENCIONAL

Figura 36 Introducción de variables que condicionan el suministro. Fuente: Herramienta cálculos logísticos

El mismo programa se encarga de calcular los consumos de cada clase de recurso combinando la plantilla de la unidad con las variables. Se puede entrar a modificar las restricciones que controlan el consumo de cada clase.

CALCULO DEL NIVEL DE CLASE I	00	CLASE I
CALCULO DEL NIVEL DE CLASES II, VI y VII	00	CLASES II, VI y VII
CALCULO DEL NIVEL DE CLASE IV	00	CLASE IV
CALCULO DEL NIVEL DE CLASE VII	00	CLASE VII
CALCULO DEL NIVEL DE CLASE III	00	CLASE III
CALCULO DE NIVEL DE CLASE V	00	CLASE V
CALCULO DE NIVEL DE CLASE IX	00	CLASE IX
RESUMEN DEL CALCULO DEL DOS	00	RESUMEN
DATOS DE TRANSPORTE	00	TRANSPORTE
DATOS DE DESPLIEGUE Y ALMACENAMIENTO	00	ALMACENAMIENTO

Figura 37 Pantalla de selección del cálculo de cada clase logística. Fuente: Herramienta cálculos logísticos

Cada recurso tiene asociado un tipo de restricción. En el caso del combustible, que se presenta a continuación como ejemplo, se asocia un régimen de trabajo para racionalizar a un nivel proporcionado y previsible el consumo.

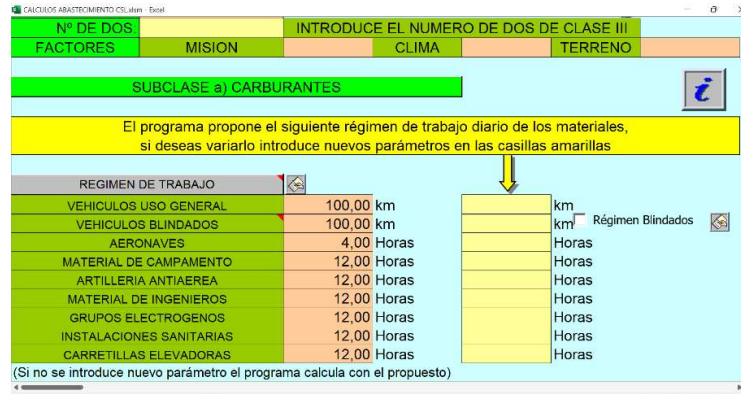


Figura 38 Pantalla de modificación de restricciones al uso de combustible. Fuente: Herramienta cálculos logísticos

A su vez, a cada medio o individuo se le asigna una determinada demanda de recursos cuantificados con DOS, que aumentan conforme más complicados se configuren los factores que afectan al consumo de cada recurso.

VEHICULOS DE USO GENERAL	MODELO	Nº UNIDADES	FACTORES	CONSUMO	DOS	NIVEL
	LAND ROVER M-88	0	1	15	0,0	0,00
	NISSAN PATROL MC-4	0	1	11,7	0,0	0,00
	NISSAN PATROL MC-4 PM	0	1	11	0,0	0,00
	SANTANA ANIBAL	0	1	10	0,0	0,00
	LAND ROVER M-109	0	1	15,2	0,0	0,00
	NISSAN PATROL ML-6 PICK UP	0	1	12	0,0	0,00
	NISSAN PATROL ML-4 TDI	0	1	12	0,0	0,00
	NISSAN TERRANO R20 C1	0	1	9,8	0,0	0,00
	NISSAN TERRANO II R20 C2	0	1	11,8	0,0	0,00
	NISSAN R51 A04 PATHFINDER	0	1	9,8	0,0	0,00
	NISSAN X-TRAIL T30	0	1	9,2	0,0	0,00
	NISSAN PICK-UP 2.5T	0	1	9,8	0,0	0,00
	NISSAN PATROL U 260-98	0	1	11	0,0	0,00
	NISSAN PATROL ML-6	0	1	11,7	0,0	0,00
	LAND ROVER M-109 P. MANDO	0	1	11,7	0,0	0,00
	NISSAN PATROL ML-6 P. MANDO	0	1	11,7	0,0	0,00
	NISSAN ML-6 SHELTER PUESTO DE MANDO	0	1	12	0,0	0,00

Figura 39 Pantalla que muestra el factor multiplicador de las necesidades logísticas (FACTORES) determinado por las condiciones establecidas previamente. También aparece el consumo de combustible en DOS establecido por defecto para cada medio según el manual técnico correspondiente. Fuente: Herramienta cálculos logísticos

Finalmente, se obtienen las cantidades a suministrar del recurso analizado en cuestión.

NIVEL DE CLASE III		Nº DOS	NIVEL VOLUMEN	
SUBCLASE a) CARBURANTES				
	JP-8	0	0	Litros
	CASOLINA		0	Litros
SUBCLASE b) LUBRICANTES				
	Aceites		0	Litros
	Grasas		0	Litros
	Productos especiales		0	Litros

Figura 40 Pantalla que mostraría el combustible que cargarían los vehículos (en rojo) y el necesario a almacenar (nivel, en verde) para ser suministrado a las unidades. Fuente: Herramienta cálculos logísticos

Este proceso debe ser aplicado de la misma forma para todas las clases de recursos y, pese a parecer laborioso, una vez las plantillas están prefijadas, son muy pocas las variaciones que se deben introducir en la aplicación para calcular las necesidades logísticas de una unidad.



