



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de mejora del mantenimiento orgánico de  
vehículos de un Grupo de Caballería

Autor

Luis Sánchez Carrillo

Director/es

Director académico: Dra. Dña. Marta Torralba Gracia

Director militar: Cap. D. Sergio Ampuero Cabas

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Grupo de Caballería “Húsares de la Princesa”, por el inmejorable trato que recibí durante mis prácticas externas. Oficiales, Suboficiales, y personal de Tropa del Grupo, han logrado que me haya sentido parte de la unidad. “Recuerda que no es tu unidad de prácticas, sino tu primer destino como oficial”. A todos ellos, gracias.

A mi Directora Académica quien, a través de sus conocimientos en tecnologías Lean y optimización de procesos, ha facilitado mi tarea de una manera incalculable. Su constante dedicación durante el desarrollo del proyecto, y el interés que me ha prestado merecen un gran agradecimiento.

A mi círculo más cercano, todos aquellos que día a día hacen de mí quien soy, por aguantar junto a mí al pie del cañón durante esta última fase de mi formación. Todo agradecimiento hacia ellos es poco, pues sin su apoyo no habría logrado llegar hasta aquí.

A mi familia y a la familia Centenera, quienes desde un primer momento han seguido y apoyado mi formación como Oficial, y ahora pueden ver en esta última fase el fruto de la educación que me han transmitido.

Por último, a mis amigos y compañeros de prácticas, con quienes forjé unos lazos de amistad durante nuestra estancia en la calle Sobrarbe, y que hicieron de aquella experiencia una etapa inolvidable.



## RESUMEN

La idea de optimizar el proceso de mantenimiento orgánico de los vehículos responde a la necesidad de conservar el material en el mejor estado posible, de cara a su empleo en la instrucción de las unidades.

La gestión del mantenimiento en el Ejército pasa por una serie de escalones y fases, que poseen diferentes capacidades y responsabilidades. El mantenimiento orgánico forma parte de una de las etapas de todo el proceso, por lo que optimizar las tareas que le corresponden es necesario para lograr un correcto funcionamiento del sistema completo.

Este Trabajo Fin de Grado se focaliza en la mejora de los procesos del mantenimiento orgánico a nivel segundo escalón en un Grupo de Caballería, centrandolo en los vehículos como material en dotación más crítico para sus actividades de Instrucción y Adiestramiento habituales.

Al plantear este problema, se ha optado por buscar una solución empleando métodos integrados en el sistema de producción de Toyota, concretamente herramientas Lean. A partir de estas, ha sido posible llevar a cabo un profundo análisis de todo el proceso.

De este modo, a través del *Lean Management*, utilizando las herramientas Value Stream Mapping (VSM) y Value Stream Design (VSD), se ha podido estructurar el proceso estudiando cada una de sus tareas, procediendo posteriormente a buscar un sistema óptimo o ideal, buscando siempre realizar acciones que aportan valor añadido.

Después de llevar a cabo el estudio, se ha logrado reducir considerablemente la cantidad de tareas ejecutadas durante el desarrollo del proceso, aplicando ideas Kaizen y desechando el desperdicio o mudas, lo que ha demostrado que efectivamente existía una posibilidad de mejorar el sistema actual.

Con todo, la duración temporal de las tareas eliminadas no ha sido excesivamente grande, lo que significa, en gran parte, que parte del problema radica en elementos participantes en el proceso pero que quedan fuera de las capacidades de los actores responsables del mantenimiento orgánico de las unidades.

Así, ha quedado reflejado un cumplimiento total de los objetivos planteados, si bien es preciso continuar trabajando en un proceso óptimo que englobe a todos los elementos que participen en el mantenimiento de vehículos.

El proceso de mantenimiento orgánico de vehículos de los Grupos de Caballería ha logrado una versión más eficiente, sin embargo, se ha visto que hay más trabajo además del de las propias unidades, lo que ha dado pie a definir una serie de líneas de trabajo futuras, para que la instrucción de las unidades pueda realizarse de ella forma más eficaz posible, aprovechándose de la operatividad de su material.

## PALABRAS CLAVE

Mantenimiento, lean, vehículo, proceso, Grupo de Caballería, Value Stream Mapping, Value Stream Design.



## **ABSTRACT**

The idea of optimizing vehicles organic maintenance solves the need of keeping the materials in the best conditions, in order to give them an effective use in terms of the instruction of the troops.

Maintenance management in the Army goes through a series of stages and workshops, each of them with a different kind of responsibilities and capacities. Organic maintenance is just one of this stages, therefore optimizing their tasks is necessary to achieve a correct operation of the entire process.

This Final Degree Project is focused on the improvement of the organic maintenance processes executed by Cavalry Groups' second stage of maintenance, zooming in on the vehicles, as the most critical endowment material for the training of the troops.

The solution to the problem raised has been sought by the use of methods integrated into the Toyota Production System (TPS), specifically Lean tools. With these tools, it has been possible to achieve a deep analysis of the process.

Furthermore, through Lean management, using Value Stream Mapping (VSM) and Value Stream Design (VSD) tools, it has been possible to structure the process by studying each of its tasks, and then proceeding to find an optimal system.

After accomplishing the study, the number of tasks which appear during the development of the maintenance of the vehicles has been considerably reduced. Applying Kaizen ideas and discarding inefficiencies or mudas, it has proved that there was indeed a possibility of improving the current system.

However, the length of the removed tasks is not excessively significant, which shows that a great part of the problem lies in elements that take part in the process but remain outside the capacities of the actors who are responsible of organic maintenance.

Thus, a complete fulfillment of the proposed objectives has been reflected, yet it is necessary to keep on working on an optimal process that comprehends all the elements which participate in the maintenance of the vehicles.

The process of the organic maintenance of the vehicles in Cavalry Groups has achieved to seek a more efficient version. However, there is too much work to do yet, more than the one the Groups accomplish themselves. This has raised a series of future lines of work. The aim of them is to allow the Army to develop their instruction plans in an optimal way, taking advantage of the operability of its material.

## **KEYWORDS**

Maintenance, lean, vehicle, process, Cavalry Group, Value Stream Mapping, Value Stream Design.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1.    Ámbito de aplicación del proyecto y antecedentes .....	1
1.2.    Estructura de la memoria .....	2
<b>2. Objetivos y metodología</b> .....	<b>3</b>
2.1.    Objetivos y alcance.....	3
2.2.    Metodología.....	4
<b>3. Antecedentes y marco teórico (estado de la cuestión)</b> .....	<b>6</b>
3.1.    Grupo de Caballería Húsares de la Princesa.....	6
3.1.1.    Estructura orgánica de la unidad .....	6
3.1.2.    Materiales del Grupo de Caballería.....	7
3.1.3.    Situación de los talleres del segundo EMAN.....	7
3.2.    Mantenimiento en el Ejército de Tierra .....	8
3.2.1.    Tipos de mantenimiento .....	8
3.2.2.    Escalones de mantenimiento.....	8
3.2.3.    Limitaciones e indicadores .....	9
<b>4. Desarrollo: análisis y resultados</b> .....	<b>12</b>
4.1.    Auditoría del proceso (Gemba Walk).....	12
4.2.    Diagrama de flujo.....	13
4.3.    Value Stream Mapping.....	15
4.4.    Ideas Kaizen y mudas.....	18
4.5.    Value Stream Design .....	21
4.6.    Cálculo de Indicadores.....	24
<b>5. Conclusiones</b> .....	<b>27</b>
5.1.    Lecciones aprendidas .....	28
5.2.    Futuras líneas de trabajo .....	29
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>30</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>31</b>
Anexo I. Estructura orgánica del RAC Pavía N° 4.....	31



Anexo II. Imágenes de los vehículos del RAC Pavía N°4 .....	32
Anexo III. Hoja de Cálculo del Proceso Real.....	33
Anexo IV. Formularios de Mantenimiento .....	34
Apéndice A). Formulario M2404.....	34
Apéndice B). Ejemplo Orden de Trabajo .....	35
Apéndice C). Formulario de Mantenimiento.....	36
Anexo V. Hoja de Cálculo del Proceso Ideal.....	37



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología empleada en el estudio realizado en el TFG.....	4
Figura 2: Ubicación de los talleres del 2º EMAN dentro de la Brigada Aragón.....	7
Figura 3: Tiempo medio (días) de mantenimiento de material del Grupo.....	9
Figura 4: Tiempo medio (días) de abastecimiento de repuestos al Grupo (producto no faltante).....	10
Figura 5: Tiempo medio (días) de abastecimiento de repuestos al Grupo (producto faltante).....	10
Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento del Grupo.....	14
Figura 7: Tarjeta de identificación de las tareas del proceso en el VSM/VSD.....	15
Figura 8: Elaboración del VSM in situ en el Grupo.....	16
Figura 9: Formato digital del VSM.....	17
Figura 10: Elaboración del VSD in situ tras modificación de tareas.....	21
Figura 11: Formato digital del VSD.....	22
Figura 12: a) Comparación del número de actividades; b) Comparación del porcentaje de actividades....	25
Figura 13: Tiempo total de mantenimiento.....	26
Figura 14: Estructura orgánica del RAC Pavía N° 4.....	31
Figura 15: Imágenes de los vehículos del RAC Pavía N°4.....	32



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Implementación de ideas Kaizen reflejada en las tareas.....	19
Tabla 2: Resultado indicadores antes del VSM y después del VSD.....	24
Tabla 3: Hoja de cálculo del proceso real (VSM).....	33
Tabla 4: Modelo del formulario M2404.....	34
Tabla 5: Modelo Orden de Trabajo (OT).....	35
Tabla 6: Nuevo formulario de mantenimiento.....	36
Tabla 7: Hoja de cálculo del proceso ideal (VSD).....	37



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

BMR	-	Blindado Medio Ruedas
CT	-	Circular Técnica
DINFULOG	-	Dirección de Integración de Funciones Logísticas
EMAN	-	Escalón de Mantenimiento
ET	-	Ejército de Tierra
ID	-	Identificador
IT	-	Instrucción Técnica
ITV	-	Inspección Técnica de Vehículos
MALE	-	Mando de Apoyo Logístico del Ejército
NVA	-	Ningún Valor Añadido
OFICON	-	Oficina de Control
OT	-	Orden de Trabajo
RAC	-	Regimiento Acorazado
SIGLE	-	Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejército
SVA	-	Semi Valor Añadido
TFG	-	Trabajo de Fin de Grado
TOA	-	Transporte Oruga Acorazado
TPS	-	Toyota Production System
VA	-	Valor Añadido
VEC	-	Vehículo de Exploración de Caballería
VSD	-	Value Stream Diagram
VSM	-	Value Stream Mapping
WC	-	Worst Case



*“Donde muere mi caballo, muero yo”*

Sargento de Caballería Ignacio Fernández, Melilla, 1848



**[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]**



## 1. INTRODUCCIÓN

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo Fin de Grado (TFG) con título “Estudio de mejora del mantenimiento orgánico de los vehículos de un Grupo de Caballería” del grado en Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). A continuación, se definen los antecedentes, ámbito de aplicación del proyecto, metodología empleada y estructura del estudio.

La razón de ser de este trabajo no es otra que la necesidad fundamental de mantener el material de las unidades en perfecta operatividad. Para ello, es de vital importancia llevar a cabo un proceso de mantenimiento óptimo, que permita que la preparación para el combate se ejecute de la mejor manera posible. Esto implica:

- Garantizar el funcionamiento regular de medios, instalaciones y servicios.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos y material en dotación.
- Conseguir los anteriores objetivos a un coste y en un tiempo razonable.

Al mencionar los términos “optimizar” y “mantenimiento” surge un abanico de posibilidades en relación a la forma de enfocar el estudio. Sin embargo, dada su gran aplicación, muchas organizaciones, tanto del ámbito de la manufactura como del sector servicios, han basado su proceso de mejora continua en la filosofía Toyota (Ohno, 1988).

Toyota, desde hace décadas, se encuentra a la cabeza de las empresas automovilísticas en cuanto a optimización de procesos y disciplina de trabajo se refiere. Esto es gracias a la conocida como metodología Lean o “Lean Management”. Esta metodología es adoptada hoy en día por multitud de organizaciones, todas ellas habiendo observado el éxito de su empleo en el inicialmente conocido como sistema de fabricación Toyota (*Toyota Production System*, TPS).

El Lean Management no sólo ha revolucionado los sistemas de producción, sino también las distintas operaciones que componen la cadena de suministro. Esta corriente enfoca su trabajo en minimizar las pérdidas en sistemas de fabricación (tanto de tiempo como de material), buscando únicamente llevar a cabo aquellas actividades que suponen un valor añadido para el usuario final.

De este modo, surge la posibilidad de emplear elementos y técnicas del sistema de producción de Toyota en el ámbito militar. Pese a que la metodología Lean es útil en cualquier tipo de proceso, la similitud crece cuando se trabaja en un ambiente relacionado con vehículos. Es por ello que se ha planteado el Lean Management como una respuesta ante el problema que atañe a este estudio: la búsqueda de un proceso de mantenimiento óptimo en los Grupos de Caballería.

Las dos técnicas principales, dentro del Lean Management, que se han empleado en este Trabajo Fin de Grado han sido el Value Stream Mapping (VSM) y el Value Stream Design (VSD), más adelante explicadas y justificadas.

### 1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL PROYECTO Y ANTECEDENTES

Como elemento objeto del estudio se ha centrado el trabajo en el Regimiento Acorazado Pavía Nº 4, encuadrado en la Brigada Aragón I, concretamente en su Grupo de Caballería “Húsares de la Princesa”, con guarnición en la plaza de Zaragoza. La mencionada unidad ha apoyado en todo momento el desarrollo del estudio, situando a disposición del mismo sus instalaciones, entre las que se destacan sus escalones de mantenimiento, vehículos en proceso de revisión, y también su personal experto en el tema en cuestión.

Todo esto es si cabe más meritorio teniendo en cuenta que durante el tiempo en el que se ha llevado a cabo el estudio, el Regimiento Pavía se encontraba desplegado en zona de operaciones, concretamente prestando servicio en el Líbano y en Malí, al mismo tiempo. Por lo tanto, su esfuerzo para el correcto desarrollo del presente trabajo merece un enorme agradecimiento.



Una vez introducido el actor principal en este TFG, el Grupo de Caballería “Húsares de la Princesa”, y la línea de trabajo seleccionada, el Lean Management, es necesario, definir el proceso de mantenimiento actual en el Ejército de Tierra.

El proceso de mantenimiento en el Ejército de Tierra se desglosa en una serie de bloques, cada uno de los cuales cuenta con unas capacidades y responsabilidades, y se encarga de realizar ciertas funciones dentro del citado proceso. Estos bloques son los escalones de mantenimiento (EMAN), que son cuatro (Echeverría, 2020).

El primer y el segundo escalón realizan las labores de mantenimiento orgánico de la unidad. El tercero, generalmente correspondiente a las agrupaciones logísticas, lleva a cabo las tareas encaminadas a brindar apoyo directo a las citadas unidades. Las funciones de cuarto escalón se materializan en las tareas llevadas a cabo en los Parques y Centros de Mantenimiento. Por último, se podría hablar de un quinto escalón, que corresponde a la industria o fábrica del material en cuestión (externalización de las tareas de mantenimiento).

Este trabajo se ha centrado en los escalones que forman parte de la estructura orgánica de un Grupo de Caballería: el primer EMAN y el segundo. En relación con el alcance del trabajo, con la intención de enfocar el estudio en el mantenimiento orgánico, se ha optado por omitir las distintas etapas del proceso en las que intervienen otros escalones, más allá de la correspondiente mención a cada uno de ellos cuando ha procedido.

## 1.2. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La estructura de esta memoria está dividida de forma que en un primer instante se pueda obtener una idea general del objeto de estudio (introducción), para posteriormente aclarar los objetivos que se ha pretendido cumplir y la metodología empleada para ello, gracias al segundo capítulo.

A continuación, en el capítulo 3, se expone de una manera clara el funcionamiento del mantenimiento en el Ejército de Tierra, así como el desglose del citado proceso en el Grupo de Caballería “Húsares de la Princesa”.

Sucesivamente, se ha procedido a mostrar el desarrollo del estudio, el análisis de los resultados obtenidos con la metodología empleada VSM y VSD y en qué ha consistido cada una de las etapas que han dado cuerpo al trabajo.

Finalmente, quedan expuestas las conclusiones y también futuras líneas de trabajo para continuar buscando la completa optimización del proceso de mantenimiento. Tras este capítulo 5 se incluyen las referencias bibliográficas y los anexos elaborados.



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general consistía en dar solución a una pregunta de interesante valor: de qué forma se podía optimizar el proceso de mantenimiento de los vehículos del Grupo. La idea que surgió, fruto del análisis de las posibles respuestas que contestaban a esta pregunta, fue la de emplear herramientas Lean, que forman parte de la filosofía Toyota.

Para ello, se consideró pertinente subdividir el objetivo general en una serie de hitos a cumplimentar, de forma que, al finalizar el estudio, se materializaran en la consecución de la idea principal.

De esta manera, se consideró que la primera etapa del proyecto debía centrarse en conocer el proceso de mantenimiento actual. Obtener una idea clara de las tareas de mantenimiento facilitaría el desarrollo del estudio. A continuación, el citado proceso debía ser estructurado, lo que implica la elaboración de gráficos y otros documentos de apoyo, para poder llevar a cabo un análisis eficaz de todas las tareas.

Posteriormente, una vez conocido y estructurado el proceso de mantenimiento, se marcó como objetivo determinar las características de sus diferentes etapas. Para ello, se seleccionó la ya mencionada herramienta Value Stream Mapping como la más indicada.

Tras haber realizado el diagrama referente a la situación real del mantenimiento del Grupo, se debía analizar profundamente el proceso, buscando mejorarlo a través de la eliminación, creación o modificación de tareas.

Finalmente, para lograr el objetivo principal, era preciso definir el proceso mejorado, a través del Value Stream Design, introducido anteriormente. De esta manera, se podría establecer un sistema ideal y óptimo a la hora de llevar a cabo el mantenimiento de vehículos.

A modo de resumen, los objetivos secundarios de este trabajo son:

- Conocer el proceso de mantenimiento actual.
- Estructurar el proceso en base a las diferentes actividades realizadas, actores y su secuenciación.
- Determinar las características del proceso en base al VSM.
- Tratar de mejorar el proceso actual, proponiendo ideas Kaizen y eliminando el desperdicio.
- Definir el proceso mejorado apoyado en el VSD.

Disponer de personal experto en la materia, así como responsables de las tareas relacionadas con el mantenimiento de los vehículos, se consideró una prioridad, de cara a poder llevar a cabo el estudio con credibilidad y solidez. La materialización de esta idea permitiría ejecutar los objetivos expuestos de forma óptima.

Con todo, lo que se busca con este trabajo es proporcionar a las unidades tipo Grupo un sistema eficaz a la hora de llevar a cabo el mantenimiento de su material. Por lo tanto, se centra el análisis en todas las tareas referentes al primer y segundo escalón de mantenimiento, ya que son los escalones orgánicos de un Grupo de Caballería.