## Anexo II Orgánicas

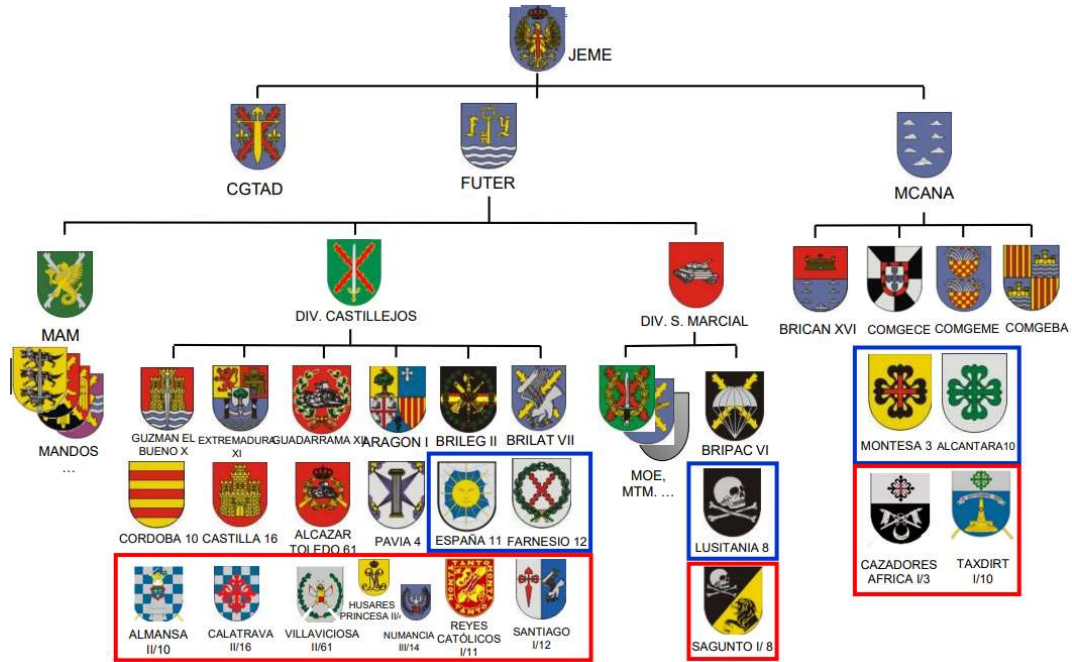


Figura 41 Orgánica general Caballería. Fuente: [25]

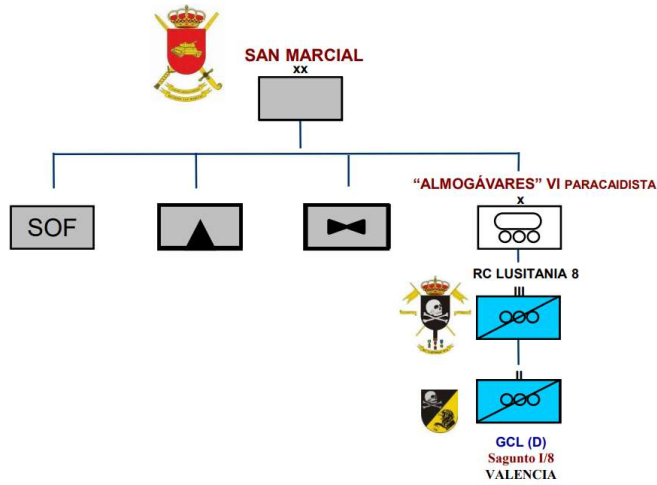


Figura 42 Orgánica hasta el grupo Sagunto I/8. Fuente: [25]



## Anexo III Fórmulas de cálculo gestión de inventarios

### PUSH

Para resolver cuántos recursos se asignan a cada almacén desde el almacén principal o fábrica, se estima la cantidad requerida por cada uno además de su desviación típica y el nivel de servicio que se busca. Posteriormente, con los datos de las cantidades disponibles en el almacén principal, se reparten las cantidades prorrateando en función de las necesidades de cada almacén.

DATO O VARIABLE	SÍMBOLO	FÓRMULAS
Demanda pronosticada	D	
Error de pronóstico (desv. típica)	Sd	
Nivel de servicio (disponibilidad)	NS	
Z (de curva probabilística asociada al nivel de servicio)	Z	$R = D + (Z \cdot Sd)$
Requerimientos totales almacén	R	$A = R + K$
Exceso (+) o defecto (-) prorrateados a los requerimientos totales de cada almacén	K	
Cantidad asignada al almacén	A	

Tabla 13 Cálculo inventario PUSH. Fuente: Elaboración propia con base en [6]

### PULL: PUNTO DE PEDIDO

Para resolver el problema de gestión de inventario por Punto de Pedido con demanda aleatoria y tiempo de transporte de mercancías fijo, se fija un ROP (punto de pedido) de manera que cuando el inventario llegue a esta cantidad objetivo se haga el pedido de un lote óptimo fijado previamente.