En determinados momentos se ha procedido al estudio de la metodología del tercer escalón, y también del cuarto, ya que de ellos dependen hitos concretos importantes para el mantenimiento de los vehículos, como pueden ser revisiones, envío de repuestos, o la propia reparación del material.

Sin embargo, pese a haberlos analizado, se ha decidido no incluir en el presente trabajo la información referente acerca del tercer y cuarto escalón, puesto que a la hora de definir el alcance del proyecto se ha optado por estudiar el mantenimiento orgánico de los Grupos de Caballería.



Además, a la hora de definir posibles soluciones óptimas al proceso, en numerosas ocasiones surgían ideas que implicaban un cambio en los procedimientos del tercer y del cuarto escalón, por lo que estas soluciones han decidido no implantarse en el proceso ideal.

Como síntesis a la definición de objetivos y del alcance del estudio, se pretende resaltar que lo que se ha buscado ha sido proporcionar un proceso de mantenimiento óptimo a los Grupos de Caballería, permitiéndoles mejorar la operatividad de su material, y brindándoles la oportunidad de implantar el nuevo método, cotejando este con expertos en la materia o propietarios del proceso.

## 2.2. METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo, como se ha indicado anteriormente, está basada en la filosofía Lean Management y los conceptos derivados del TPS. En particular, se han aplicado las herramientas lean VSM y VSD (Serna, Sánchez-Andrada y Álvarez, 2016) para analizar los procesos, procedimientos y registros enmarcados en el flujo de reparación del material (vehículos del Grupo), y optimizar así la cadena de valor del proceso.

Estas dos herramientas (Acero, *et al.*, 2019) consisten, principalmente, en elaborar un diagrama que defina todas las tareas que se llevan a cabo en el proceso que se está analizando, indicando el responsable de ejecutarlas, el tiempo que requieren y si aportan valor al proceso o no (tanto para el cliente interno como externo). Una vez se define el diagrama de la situación inicial (VSM), se procede a analizarlo y optimizarlo, para dar lugar a un diseño más eficaz o esquema ideal del proceso (VSD).

Particularmente para este TFG, se ha seguido el esquema de trabajo mostrado en la Figura 1, donde se indican los citados objetivos secundarios, las tareas realizadas (alcance de proyecto), herramientas específicas y fuentes de información consultadas.

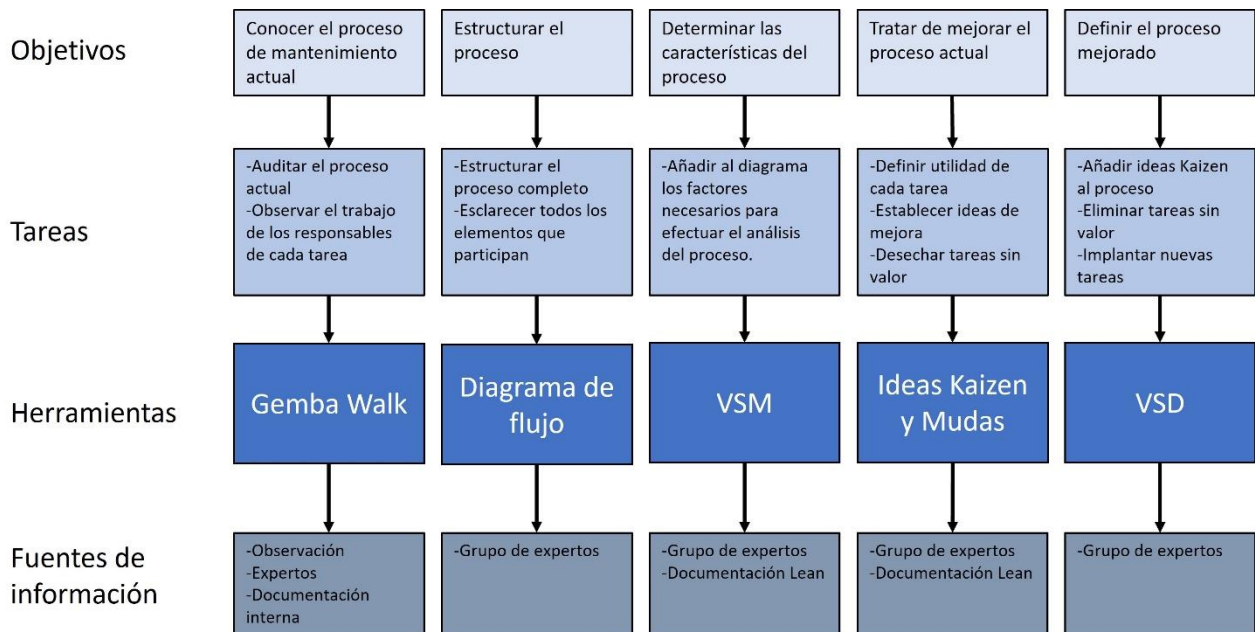


Figura 1: Metodología empleada en el estudio realizado en el TFG. Fuente: Elaboración propia

Previamente, de cara al empleo de las herramientas mencionadas, se llevó a cabo una auditoría del trabajo del personal de los escalones y talleres de mantenimiento, a través de una serie de entrevistas. Del mismo modo, mediante la observación del trabajo de estos en el lugar donde realizan sus tareas (*Gemba Walk*), se procedió a comprobar de primera mano el proceso completo de mantenimiento del material.



Tras la vista del proceso, se definió el diagrama de flujo de este. El diagrama elaborado refleja las tareas que se ejecutan de principio a fin del proceso, distinguiendo la categoría a la que pertenecen (responsable), puntos de decisión y documentos que aparezcan en algún momento del proceso. De este modo, la visualización del proceso de mantenimiento facilitaba el análisis del mismo.

La determinación de tiempos y estudio del valor añadido de las actividades permitió posteriormente la elaboración del VSM. Para ello, se llevó a cabo la elaboración física del flujo, empleando un aula ubicada en las oficinas de uno de los Escuadrones del Grupo. Una vez definido, se propusieron ideas de mejora, o ideas Kaizen (Gil y Suñé, 2019) justificadas en la eliminación del desperdicio, también denominado muda (Rodeiro, 2020).

Las ideas Kaizen se cotejaron con el personal que había sido auditado previamente, realizando de nuevo entrevistas con los responsables de cada momento del proceso. Una vez se comprobaron las medidas que podían ejecutarse, se procedió a remodelar el diagrama. La implementación de las ideas de mejora dio lugar al flujo de proceso ideal (VSD) que podía plantearse a la hora de llevar a cabo el mantenimiento de vehículos en el Grupo.

Por tanto, en todo momento se ha seguido la metodología que se pretendía desde el principio, manteniendo las herramientas y filosofía Lean como principales protagonistas a la hora de llevar a cabo el presente trabajo (Figura 1).



### **3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DE LA CUESTIÓN)**

#### **3.1. GRUPO DE CABALLERÍA HÚSARES DE LA PRINCESA**

La unidad que ha servido de estudio para este trabajo es el Regimiento Acorazado Pavía Nº 4, concretamente su Grupo de Caballería, el Grupo “Húsares de la Princesa”. Dicha unidad, durante el transcurso de las prácticas externas que se llevaron a cabo en el marco del desarrollo del presente proyecto, se encontraba desplegada en zona de operaciones, en dos misiones de paz simultáneamente, en Malí y en el Líbano.

Esta situación reducía considerablemente las capacidades de la unidad en territorio nacional, teniendo en aquel momento conformado de forma temporal un Escuadrón de capacidades remanentes, que agrupaba todos los medios con los que cuenta el Grupo en su base, en Zaragoza.

El estado del Grupo afectaba directamente al proceso de mantenimiento de material, ya que la considerable reducción de personal dificultaba notablemente el trabajo. A modo de ejemplo, en una situación normal, con todos los medios disponibles, el Grupo cuenta con cuatro especialistas mecánicos, teniendo, durante el transcurso de ambas misiones, uno solo.

Esto, sin duda, generaba un problema de cara a mantener la operatividad de la unidad, por lo que la búsqueda de la optimización del proceso de mantenimiento obtenía una importancia fundamental.

##### **3.1.1. ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA UNIDAD**

En cuanto a la estructuración del Regimiento, es reseñable que a día de hoy se encuentra en una situación cambiante. Realmente se trata de una serie de modificaciones que afectan a toda la estructura orgánica de la Caballería.

Concretamente, el Regimiento está pendiente de recibir un Grupo de Caballería además del que ya posee, procedente del Regimiento España Nº 11, también emplazado en Zaragoza. Sin embargo, dicha incorporación aún no está confirmada, por lo que la situación es, cuanto menos, dudosa.

Además, las secciones de Caballería han sufrido también una serie de cambios, ya que hasta ahora en su mayoría se conformaban a partir de un pelotón de dos vehículos de un mismo tipo y otro pelotón con otros dos vehículos diferentes a estos. Con la reestructuración actual, las secciones pasan a estar formadas por cuatro vehículos de un mismo tipo.

Estos cambios se consideran importantes ya que afectarían de primera mano al proceso de mantenimiento de los vehículos, debido a que el hecho de añadir un Grupo al completo al Regimiento implicaría un aumento considerable en el flujo de trabajo.

Más aún, la situación cambiante que vive actualmente el arma de Caballería genera una serie de factores que afectan al desarrollo de innumerables actividades, entre las cuales destaca el proceso de mantenimiento de los vehículos (un elemento a tener en cuenta es que todos los medios que orgánicamente pasan a depender de una unidad a otra han de desplazarse físicamente y deben ser inspeccionados por los responsables del mantenimiento de la unidad que los recibe).

En cualquier caso, durante el transcurso del estudio, el Regimiento contaba con un Batallón de Infantería y un Grupo de Caballería, ya introducido con anterioridad. Pese a tratarse de una situación particular por estar la unidad desplegada en zona de operaciones, la cantidad de vehículos presentes en el acuartelamiento no se vio modificada, por lo que al tratar la orgánica del Grupo de Caballería se van a mencionar todas las unidades que agrupan dichos vehículos. En el Anexo I, se muestra un diagrama que refleja la estructura completa.

De este modo, el Grupo de Caballería cuenta con dos Escuadrones ligero-acorazados, cada uno de ellos con dos secciones ligeras de cuatro VEC (Vehículo de Exploración de Caballería) cada una, otra sección acorazada, en base a cuatro carros de combate Leopard y un pelotón de morteros pesados compuestos por dos vehículos TOA (Transporte Oruga Acorazado).



Además, se ha dotado al Grupo con un tercer Escuadrón ligero, procedente del Regimiento España Nº11, compuesto por tres secciones ligeras en base a cuatro VEC cada una, y un pelotón de morteros pesados formado por dos vehículos BMR (Blindado Medio Ruedas).

Finalmente, el Grupo “Húsares de la Princesa” cuenta con un Escuadrón de Plana Mayor y Servicios, que cuenta con una serie de vehículos para llevar a cabo sus funciones, tales como ambulancias, vehículos de recuperación, o vehículos de puesto de mando.

### 3.1.2. MATERIALES DEL GRUPO DE CABALLERÍA

Una vez expuesta la estructura orgánica de la unidad, es necesario conocer el número de vehículos con los que se cuenta. Como se ha podido comprobar, hay una gran variedad de vehículos, lo cual afecta en gran medida a los escalones de mantenimiento (diferentes tareas a realizar, número y tipología de repuestos, utillajes, etc.).

En total, el Grupo cuenta con doce (12) carros de combate Leopard, veintiocho (28) VEC, seis (6) TOA y cinco (5) BMR (dos de ellos con configuración de puesto de mando). Además, posee una serie de vehículos ligeros (todoterreno) y también vehículos de recuperación y de apoyo sanitario.

En el Anexo II, se pueden observar imágenes de cada tipo de vehículo. Como ya se ha mencionado, la variedad de medios con los que cuenta el Grupo afecta notablemente al mantenimiento de los mismos. El tener vehículos en base a cadenas y otros en base a ruedas provoca una necesidad de adaptarse a dos tipos de mantenimiento completamente diferentes.

Además, el segundo escalón de mantenimiento no solo apoya al Grupo de Caballería, sino también al Batallón de Infantería, duplicando la cantidad de vehículos que pasan por sus talleres.

### 3.1.3. SITUACIÓN DE LOS TALLERES DEL SEGUNDO EMAN

Como ya se ha mencionado anteriormente, el segundo escalón del Regimiento realiza las tareas de mantenimiento pertinentes correspondientes tanto al Grupo de Caballería como al Batallón de Infantería. Además, las labores de reparación que se llevan a cabo se dan sobre una gran variedad de plataformas, que emplean o bien cadenas o bien ruedas.

De este modo, el segundo EMAN estructura su personal en base a dos talleres diferenciados. En uno de ellos se realizan las tareas de mantenimiento correspondientes a los medios de ruedas, y en el otro las referentes a medios de cadenas. Así, queda separado el material de forma que se facilite el trabajo de los responsables del mantenimiento de los vehículos. En la Figura 2 se puede observar la ubicación de ambos talleres.



Figura 2: Ubicación de los talleres del 2º EMAN dentro de la Brigada Aragón. Fuente: Google Maps



Además, existen una serie de dependencias que también forman parte del segundo escalón, que son la Oficina de Control (en adelante OFICON) y el almacén. Ambas se encuentran ubicadas en las instalaciones del taller de medios de ruedas.

Los hangares principales (o línea de vehículos), se encuentran entre ambos talleres. Aparte de estos, existen también una serie de líneas emplazadas a continuación del taller de ruedas. Además, el tercer Escuadrón (el procedente del Regimiento España), está ubicado en las dependencias del citado Regimiento, esto es, a aproximadamente una distancia de un kilómetro. Este dato es importante a la hora de planificar determinadas tareas de mantenimiento que impliquen un desplazamiento físico, ya sea de personal o de material.

## 3.2. MANTENIMIENTO EN EL EJÉRCITO DE TIERRA

La importancia del mantenimiento en las unidades del Ejército radica en la capacidad de mantener operativo el material en dotación. Para ello, existen diferentes tipos de mantenimiento, así como distintas unidades que lo llevan a cabo.

Sin embargo, también existen determinadas limitaciones que ralentizan el proceso de mantenimiento de los vehículos, tales como la escasez de repuestos o el colapso temporal de los sistemas de envío de materiales.

### 3.2.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento se pueden clasificar en base a dos criterios que se aplican de forma consecutiva, determinados por la Dirección de Integraciones de Funciones Logísticas (DINFULOG), en su Circular Técnica 02/19. Los criterios responden a dos preguntas, referentes a qué tipo de mantenimiento se va a llevar a cabo y quién es el responsable del mismo.

De esta manera, según las tareas que se van a realizar se diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo.

- **Mantenimiento preventivo:** Es aquel que se lleva a cabo de acuerdo a un programa predefinido, sin tener en cuenta la situación de operatividad del material. Tiene como fin aumentar la vida del material y evitar posibles averías futuras. En otras palabras, el mantenimiento preventivo se lleva a cabo antes de la aparición de las averías.
- **Mantenimiento correctivo:** Es aquel que se lleva a cabo como consecuencia de la pérdida de funcionalidad del material, y tiene como objetivo recuperar la operatividad del mismo.

Se podrían considerar otros tipos de mantenimiento, como el mantenimiento predictivo, fabricación de artículos... sin embargo, en este trabajo no se han tenido en cuenta ya que no abarcan ninguna de las actividades que se han estudiado.

Por otra parte, en función de quién sea el responsable de llevar a cabo las actividades de mantenimiento, se distinguen, principalmente, dos tipos:

- **Mantenimiento orgánico:** Es aquel que se realiza dentro de las pequeñas unidades, sobre su propio material y equipo, recayendo la responsabilidad sobre el mando de las mismas.
- **Mantenimiento de apoyo directo:** Es aquel que se desarrolla en las unidades de apoyo, incluyendo labores que requieren una elevada sofisticación y unas reparaciones de mayor magnitud.

### 3.2.2. ESCALONES DE MANTENIMIENTO

Como ya se ha introducido previamente, el proceso de mantenimiento en el Ejército se articula en una serie de bloques, denominados escalones de mantenimiento.

El primer escalón hace referencia a la propia tripulación de cada vehículo, responsable de realizar el mantenimiento a este. Debe llevar a cabo tareas tales como limpieza general, puesta en servicio (reposición de combustible, refrigerante, líquido de frenos...), mantenimiento del lote de a bordo, revisión



de niveles... En resumen, el primer escalón se encarga de ejecutar acciones referentes al empleo a diario del vehículo.

El segundo escalón comienza a realizar tareas una vez se detecta una avería desde el primer escalón y se determina que esta no puede ser subsanada por los miembros de la tripulación. En ese momento, a través del formulario M2404, se pone en conocimiento del segundo EMAN la información acerca de la avería. Además, es el encargado de trasladar al siguiente escalón todas aquellas peticiones que no sean asumibles por sí mismo.

El tercer escalón, teniendo en cuenta sus capacidades, recibe peticiones de los escalones inferiores y las asume. Generalmente este EMAN se materializa en las agrupaciones logísticas. Lleva a cabo un tipo de mantenimiento que ya no es orgánico de la unidad usuario. Además, es el encargado de recepcionar y distribuir repuestos procedentes de los escalones superiores a las unidades.

Finalmente, se habla del cuarto escalón haciendo referencia a los Parques y Centros de Mantenimiento del Ejército, que asumen todas las peticiones que no pueden subsanar los escalones inferiores.

Además, en algunos casos se puede hablar de un quinto escalón, que consiste en el fabricante del material en cuestión (externalización del mantenimiento fuera del ET).

Con todo, el sistema de mantenimiento del Ejército, como ha quedado reflejado, se basa en una serie de escalones divididos según la complejidad de las tareas a realizar, y las responsabilidades que recaen sobre ellos.

### 3.2.3. LIMITACIONES E INDICADORES

A través de consultas a expertos en el proceso de mantenimiento del Ejército en general, queda bastante reflejado que sería importante conseguir unos plazos de reparación menores, si bien se es consciente de la dificultad que ello implica, pues depende en gran medida de una serie de factores difíciles de alterar, principalmente el presupuesto disponible o la disposición de los repuestos requeridos.

Habiendo consultado datos estadísticos disponibles en SIGLE (Sistema Integrado de Gestión Logística del Ejército) es sencillo observar que los tiempos que actualmente se manejan en cuanto al proceso completo de mantenimiento son extremadamente elevados. Las citadas estadísticas proceden de la Instrucción Técnica 07/17 del Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE).

En la Figura 3 se puede observar el tiempo de media, en días, que tarda en cerrarse una petición de mantenimiento en la unidad, en los últimos cinco años (izquierda) y últimos seis meses (derecha).