DATO O VARIABLE	SÍMBOLO	FÓRMULAS
Demanda media anual	D	Stock de seguridad
Tamaño del lote pedido	Q	$SS = Z \cdot Sd'$
Coste del artículo	C	Lote óptimo
Coste anual de mantenimiento inventario	I	$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}}$
Coste de efectuar un pedido	S	
Coste total anual	TC	
Punto de Pedido	ROP	ROP
Stock de seguridad	SS	$ROP = d \cdot LT + z \cdot (s'_d)$
Desviación típica demanda durante LT	Sd'	
Tiempo de transporte	LT	
Nivel de servicio (disponibilidad)	NS	
Z asociada a nivel de servicio	Z	

Tabla 14 Cálculo inventarios Punto Pedido. Fuente: Elaboración propia con base en [6]

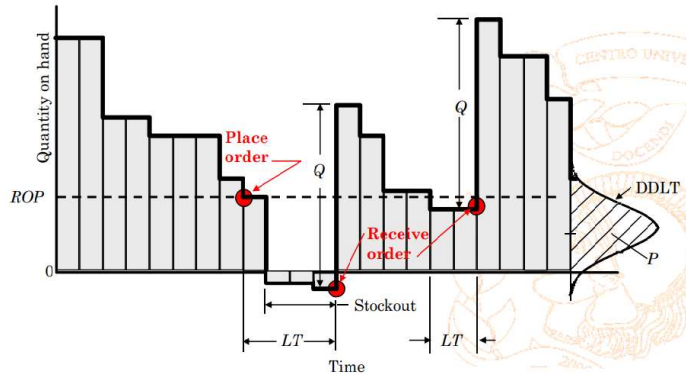


Figura 43 Evolución inventario con Punto de Pedido. Fuente: [6]

**PULL: REVISIÓN PERIÓDICA**

Para resolver el problema de gestión de inventario por Revisión Periódica con demanda aleatoria y tiempo de transporte de mercancías fijo, se fija un tiempo hasta la revisión de inventario (T). Se suministrará la cantidad máxima admitida por el almacén menos lo que comunique que haya consumido.

DATO O VARIABLE	SÍMBOLO	
Demanda media anual	D	Stock de seguridad $SS = Z \cdot Sd'$
Tamaño del lote pedido	Q	
Coste del artículo	C	
Coste anual de mantenimiento inventario	I	
Coste de efectuar un pedido	S	
Coste total anual	TC	
Punto de Pedido	ROP	
Stock de seguridad	SS	
Desviación típica demanda durante LT	Sd'	
Tiempo de transporte	LT	
Nivel de servicio (disponibilidad)	NS	
Z asociada a nivel de servicio	Z	
Tiempo óptimo entre pedidos (o tiempo hasta la revisión del inventario)	T*	
		Tiempo óptimo hasta revisión de inventario $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}} \rightarrow T^* = Q^*/D$
		Cantidad máxima en el almacén $M = D \cdot (T^* + LT) + Z \cdot Sd'$
		Pedido final $Qi = M - \text{inventario disp.}$

Tabla 15 Evolución inventario Punto Pedido. Fuente: Elaboración con base en [6]

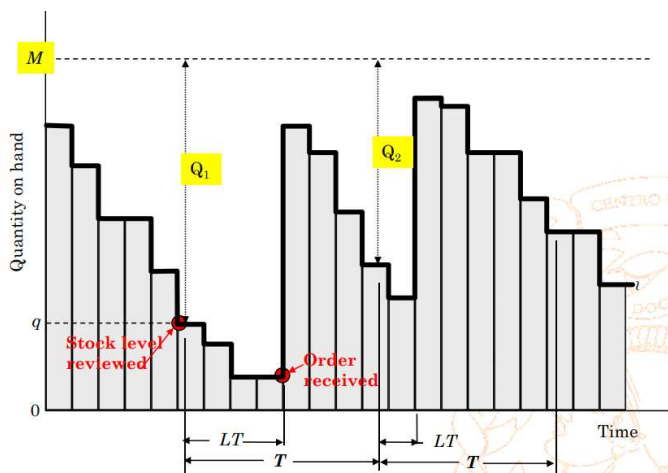


Figura 44 Evolución inventario con Revisión Periódica. Fuente: [6]



## Anexo IV Entrevistas a grupo de expertos B

En cada una de las partes, las respuestas definitivas deberán ser obtenidas por consenso del grupo de expertos. Si los puntos de vista de los miembros difieren considerablemente, se entablará un debate dirigido por el autor del estudio que resolverá dudas y matices, debiendo culminar con una respuesta acordada entre las partes.

### PARTE I

Continuando con la premisa de que los dos factores fundamentales con los que valorar a un método de reabastecimiento son la eficacia y la eficiencia, ¿cómo definiría la eficacia?

Habiendo definido la eficacia, ¿qué criterios medibles podrían servir para valorar si un método de suministro es o no eficaz?