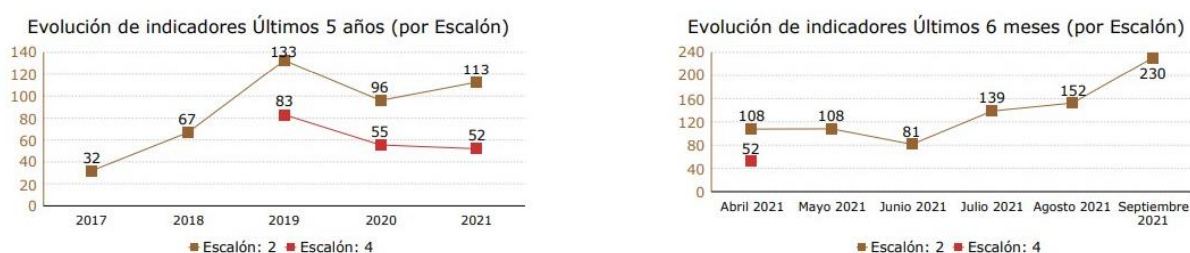


Figura 3: Tiempo medio (días) de mantenimiento de material del Grupo. Fuente: RAC Pavía 4

Este dato a lo que hace referencia, de forma clara, es al tiempo que un material se encuentra inoperativo. Es decir, una vez es detectada una avería y se va a proceder a su reparación (inicio de la petición de mantenimiento), se suceden a día de hoy 113 días de media hasta que el segundo escalón del Regimiento logra tenerlo reparado y operativo.

La extensión de los períodos de mantenimiento hace visible la importancia de lograr un proceso óptimo, denotando a la vez un problema cuya solución implica una cantidad de factores que quedan fuera del alcance de este trabajo.



Otras estadísticas también obtenidas en SIGLE, y que cabe destacar, reflejan que la mayor parte de este tiempo lo ocupa la recepción de los repuestos necesarios para efectuar las reparaciones pertinentes. Este factor queda también fuera del alcance de este estudio, pues no es una capacidad de un Grupo de Caballería, si bien se ha tenido en cuenta a la hora de analizar el proceso y de extraer conclusiones.



Figura 4: Tiempo medio (días) de abastecimiento de repuestos al Grupo (producto no faltante). Fuente: RAC Pavía 4

En la Figura 4 se pueden observar datos estadísticos referentes al tiempo de abastecimiento. En la Figura 4 a) se encuentra el tiempo medio, en días, de abastecimiento de repuestos cuando la pieza en cuestión se encuentra en el parque correspondiente, en los últimos cinco años, mientras que en la Figura 4 b), se encuentra reflejado el mismo dato, pero con respecto a los últimos seis meses. Esto implica el tiempo que transcurre entre que se acepta la solicitud de repuestos y cuando estos llegan a la unidad.

Del mismo modo, en la Figura 5 se muestra el tiempo medio, en días, de abastecimiento de repuestos, pero en este caso cuando la pieza en cuestión no se encuentra en el parque físicamente (producto faltante), tanto en los últimos cinco años (Figura 5 a), como en los últimos seis meses (Figura 5 b). Observamos unos plazos desorbitados, que alargan el tiempo de mantenimiento de una forma muy negativa a efectos de operatividad del material.



Figura 5: Tiempo medio (días) de abastecimiento de repuestos al Grupo (producto faltante). Fuente: RAC Pavía 4

Otro problema que se ha observado es el paso de revisiones de vehículos, ya que en muchos casos deben efectuarse en las unidades logísticas o en los parques de mantenimiento, unidades en determinados casos saturadas, que provocan un notable retraso a la hora de conseguir que los vehículos sean operativos.

Por ejemplo, el carro de combate Leopardo, entre otras, ha de pasar una revisión, denominada F10, cada diez años. Dicha revisión tiene lugar en el correspondiente parque de mantenimiento (cuarto escalón), cuya capacidad actual es limitada, lo que provoca una considerable congestión en el citado escalón de mantenimiento.

Del mismo modo, los vehículos ligeros (todoterreno) del Ejército han de pasar dos revisiones ITV (Inspección Técnica de Vehículos) al año, en la unidad logística, tercer escalón, correspondiente. Esto provoca una saturación en las unidades logísticas y, por tanto, un retraso a la hora de recibir los vehículos, que sin duda afecta negativamente al desarrollo de los planes de instrucción de las unidades.



Con todo, queda reflejado que en gran medida el problema de los retrasos en materia de mantenimiento no corresponde a las unidades tipo Grupo, si bien son las más afectadas, ya que son las que sufren las consecuencias de esta saturación general. Sin embargo, la constante búsqueda de la operatividad del material, y el afán por la preparación para el combate, llevan a las unidades a tratar, igualmente, de optimizar todas aquellas tareas que se encuentren en su mano.

En este marco de incertidumbre y preocupación por el constante esfuerzo de prestar un impecable servicio a nuestro país, se ha considerado fundamental la realización del estudio que da nombre al presente trabajo.



## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

La filosofía Toyota destaca, entre otros muchos aspectos, por la aplicación de la disciplina en todas las tareas a desarrollar. Por tanto, era fundamental seguir estrictamente todos los hitos marcados dentro del ámbito de las herramientas Lean, y es lo que se llevó a cabo. La exposición de los resultados obtenidos tras el análisis del proceso se ha efectuado en concordancia a lo recién mencionado: siguiendo de forma coherente los pasos previamente definidos.

### 4.1. AUDITORÍA DEL PROCESO (GEMBA WALK)

Para poder comenzar a estudiar posibles ámbitos de mejora, el punto de partida debe ser conocer el proceso actual o situación inicial. De este modo, se comenzó con el empleo de la herramienta conocida como *Gemba Walk*.

El término "*Gemba*", proviene del japonés, y significa "lugar de trabajo, lugar donde ocurren las cosas". Cuando hablamos de *Gemba Walk*, nos referimos a la acción de ir observando detenidamente, en este caso, el proceso de mantenimiento en los propios escalones, entendiendo lo que se está llevando a cabo durante las labores que conforman todo el proceso. Para ello es fundamental la realización de preguntas y la toma de notas, y de esta forma poder así comprender los trabajos y tareas (además de su secuenciación) que se realizan a lo largo del mantenimiento de los vehículos.

De este modo, se puede explicar el funcionamiento de esta herramienta como la realización de un recorrido por el espacio de trabajo que se desea estudiar, observando las tareas que en él se ejecutan y llevando a cabo entrevistas con el personal responsable de cada una de ellas, conocedores o propietarios del proceso.

La auditoría de proceso se realizó el día 24 de septiembre de 2021 y abarcó a diferentes áreas. Se procedió a realizar una visita que incluía tanto los repostillos de los Escuadrones, como sus oficinas y los talleres del segundo EMAN. Con todo ello se logró recopilar información acerca de las tareas que llevan a cabo las tripulaciones de los vehículos (personal que conforma el primer EMAN), los enlaces entre los Escuadrones y los talleres, y todos los integrantes del segundo escalón.

La primera parada fue el **repostillo de VEC del primer Escuadrón**. Un repostillo es una sala o conjunto de salas que contienen todo el material con el que cuentan los vehículos (lote de a bordo), así como el armamento secundario de estos y también herramientas para realizar tareas de mantenimiento. Con esta visita, se buscaba obtener información acerca de las tareas que ejecuta el primer EMAN (tripulaciones de los vehículos). Durante el transcurso de la misma, se pudo realizar entrevistas a varios miembros del Escuadrón, así como observar de primera mano algunas de las labores que se deseaba conocer, como la realización del mantenimiento preventivo diario o la reparación de algún material.

A continuación, se continuó el recorrido hasta el **escalón de ruedas**. Como se ha explicado en el apartado anterior, el RAC Pavía 4 divide sus tareas de segundo escalón en dos naves de talleres perfectamente diferenciadas, encontrándose en una de ellas todo el material relacionado con los vehículos de ruedas (vehículos ligeros, camiones, VECs...) y en el otro lo equivalente en cadenas (Leopardos, TOAs...). Pese a ser el escalón de cadenas más grande y moderno, es el de ruedas el más completo de cara a este estudio, ya que en él se encuentran además el almacén y la Oficina de control. En este escalón, se pudo obtener información acerca de las tareas referentes al segundo EMAN, realizando entrevistas al responsable de la OFICON y a los jefes de los talleres de mecánica, de electrónica, y de armamento.

Finalmente, se visitaron las **oficinas del primer y del segundo Escuadrones del Grupo**, en las que se encuentra almacenada la documentación de los vehículos, lugar que era importante conocer de cara a auditar el trabajo de los enlaces con los escalones y recopilar información relativa a los formularios internos y a cualquier otro documento que pudiera ser relevante de cara al trabajo.



De este modo, a través del *Gemba Walk*, se consiguió obtener una idea completa del desarrollo del proceso de mantenimiento. Para poder esclarecer el enorme flujo de información recibida durante la auditoría, se procedió a crear una hoja de cálculo que recopilara una a una todas las tareas que forman parte del mantenimiento de los vehículos.

La información reflejada en dicha hoja de cálculo se encuentra en el Anexo III, y permite averiguar quién es el responsable de cada etapa del proceso, en qué consisten estas, y si cuentan con algún tipo de soporte auxiliar: tarea física, documentación en papel, comunicación verbal/oral, software específico SIGLE.

La hoja de cálculo, durante todo el estudio, ha servido como base para añadir la información que se obtenía a lo largo de las diferentes fases del mismo, siendo de gran utilidad para realizar todos los diagramas necesarios.

Así, en un primer momento se contaba con columnas que proporcionaban datos básicos. La información reflejada inicialmente se muestra a continuación en un listado. Posteriormente, se procedió a añadir otra información relevante comentada más adelante.

- ID: Identificador numérico de cada tarea.
- Categoría: Escalón de mantenimiento, o área del mismo encargado de dicha tarea.
- Tarea: Descripción de la labor comentada.
- Responsable: Similar a “categoría”, especifica el responsable concreto de llevar a cabo cada tarea.
- Comentario: En un primer momento este apartado sirvió para añadir observaciones referentes al desarrollo de las tareas.
- Mecanismo de información: Indica si se emplea algún sistema auxiliar para llevar a cabo las tareas (papel, SIGLE) o bien si se realizan físicamente o a través de comunicación oral.

## 4.2. DIAGRAMA DE FLUJO

Con el apoyo de la hoja de cálculo mencionada en el apartado anterior, se realizó un diagrama de flujo que sirviera para estructurar, de forma esquemática, todas las tareas que se llevan a cabo a lo largo del proceso de mantenimiento.

El diagrama (ver Figura 6) incluye, principalmente, las tareas del proceso (recuadros azules). El principal punto de decisión que se encuentran los responsables de varias de las fases es si su EMAN es capaz de resolver el problema detectado, lo que se ha reflejado situando en dicho punto un rombo naranja, del que se extraen las diferentes líneas de acción que pueden tomarse.

Además, se ha seguido el formato de calles, es decir, dividido en columnas los trabajos que gestionan los distintos escalones de mantenimiento, y dentro de estos las áreas responsables de cada uno de ellos (actores). De este modo, contamos en primer lugar con las labores del primer EMAN (tripulación del vehículo), en último lugar, con una síntesis del tercer y cuarto EMAN (cuyo estudio, como ya se ha indicado, queda fuera del alcance del proyecto) y en la zona central del diagrama las tareas relacionadas con el segundo escalón, quizá el que mayor carga de trabajo recibe.

A su vez, el segundo EMAN está desglosado en las principales áreas que lo forman, ya que las labores de cada una de ellas están en su mayoría perfectamente diferenciadas. Así, podemos separar entre el trabajo que realiza la Oficina de control (OFICON), los talleres y el almacén de repuestos y material.

Por último, en la esquina superior derecha de determinadas tareas, se puede observar el soporte empleado para la realización de estas, siempre que se trate de un documento en papel. De este modo, se han incluido el listado de tareas que rellena el primer EMAN cuando efectúa el mantenimiento preventivo





### 4.3. VALUE STREAM MAPPING

Tras la elaboración del diagrama de flujo, se obtuvo una imagen clara y ordenada del proceso. A partir del mismo se continúa con la herramienta VSM o Value Stream Mapping.

Este diagrama refleja el proceso actual que se lleva a cabo a la hora de realizar el mantenimiento de los vehículos. A priori, puede parecer similar al diagrama de flujo expuesto en el apartado anterior. Sin embargo, al realizar el VSM contamos con una serie de puntos de información que antes no poseíamos, que resultan fundamentales a la hora de analizar en qué etapas del proceso se está produciendo un malgaste de tiempo o de recursos.

Los factores que se añaden al diagrama, fruto de la elaboración del VSM, son la duración de las tareas, los posibles tiempos de espera entre cada una de ellas y quizá el punto más importante del análisis: el valor que aporta cada uno de los trabajos en el proceso. Asimismo, se añadieron en el mapa ideas de mejora (Kaizen) que a priori surgían a través del análisis que se estaba efectuando, y que más adelante se estudiarían.

Cabe destacar, que tanto el valor añadido de cada tarea como las ideas de mejora en esta fase son fruto de un análisis inicial, que sentaría las bases para un estudio más profundo a posteriori. Son tres los tipos de tareas que se diferencian:

- Con valor añadido (VA)
- Con semi valor añadido (SVA)
- Sin valor añadido (NVA)

Se consideraron tareas con valor añadido aquellas que aportan utilidad real al proceso de mantenimiento. Esto es, que su realización consiga físicamente la subsanación de una avería. Ejemplos de estas labores son el diagnóstico de desperfecto o la reparación del mismo.

Tareas con semi valor añadido son todas aquellas que realmente no provocan la subsanación de averías, pero que se tienen que llevar a cabo o bien por normativa o por otros factores. Son, por ejemplo, las tareas referentes al empleo de formularios (M2404), o a la utilización del SIGLE.

Finalmente, se determinó que aquellos trabajos que no aportaban ningún tipo de utilidad al proceso, y que además se podían obviar a la hora de reparar una avería, se denominarían tareas con NVA (sin valor añadido), por ejemplo, el movimiento del material o duplicación de la información.

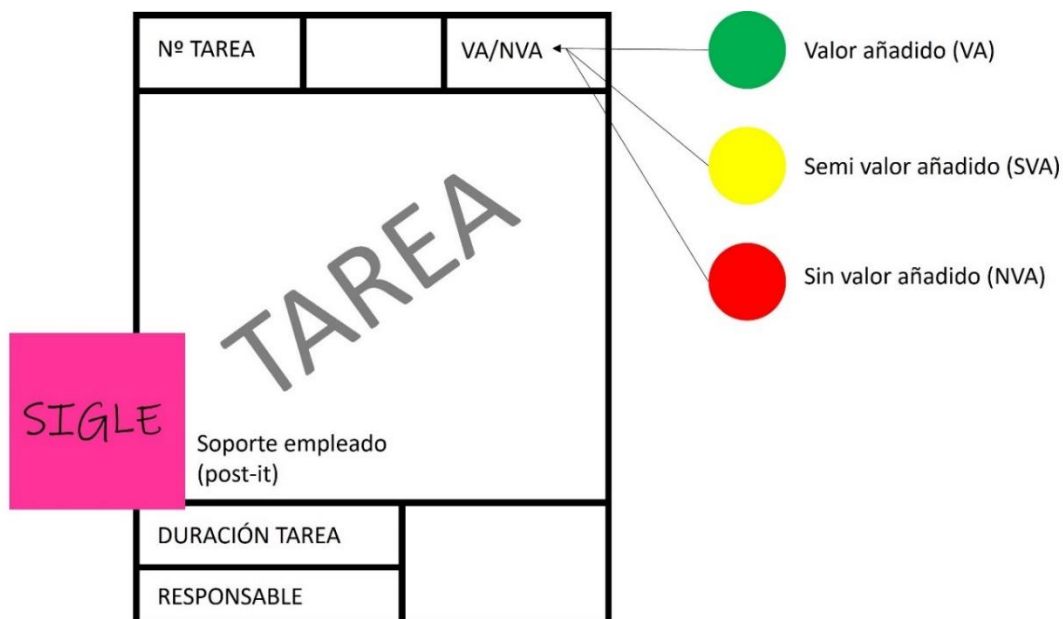


Figura 7: Tarjeta de identificación de las tareas del proceso en el VSM/VSD. Fuente: Elaboración propia



Para la elaboración del VSM, se empleó un modelo de tarjeta que se puede observar en la Figura 7. Se trata de un rectángulo de cartulina que incluye, en la parte superior, un espacio para numerar cada una de las tareas, y también una zona en la cual se colocaría una pegatina circular empleando un código de colores (verde, amarillo y rojo) en función del valor que aporta cada tarea.

La parte central de la tarjeta sirvió como espacio para nombrar cada una de ellas, además de utilizarse para añadir, si procedía, un post-it color rosa que indicaba el soporte empleado para la realización de dicha tarea. Las ideas de mejora que surgieron en un primer momento también se ubicaron en esta franja, empleando un post-it de color amarillo con un número identificador de la idea Kaizen.

La zona inferior se reservó para añadir el tiempo que se emplea en llevar a cabo cada etapa, así como el responsable directo de la realización de la misma.

A la hora de elaborar el mapa, el Grupo “Húsares de la Princesa” puso a disposición del estudio un aula en la cual se emplazó un lienzo que sirvió como fondo para el diagrama. En él, se separaron en filas los diferentes actores que participaban en el proceso (los escalones de mantenimiento y las tres áreas del segundo EMAN). A modo ilustrativo, se muestra en la Figura 8 un instante de la elaboración del VSM.



Figura 8: Elaboración del VSM in situ en el Grupo. Fuente: Elaboración Propia

En la imagen de la Figura 8 se puede observar el resultado tras la realización del VSM: la secuenciación de actividades y responsables, los post-it color rosa citados, que indicaban el soporte que se empleaba en cada tarea que contiene uno (M2404, SIGLE, OT...) y los post-it amarillos, haciendo referencia a las ideas Kaizen que aparecían durante la elaboración del VSM. Esta lista de ideas será expuesta posteriormente.

A continuación, se procedió a situar en el lienzo las tarjetas correspondientes a cada tarea, siguiendo el formato descrito anteriormente. Se dibujaron también los tiempos de espera (ocasionados por agentes externos), reflejados con un triángulo. Posteriormente, se realizó un análisis para determinar el valor que añade cada una de las tareas al proceso. Los resultados se reflejan, en formato digital, en la Figura 9.