De la misma forma que anteriormente, ¿cómo definiría la eficiencia?

Habiéndola definido, ¿qué criterios medibles podrían servir para valorar si un método de suministro es o no eficiente?

### PARTE II

Se han obtenido dos criterios para comparar las alternativas: la eficacia (compuesta por la capacidad de integración en el planeamiento del método y su capacidad para reponer la totalidad de las necesidades) y la eficiencia (que diferencia entre eficacia en tiempos y en cantidades)

Para poder discernir la importancia de los criterios entre sí, se plantean las siguientes cuestiones:

¿Qué considera más importante en un método de reabastecimiento, su eficacia o su eficiencia?

¿Qué considera más importante en un método de reabastecimiento, su capacidad para reponer en su totalidad las necesidades logísticas de la unidad o su capacidad para integrarse en el planeamiento y ejecución táctica de una operación?

¿Qué considera más importante en un método de reabastecimiento, su eficiencia en la gestión del tiempo para reducir tiempos muertos o descoordinaciones? ¿O bien su eficiencia en la gestión de las cantidades de recursos para ajustar al máximo las cargas para evitar desperdicios o almacenajes innecesarios?

### PARTE III

Desde el ámbito civil y de manera pujante en los grandes almacenes del ámbito militar se puede distinguir el empleo de dos filosofías de reabastecimiento: *Push* y *Pull* (Explicar las principales características de cada filosofía desde el punto de vista de escalones superior y subordinado).

Dentro de la filosofía de *Pull*, se distinguen dos metodologías: Punto de Pedido y Revisión Periódica. (Explicar las principales características de cada método desde el punto de vista de los escalones superior y subordinado, indicando formas de llevar a cabo el reabastecimiento a nivel táctico con cada uno).



Para poder puntuar las alternativas de suministro respecto a los subcriterios presentados, se plantean las siguientes cuestiones:

1. Para reponer en su totalidad las necesidades logísticas de la unidad, ¿qué consideraría más importante?:
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido)?
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?
  - ¿Que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?
  
2. Para garantizar la integración del método de suministro en la operación a nivel táctico, ¿qué consideraría más importante?:
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido)?
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?
  - ¿Que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?
  
3. Para garantizar la eficiencia en la gestión de los tiempos en el proceso de suministro, ¿qué consideraría más importante?:
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido)?
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?
  - ¿Que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón



subordinado lo necesite (Punto de Pedido) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?

4. Para garantizar la eficiencia en la gestión de las cantidades en el proceso de suministro, ¿qué consideraría más importante?:
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido)?
  - ¿Que se manden recursos según las estimaciones del escalón superior (*Push*) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica)?
  - ¿Que se mande una cantidad acordada de recursos en el momento que el escalón subordinado lo necesite (Punto de Pedido) o que se acuerde un punto y momento de suministro con el escalón subordinado de manera que el envío final de pedido se intente ajustar a los datos de consumo que se comuniquen (Revisión Periódica).



## Anexo V Lista carga combate ELC

Obtenida de las NOP de carga de los vehículos VAMTAC, se cargará el máximo equipo (2DOS).

### CLASE I (2 DOS)

- 9 desayunos + 9 comidas + 9 cenas
- 18 pan galleta
- 1 ración de emergencia
- Dos petacas de agua (no incluye el agua que lleva el personal en el equipo, 3L por persona)

### CLASE II (2 DOS)

- 4 Altus + 4 mochilas de combate
- 3 FUSA + 1 AML
- Lote del vehículo
- Cable Esclavo
- V de remolque + equipo de recuperación (polea + tracter)
- Documentación
- Planchas de recuperación
- Antenas
- Base de antena
- Dispositivos de visión nocturna (3 AN-PVS por vehículo con acople *Rhino*)
- Prismáticos
- 2 GVN

### CLASE III (1,5 DOS, 170 km diarios todo terreno)

- Depósitos llenos y 2 petacas de combustible llenas.
- 1L aceites/1L grasas/1L productos especiales

### CLASE IV (2 DOS)

- Redes miméticas
- 10 sacos terreros
- 1 pico + 2 palas

### CLASE V (2 DOS)

- Munición 5,56 FUSA: 1000 cartuchos
- Munición 5,56 cinta AML: 1000 cartuchos
- VAMTAC BIV: 1000 cartuchos 12,70
- VAMTAC SPIKE: 6 misiles en santabárbara, 1 misil en afuste.

### CLASE VIII (2 DOS)

- Botiquín colectivo
- Mochila sanitaria (en su caso)
- Camilla OTAN

### CLASE IX (2 DOS)

- Kit de repuestos fundamentales 2º escalón (filtros, juntas, tubos, ...) repartidos entre vehículos



DESGLOSE DE PESOS Y VOLÚMENES:

	Nº DOS	PESO (t)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>CLASE I : SUBSISTENCIAS</b>	1		
<b>SUBCLASE a) RACIONES PARA EL PERSONAL</b>			
Raciones individuales de campaña		0,25	0,56
Raciones colectivas		0,00	0,00
Pan para raciones individuales y colectivas		0,03	0,12
Artículos para confección de comida		0,00	0,00
Raciones de emergencia (20%)		0,02	0,04
<b>TOTAL</b>		0,30	0,72
<b>SUBCLASE c) AGUA</b>			
Agua embotellada			156
Agua no embotellada			520
<b>TOTAL</b>			676
	Nº DOS	PESO (t)	
<b>CLASE II : VESTUARIO Y EQUIPO</b>	1	0,09	
	Nº DOS		VOLUMEN (L)
<b>CLASE III : CARBURANTES, LUBRICANTES Y ADITIVOS</b>	1		
<b>SUBCLASE a) CARBURANTES</b>			
GASOIL			687
GASOLINA			0
<b>SUBCLASE b) LUBRICANTES</b>			
Aceites			31
Grasas			21
Productos especiales			12
<b>Total CLASE III</b>			751
		PESO (t)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>CLASEIV: CONSTRUCCIÓN Y FORTIFICACIÓN</b>		0,02	0,18
	Nº DOS	PESO (t)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>CLASE V : MUNICIONES</b>			
MUNICION DE ARTILLERIA	0	0,00	0,00
MUNICION DE CARROS	0	0,00	0,00
RESTO DE MUNICIONES	1	0,52	0,65
<b>TOTAL MUNICIÓN</b>		0,52	0,65
MINAS Y EXPLOSIVOS		0,00	0,00
<b>TOTAL CLASE V</b>		0,52	0,65
	Nº DOS	PESO (t)	
<b>CLASE VI : COOPERATIVA</b>	1	0,05	
		PESO (t)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>CLASE VII : EQUIPO PESADO</b>		0,00	0,00
	Nº DOS	PESO (t)	
<b>CLASE VIII : ASISTENCIA SANITARIA</b>	1	0,03	
	Nº DOS	PESO (t)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
<b>CLASE IX : REPUESTOS</b>	1	0,30	0,18

Tabla 16 Pesos y volúmenes carga ELC. Fuente: Herramienta cálculo DOS



## Anexo VI Formato de encuesta de la valoración de la importancia de los recursos

El objetivo de este sondeo es obtener datos que permitan comparar el **valor de cada tipo de recurso** en una operación aerotransportada, de proyección de fuerzas o de entrada inicial en la que participe un escuadrón ligero (VAMTAC).

Se debe tener en cuenta el escenario en el que este tipo de operaciones implique a la unidad en una situación que puede variar entre el combate convencional y pequeños enfrentamientos contra insurgentes. También se considerará la dificultad en el suministro que puede implicar un despliegue de nuevas líneas de suministro alejadas de territorio nacional en una zona no consolidada por las fuerzas amigas.

La realización de esta encuesta le llevará alrededor de 2'.

**\*Obligatorio**

1. Clase I: Raciones, avituallamiento. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5		
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

2. Clase II: Equipo, vestuario, herramientas de zapadores, vestuario protección NBQ. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5		
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia



3. Clase III: Combustible, aceites y lubricantes. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

4. Clase IV: Construcción y barreamiento, sacos terreros, etc. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

5. Clase V: Munición, explosivos. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

6. Clase VI: Objetos de uso personal: cigarrillos, champú, caramelos. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia



7. Clase VII: Vehículos en sí, sistemas de armas completos. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

8. Clase VIII: Material médico, medicamentos, utensilios quirúrgicos. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

9. Clase IX: Repuestos, baterías, kits de piezas. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

10. Clase X: Material para apoyar a operaciones civiles tales como la agricultura, ganadería, comercio, etc. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia



11. Miscelánea: Otros elementos que no aparecen en las clases anteriores como \*  
agua extra, mapas, material enemigo capturado, etc.

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Nada importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	De vital importancia

Este cuestionario ha sido creado empleando las herramientas proporcionadas por *Google Forms*.



## Anexo VII Resultado de las encuestas

Las tablas a continuación reflejan la puntuación asignada por cada usuario (representado éste por su marca temporal) a cada recurso en la encuesta.