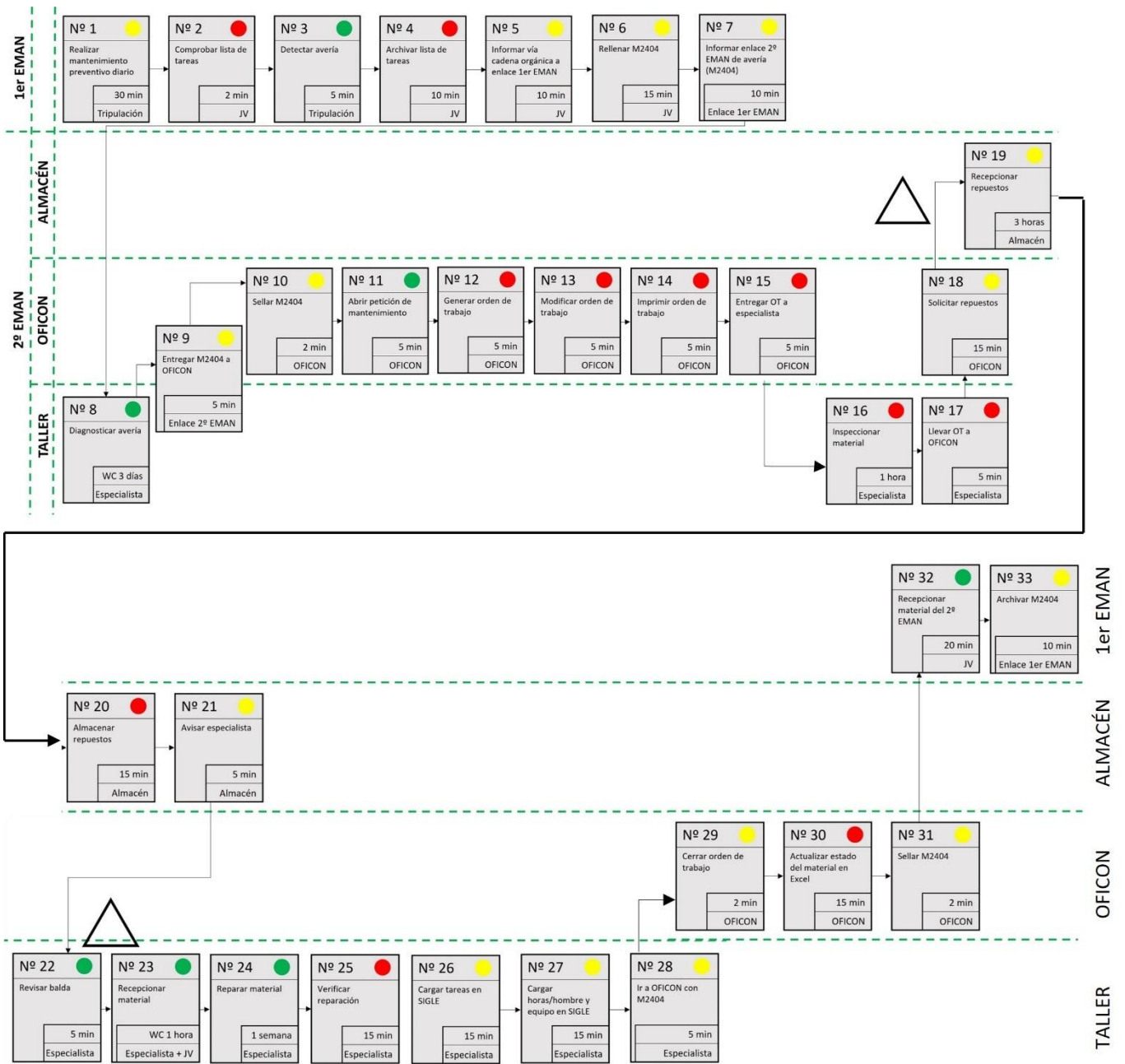


Figura 9: Formato digital del VSM. Fuente: Elaboración propia



#### 4.4. IDEAS KAIZEN Y MUDAS

La elaboración del VSM llevó a la aparición de posibles ideas de mejora, o ideas Kaizen. El término Kaizen, que procede del japonés, se podría definir en español como: mejora continua. Por lo tanto, las ideas Kaizen hacen referencia a propuestas que consiguen un progreso (mejora en sus indicadores) en el proceso que se está estudiando, el cual ha de ser analizado constantemente.

Las ideas de mejora fueron cotejadas con el grupo de expertos, a través de los cuales se consiguió determinar una gran cantidad de aspectos que, de modificarse, podrían optimizar el proceso de mantenimiento. Principalmente, se pretendió determinar el valor añadido que poseía cada tarea, ya indicado en el VSM.

Además, se identificaron una serie de “mudas”, término japonés que hace referencia a todo aquello que provoca despilfarro, inutilidad, desperdicios... Las mudas se dividen en siete bloques: sobreproducción, tiempos de espera, exceso de transporte, sobre procesado, exceso de inventario, exceso de movimientos y defectos. Se procedió a determinar qué tipo de muda se encontraba en cada caso y que daba lugar a la falta de eficiencia en el proceso, para tratar de eliminarla. Concretamente, se identificaron desperdicios de inventario, procesos, movimiento, defectos y tiempo.

Desperdicios debidos a exceso de **inventario** hacen referencia a almacenar o gestionar más materiales o información de lo estrictamente necesario para satisfacer el volumen requerido. En este caso, un claro ejemplo es el hecho de tener que almacenar los repuestos que se reciben en lugar de emplearlos directamente.

En cuanto a las mudas de **procesos**, o “*sobre procesamiento*”, implican trabajar sobre una unidad de producto, acción o tarea más de lo necesario cuando es suficiente con un procesamiento más simple. La mayor parte de los mudas identificados son de este tipo, como, por ejemplo, optar por realizar un documento de Excel que refleje la información que ya aparece en SIGLE.

Al tratar los desperdicios de **movimiento**, se hace referencia a desplazamientos de personas que de no producirse no reducirían la eficacia de la acción que están llevando a cabo. Ejemplos de este defecto son los movimientos que genera el tener que archivar el formulario M2404, por ejemplo.

Las mudas de **defectos** generan errores y fallos, y un defecto en un proceso hace disminuir su productividad. En el caso del presente estudio, se puede incluir dentro de este bloque el software de SIGLE, que requiere una serie de acciones (como tener que modificar una orden de trabajo de forma sistemática para poder generarla) que dificultan su empleo.

Por último, las acciones con desperdicio de **tiempo** de espera que se detectaron generan esperas durante los que los materiales o información no se encuentran siendo empleados. El momento más claro que contiene una muda de tiempo es la espera que se produce a la hora de solicitar los repuestos que se requieren para reparar un determinado material.

Para guardar un registro de las ideas de mejora y posibles desperdicios que se iban encontrando a lo largo del diagrama, se creó un listado que las identificaba. El mencionado listado, expuesto a continuación, refleja de forma ordenada las ideas Kaizen, enunciadas a modo de pregunta. Así, se muestra de la manera más realista posible el modo en que dichas ideas iban apareciendo, ya que generalmente se formulaban como una duda que pudiera ser resuelta o analizada.

**1:** ¿Es necesario el mantenimiento diario? Los vehículos se averían principalmente al usarlos, y las averías se detectan durante su uso.

**2:** ¿Se puede informar al segundo EMAN de las averías de forma directa sin pasar por los enlaces?

**3:** ¿Hasta qué punto es útil la información reflejada en el M2404?

**4:** ¿Quién hace de contacto del 2º EMAN? ¿Es necesario?

**5:** ¿Cabe la posibilidad de sellar el M2404 en otro momento?



**6:** El proceso de empleo de SIGLE resulta extenso y se pierde tiempo útil, ¿Puede modificarse la utilización del sistema?

**7:** ¿Es necesario imprimir en papel la OT? No se obtiene directamente de SIGLE.

**8:** ¿Puede acceder el especialista directamente a la orden de trabajo sin necesitar tenerla en papel?

**9:** ¿En la anterior inspección realizada no se puede prever directamente los repuestos que se van a solicitar?

**10:** ¿Se puede prever los repuestos necesarios para no tener que esperar hasta este momento para solicitarlos? ¿Se puede poseer una mayor cantidad de recambios?

**11:** ¿Es necesario almacenar repuestos? ¿Pueden emplearse directamente?

**12:** ¿Cuál es la utilidad de la base de datos adicional en Excel? ¿No se trata de una duplicidad de trabajo e información?

Tras definir las ideas Kaizen y las mudas presentes en el VSM, se estructuraron en una tabla (ver Tabla 1), en la que aparecen las tareas (a través de su ID) que deben ser eliminadas, o modificadas, el motivo por el que debe hacerse y, en el caso de que se haya de crear una nueva tarea que mejore las anteriores, el nombre de esta.

TAREA	MOTIVO	NUEVA TAREA
1	No es óptimo a diario ni para la detección de averías	-
2,4	No aporta valor, ocupa tiempo	-
5,7	Demasiado flujo de información (muchas manos)	Informar especialista
6,9,10,28,31,33	M2404 obsoleto, papel que viene y va	¿Base de datos, nuevo formulario?
12,13,18,26,27,29	SIGLE: software complicado y desconocido, proceso extenso que no aporta valor real	¿Solicitar repuestos al abrir petición? ¿Cargar horas al cerrar orden?
14,15,17	OT papel que viene y va, no es óptimo	Dejar claro los repuestos y tareas en el diagnóstico
18,19,20, 21	Es el momento que más tiempo consume, sería ideal tener todos los repuestos en las unidades	Revisar balda (referida a ir al almacén) por: "Obtener repuestos"
16,25	Tareas repetitivas, no generan valor si se realizan correctamente desde el inicio	-
30	Excel totalmente inútil, esta información ya está en SIGLE	-

Tabla 1: Implementación de ideas Kaizen reflejada en las tareas. Fuente: Elaboración propia



Posteriormente, cada una de las mejoras implantadas, ya fuera a través de la eliminación de tareas, de la modificación de otras, o de la creación de nuevas tareas, fue cotejada con el grupo de expertos para comprobar si realmente era factible y útil su implementación. En ese momento, ideas que no quedaron reflejadas en la anterior tabla, pero que habían sido estudiadas, se desecharon, por diferentes motivos.

Principalmente, estas ideas hacían referencia a otros escalones de mantenimiento, quedando estas fuera del alcance del proyecto. Además, otras de las ideas, pese a estar dentro de las competencias del primer y segundo EMAN, quedaban por encima de las responsabilidades y competencias de estos, por lo que se optó por ceñir el trabajo a aquellas mejoras que podían ser implementadas con relativa facilidad.