Marca temporal	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	Clase IX	Clase X	MISC
9/27/2022 17:27:24	5	1	5	1	5	1	1	2	2	1	1
9/27/2022 17:47:13	5	1	5	1	5	1	1	2	1	1	1
9/28/2022 11:09:15	3	3	4	2	4	3	5	5	4	2	2
9/28/2022 11:11:43	5	2	3	2	5	2	4	5	3	1	4
9/28/2022 11:23:58	3	3	3	3	4	3	2	2	3	3	3
9/28/2022 12:04:37	5	4	4	3	5	2	5	4	3	1	3
9/28/2022 12:48:06	5	4	5	5	5	3	5	5	5	3	4
10/3/2022 17:59:40	5	3	5	1	5	1	5	5	5	1	4
10/7/2022 11:04:38	4	2	4	2	5	2	5	3	1	1	5
10/7/2022 11:04:52	5	3	5	3	5	3	5	5	4	2	5
10/7/2022 11:05:37	4	5	5	4	5	4	4	4	4	3	4
10/7/2022 11:05:49	3	4	4	3	4	2	5	3	5	2	4
10/7/2022 11:07:32	5	4	5	5	5	3	5	5	5	5	5
10/7/2022 11:08:06	4	3	4	3	5	2	5	5	4	1	3
10/7/2022 11:08:12	5	5	4	4	5	4	4	5	4	2	5
10/7/2022 11:08:28	5	4	4	3	5	3	5	5	4	3	3
10/7/2022 11:09:07	5	5	5	3	5	4	5	4	5	3	4
10/7/2022 11:09:10	5	2	4	1	5	4	2	4	3	1	5
10/7/2022 11:09:24	5	4	4	3	5	4	5	5	4	3	4
10/7/2022 11:10:21	5	4	5	2	4	5	5	5	5	3	5
10/7/2022 11:11:08	4	5	5	3	5	3	5	5	5	4	5
10/7/2022 11:11:33	4	2	5	2	5	5	3	5	5	1	2
10/7/2022 11:12:02	4	4	4	3	5	4	5	5	3	5	4
10/7/2022 11:12:40	5	4	4	3	5	1	5	5	3	2	4
10/7/2022 11:13:20	4	3	5	3	5	5	3	5	5	1	4
10/7/2022 11:14:30	4	5	3	2	5	2	5	3	2	1	3
10/7/2022 11:15:47	2	4	3	2	5	2	3	2	4	1	2
10/7/2022 11:17:31	4	4	5	2	5	3	5	4	4	3	4
10/7/2022 11:21:51	3	2	4	1	5	3	5	5	4	1	4
10/7/2022 11:25:11	3	4	3	4	5	1	5	5	4	1	3
10/7/2022 11:26:43	5	3	2	4	5	4	4	5	3	3	4
10/7/2022 11:27:00	5	3	4	3	3	2	4	3	3	3	4
10/7/2022 11:30:25	5	3	4	3	5	4	5	4	4	2	5
10/7/2022 11:30:43	3	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5
10/7/2022 11:33:11	5	3	5	3	4	5	5	5	5	5	5
10/7/2022 11:35:45	4	3	4	2	4	1	3	4	3	1	3
10/7/2022 11:42:09	5	5	5	3	5	2	5	5	3	1	3
10/7/2022 12:07:13	4	4	4	3	3	3	5	4	5	2	3
10/7/2022 12:37:59	4	4	4	4	5	4	5	4	5	5	4
10/7/2022 12:38:38	4	3	5	3	5	2	5	5	5	3	4
10/7/2022 12:39:00	4	2	4	2	5	2	3	4	3	2	4
10/7/2022 12:39:32	4	4	4	3	4	2	5	5	4	4	4
10/7/2022 13:05:33	5	3	3	2	3	3	4	4	4	3	4
10/7/2022 13:11:11	5	4	4	2	4	2	5	5	3	2	3
TOTAL	190	151	185	121	206	126	190	188	168	102	164

Tabla 17 Resultado encuestas de tropa. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Forms



Marca temporal	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	Clase IX	Clase X	MISC
9/27/2022 19:04:50	5	1	5	1	5	1	1	2	2	1	1
9/28/2022 9:20:01	5	4	5	3	4	1	5	4	3	1	3
9/28/2022 9:23:25	5	4	5	2	5	5	5	4	3	2	4
9/28/2022 9:36:33	5	3	3	2	4	1	5	2	2	1	5
9/28/2022 9:43:01	4	3	4	1	5	2	3	2	3	1	3
9/28/2022 10:21:58	3	1	5	2	5	2	4	3	5	2	2
9/28/2022 10:43:38	4	4	4	2	4	1	5	4	3	2	3
9/28/2022 10:45:09	4	2	5	2	4	1	3	4	4	2	3
9/28/2022 11:16:34	5	2	5	2	5	1	4	3	4	1	3
9/28/2022 11:44:02	3	2	4	2	5	1	5	3	5	1	2
9/28/2022 22:42:20	4	2	4	2	4	2	4	4	4	2	4
9/29/2022 11:23:34	4	2	2	2	5	4	4	5	4	2	4
10/2/2022 20:36:48	4	2	3	1	4	1	2	3	4	1	1
TOTAL	55	32	54	24	59	23	50	43	46	19	38

Tabla 18 Resultado encuestas de mandos. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Forms



## Anexo VIII Resultado clasificación ABC

Como ya se ha mencionado anteriormente, se han cruzado los resultados de las encuestas presentadas en el Anexo VII (que buscan la valoración subjetiva de la aportación de cada clase de recurso al cumplimiento de la misión), junto con los resultados de las entrevistas a expertos del apartado 4.3.1 (que presenta la frecuencia de reposición de cada clase de recursos en una operación). Así, el factor que determinará la importancia global de reabastecimiento de cada clase de recursos será el producto 'Importancia del recurso para el cumplimiento de la misión x Frecuencia de reposición del recurso'.

	ENCUESTA	NECESIDAD	ENCUESTAxNECESIDAD	% ABC
CLASE I	245	9	2205	0,2342256
CLASE II	183	1	183	0,0194391
CLASE III	239	9	2151	0,2284895
CLASE IV	145	1	145	0,0154026
CLASE V	265	9	2385	0,2533461
CLASE VI	149	3	447	0,0474825
CLASE VII	240	1	240	0,0254939
CLASE VIII	231	3	693	0,0736138
CLASE IX	214	3	642	0,0681963
CLASE X	121	1	121	0,0128532
MISC	202	1	202	0,0214574
TOTAL	2234		9414	1

Un 27,27% (3/11) de los recursos ocupan el 71,606% de la importancia para el cumplimiento de la misión

Tabla 19 Datos clasificación ABC. Fuente: Elaboración propia

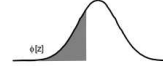
	% IMPORTANCIA	Nº CLASES	%CLASES
A=	0,716061185	3	0,27272727
B=	0,14181007	2	0,18181818
C=	0,142128744	6	0,54545455

Tabla 20 Comprobación de Pareto en los resultados. 3 recursos (Clase I, III y V) abarcan el 71% de la importancia de los recursos para el cumplimiento de la misión Fuente: Elaboración propia



# Anexo IX Tabla valores z distribución normal

Tabla de valores de probabilidad acumulada ( $\Phi$ ) para la Distribución Normal Estándar



z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.0	0.0013	0.0010	0.0007	0.0005	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
-2.9	0.0019	0.0016	0.0012	0.0009	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
-2.8	0.0026	0.0022	0.0018	0.0014	0.0011	0.0008	0.0006	0.0004	0.0003	0.0001	0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
-2.7	0.0035	0.0030	0.0025	0.0020	0.0015	0.0011	0.0008	0.0005	0.0003	0.0001	0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
-2.6	0.0047	0.0041	0.0035	0.0029	0.0023	0.0017	0.0012	0.0008	0.0005	0.0002	0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
-2.5	0.0062	0.0055	0.0048	0.0041	0.0034	0.0027	0.0020	0.0014	0.0009	0.0004	0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
-2.4	0.0082	0.0074	0.0066	0.0058	0.0050	0.0042	0.0034	0.0026	0.0018	0.0011	0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
-2.3	0.0107	0.0100	0.0092	0.0084	0.0076	0.0068	0.0060	0.0052	0.0044	0.0036	0.7	0.7590	0.7621	0.7652	0.7682	0.7711	0.7740	0.7768	0.7794	0.7823	0.7852
-2.2	0.0159	0.0152	0.0144	0.0136	0.0128	0.0120	0.0112	0.0104	0.0096	0.0088	0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
-2.1	0.0219	0.0212	0.0204	0.0196	0.0188	0.0180	0.0172	0.0164	0.0156	0.0148	0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
-2.0	0.0288	0.0280	0.0272	0.0264	0.0256	0.0248	0.0240	0.0232	0.0224	0.0216	1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
-1.9	0.0387	0.0379	0.0371	0.0363	0.0355	0.0347	0.0339	0.0331	0.0323	0.0315	1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
-1.8	0.0539	0.0531	0.0523	0.0515	0.0507	0.0499	0.0491	0.0483	0.0475	0.0467	1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
-1.7	0.0744	0.0736	0.0728	0.0720	0.0712	0.0704	0.0696	0.0688	0.0680	0.0672	1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
-1.6	0.1048	0.1040	0.1032	0.1024	0.1016	0.1008	0.1000	0.0992	0.0984	0.0976	1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
-1.5	0.1468	0.1460	0.1452	0.1444	0.1436	0.1428	0.1420	0.1412	0.1404	0.1396	1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
-1.4	0.2052	0.2044	0.2036	0.2028	0.2020	0.2012	0.2004	0.1996	0.1988	0.1980	1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
-1.3	0.2808	0.2800	0.2792	0.2784	0.2776	0.2768	0.2760	0.2752	0.2744	0.2736	1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
-1.2	0.3745	0.3737	0.3729	0.3721	0.3713	0.3705	0.3697	0.3689	0.3681	0.3673	1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
-1.1	0.4920	0.4912	0.4904	0.4896	0.4888	0.4880	0.4872	0.4864	0.4856	0.4848	1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
-1.0	0.6554	0.6546	0.6538	0.6530	0.6522	0.6514	0.6506	0.6498	0.6490	0.6482	2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
-0.9	0.8413	0.8405	0.8397	0.8389	0.8381	0.8373	0.8365	0.8357	0.8349	0.8341	2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
-0.8	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
-0.7	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
-0.6	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
-0.5	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
-0.4	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
-0.3	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
-0.2	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
-0.1	1.0000	0.9992	0.9984	0.9976	0.9968	0.9960	0.9952	0.9944	0.9936	0.9928	2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9985	0.9986
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641	3	0.9987	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000

Tabla 21 Valores z. Fuente: [www.jrvargas.files.wordpress.com](http://www.jrvargas.files.wordpress.com)



## Anexo X Resolución simulación básica inicial

De lo obtenido en la simulación básica inicial, se prosigue con el desarrollo del problema logístico a resolver:

SÍMBOLO	VALOR
T	VARIABLE
LT	0,5 días
$D_1, D_3, D_5 = D$	1 DOS/día
$Sd_1$	0,1 DOS
$Sd_3$	0,3 DOS
$Sd_5$	0,5 DOS
$NS_1,lt, NS_3,lt, NS_5,lt = NSlt$	99,01%
$Z_1, Z_3, Z_5 = Z$	2,33 (correspondiente al NSlt)
$Q_1Máx$	2 DOS
$Q_3Máx$	1,5 DOS
$Q_5Máx$	2 DOS

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx T} \\
 \text{s.a.} \left\{ \begin{array}{l}
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_1 \leq Q_1Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_3 \leq Q_3Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_5 \leq Q_5Máx \\
 T \geq 0
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx T} \\
 \text{s.a.} \left\{ \begin{array}{l}
 1 \cdot (T+0,5) + 2,33 \cdot 0,1 \leq 2 \\
 1 \cdot (T+0,5) + 2,33 \cdot 0,3 \leq 1,5 \\
 1 \cdot (T+0,5) + 2,33 \cdot 0,5 \leq 2
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx T} \\
 \text{s.a.} \left\{ \begin{array}{l}
 T \leq 1,267 \\
 T \leq 0,301 \\
 T \leq 0,335
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Máx T =	0,301 días
---------	------------



## Anexo XI Resolución simulación limitaciones tren logístico

De lo planteado en el problema generado por las limitaciones de carga del tren logístico, se desarrolla el siguiente problema:

SÍMBOLO	VALOR
T	VARIABLE
LT	0,5 días
$D_1, D_3, D_5 = D$	1 DOS/día
$Sd_1$	0,1 DOS
$Sd_3$	0,3 DOS
$Sd_5$	0,5 DOS
$NS_1lt, NS_3lt, NS_5lt = NSlt$	99,01%
$Z_1, Z_3, Z_5 = Z$	2,33 (correspondiente al NSlt)
$Q_1Máx, Q_3Máx, Q_5Máx = QMáx$	2 DOS
$Qtrans_1Máx + Qtrans_5Máx$	3,5 DOS
$Qtrans_3Máx$	2 DOS

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx T} \\
 \left. \begin{array}{l}
 \text{s.a.} \\
 \text{T} \geq 0
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_1 \leq QMáx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_3 \leq QMáx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_5 \leq QMáx \\
 2D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_1 + Z \cdot Sd_5 \leq Qtrans_1Máx + Qtrans_3Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_3 \leq Qtrans_3Máx
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx T} \\
 \left. \text{s.a.} \right\} \begin{array}{l}
 T + 0,5 + 2,33 \cdot 0,1 \leq 2 \\
 T + 0,5 + 2,33 \cdot 0,3 \leq 2 \\
 T + 0,5 + 2,33 \cdot 0,5 \leq 2 \\
 2(T + 0,5) + 2,33 \cdot 0,1 + 2,33 \cdot 0,5 \leq 3,5 \\
 T + 0,5 + 2,33 \cdot 0,3 \leq 2
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx T} \\
 \left. \text{s.a.} \right\} \begin{array}{l}
 T \leq 1,267 \\
 T \leq 0,801 \\
 T \leq 0,335 \\
 T \leq 0,551 \\
 T \leq 0,801
 \end{array}
 \end{array}$$

Max T = 0,335



## Anexo XII Resolución simulación limitación número de reabastecimientos

Del desarrollo del problema planteado, se obtiene el siguiente desarrollo:

SÍMBOLO	VALOR
T	VARIABLE
LT	0,5 días
$D_1, D_3, D_5 = D$	1 DOS/día
$Sd_1$	0,1 DOS
$Sd_3$	0,3 DOS
$Sd_5$	0,5 DOS
$NS_{1lt}, NS_{3lt}, NS_{5lt} = NS_{lt}$	99,01%
$Z_1, Z_3, Z_5 = Z$	2,33 (correspondiente al $NS_{lt}$ )
$Q_1Máx, Q_3Máx$	2 DOS
$Q_5Máx$	3 DOS
$Tmáx$	4 días
$Rmáx$	3 reabastecimientos

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx } T \\
 \text{s.a. } \left\{ \begin{array}{l}
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_1 \leq Q_1Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_3 \leq Q_3Máx \\
 D \cdot (T+LT) + Z \cdot Sd_5 \leq Q_5Máx \\
 T+LT \geq \underbrace{Tmáx/Rmáx} \\
 T \geq 0
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

El tiempo entre reposiciones no debe ser inferior al el tiempo total de la operación dividido entre el número de reabastecimientos permitidos

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx } T \\
 \text{s.a. } \left\{ \begin{array}{l}
 1 \cdot (T+0,5) + 2,33 \cdot 0,1 \leq 2 \\
 1 \cdot (T+0,5) + 2,33 \cdot 0,3 \leq 2 \\
 1 \cdot (T+0,5) + 2,33 \cdot 0,5 \leq 3 \\
 T+0,5 \geq 3,3/3
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx } T \\
 \text{s.a. } \left\{ \begin{array}{l}
 T \leq 1,267 \\
 T \leq 0,801 \quad (!) \\
 T \leq 1,335 \\
 T \geq 0,833 \quad (!)
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

El problema planteado no tiene solución, pues T no puede ser inferior a 0,801 y mayor a 0,833 al mismo tiempo.