El contraste de las mejoras que se consideraron durante el estudio con el grupo de expertos concluyó con una aceptación de prácticamente todas las ideas propuestas. Sin embargo, se decidió que la posibilidad de aumentar la cantidad de repuestos presentes en las unidades, en los almacenes del Grupo, no podía implementarse de una manera sencilla, ya que no dependía de las capacidades de este. De este modo, se prefirió no añadir la citada mejora en el diagrama final o VSD del proceso.

Además, fruto del estudio de todas las tareas en las que se empleaba el papel como soporte principal, se observó que debía implementar un nuevo soporte que permitiera optimizar todas ellas. Así, se procedió a idear un documento que incluyera únicamente la información necesaria para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

A raíz de ello, se creó un formulario, incluido en el Anexo IV, que engloba la información imprescindible que se incluía en el M2404 y en la OT, también añadidos en el citado Anexo. En el documento resultante se añade la identificación de la unidad y del material, para posteriormente definir el diagnóstico de este, incluir las tareas que se deben llevar a cabo para su reparación y determinar los repuestos que se van a precisar. Finalmente queda un espacio denominado "observaciones" en el cual se puede añadir cualquier información que se considere pertinente.

En esta memoria se pretende resaltar que la creación del citado formulario se considera un paso intermedio, tras el cual se logre eliminar el empleo de papel en el proceso. La manera óptima suprimiría cualquier elemento que ralentizara el desarrollo de las tareas, como es en este caso la documentación sobre papel.

Sin embargo, se consideró este un cambio desmesurado dada la situación actual del proceso, por lo que la elaboración de un formulario permitía adaptarse a la situación final deseada de una manera progresiva.

De este modo, en lugar de tener varios documentos cambiando constantemente de responsable, se sintetiza toda la información en un formulario que inicialmente posee el especialista a cargo de realizar el diagnóstico del material, el cual, tras escuchar al jefe del vehículo y realizar la inspección inicial, rellena el apartado "diagnóstico", las tareas que se van a realizar, y los repuestos que son necesarios, para posteriormente entregar el documento a la oficina de control, que de este modo podrá realizar de una sola vez la apertura de la petición de mantenimiento, incluyendo la solicitud de repuestos.

Al finalizar la reparación del vehículo, el especialista, que con este sistema ya no necesita emplear tiempo rellenando apartados en SIGLE, incluye las horas de cada tarea y devuelve a OFICON el documento, tras lo cual se podrá cerrar la petición de mantenimiento.

Una vez completado el diseño del nuevo formulario, y con todas las ideas de mejora expuestas y cotejadas con el grupo de expertos, quedaba reflejada que una notable optimización era posible, por lo que, siguiendo los hitos marcados en un comienzo, empleando las herramientas Lean, se procedió a revisar el VSM para dar lugar al VSD.



#### 4.5. VALUE STREAM DESIGN

La elaboración del VSD vino condicionada por todas las ideas Kaizen que habían surgido a lo largo del estudio. Además, se decidió implantar el formulario ya mencionado anteriormente. Con todo, se siguió un proceso similar al de la creación del VSM.

Sobre la base del VSM, se procedió a retirar las tarjetas referentes a las tareas que habían decidido eliminarse (acción reflejada en la Figura 10), manteniendo únicamente aquéllas que se debían continuar llevando a cabo. Posteriormente, se añadieron al diagrama las tareas que habían sido modificadas, así como aquellas que se habían creado tras el análisis del VSM.



Figura 10: Elaboración del VSD in situ tras modificación de tareas. Fuente: Elaboración propia

Al finalizar este proceso, quedó un diagrama considerablemente reducido con respecto al VSM, con una serie de tareas que habían sido eliminadas, modificadas, o creadas desde cero. A continuación del modelo del diagrama, se muestra un listado de la relación de tareas que habían pasado por alguna de las tres acciones mencionadas. A través de la Figura 11 se puede obtener una visión clara del resultado del VSD.

En el Anexo V, se puede observar la hoja de cálculo que comenzó a rellenarse tras la auditoría del proceso, con la información completa del diagrama de flujo final. En ella se incluyen las nuevas tareas, cuya numeración se ha efectuado a continuación de la última tarea descrita tras el *Gemba Walk*.

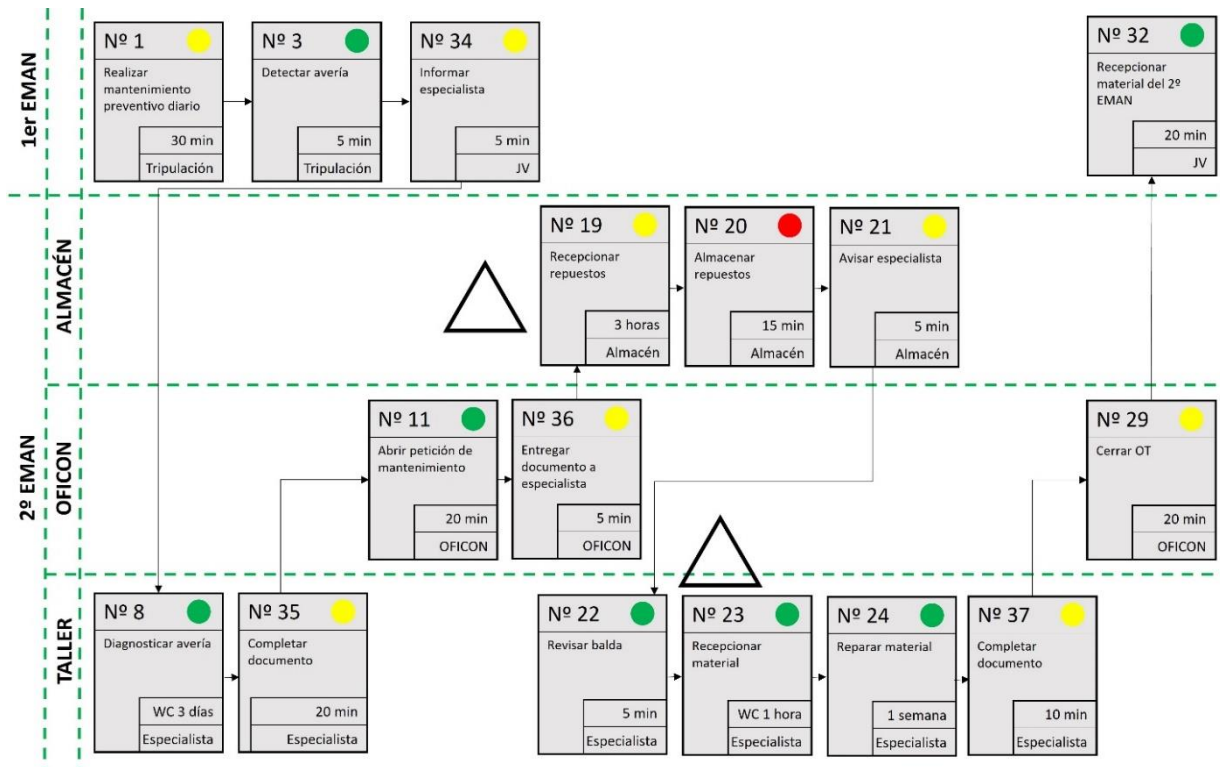


Figura 11: Formato digital del VSD. Fuente: Elaboración propia

## TAREAS ELIMINADAS

-**Tarea 1 Realizar mantenimiento preventivo diario:** Llevarlo a cabo a diario no aporta valor si el vehículo no ha sido utilizado entre mantenimientos, ya que principalmente consiste en pasar niveles al vehículo, comprobar estado de las ruedas/cadenas y amortiguadores. Además, la mayor parte de las averías no se detectan en este momento, sino durante el uso del material. Se debe reducir esta actividad a cuando vaya a ser empleado el vehículo.

-**Tareas 2 y 4 Lista de tareas:** Se trata de un documento en papel que no genera ningún valor, más allá de marcar las actividades que se han realizado durante el mantenimiento preventivo. Se ha optado por suprimirlo. Sin embargo, sí que se considera un sistema útil como ayuda a la instrucción de las tripulaciones, pero para una optimización de procesos se trata de algo sin valor añadido.

-**Tareas 5 y 7 Enlaces:** Un enlace es una figura que se encarga de centralizar la información del estado de los vehículos para cada Escuadrón. Es útil para los jefes, sin embargo, no aportan nada al proceso de mantenimiento, ya que aumentan el número de personas por las que fluye la información. Se elimina esta figura del proceso, si bien se sigue contando con los enlaces de cara al conocimiento del estado del material de cada Escuadrón. Al fin y al cabo, el que haya un miembro de la unidad que sea el que conozca perfectamente el estado de todos los vehículos es sin duda un apoyo al jefe muy importante, pero a la hora de llevar a cabo el mantenimiento de los vehículos, el tener que pasar por esta figura únicamente ralentiza el proceso.

-**Tareas 6, 9, 10, 28, 31, 33 M2404:** Es un formulario que viaja de un lado a otro sin aportar mucha información. Su uso es para control interno entre primer y segundo escalón. Como se ha expuesto anteriormente, lo que se ha pretendido ha sido eliminar dicho formulario y sustituirlo por un documento que engloba toda aquella información reflejada en papel.



-**Tareas 12, 13, 18, 26, 27 SIGLE:** Es un sistema que no aporta valor real al proceso pero que es necesario en el Ejército. De este modo, en el proceso ideal se ha optado por tratar de optimizar su uso, lo que implica un solo responsable que únicamente lo utiliza en dos momentos: al abrir y cerrar órdenes.

-**Tareas 14, 15, 17 Orden de trabajo:** Se trata de otro documento que viaja por las dependencias del escalón, generando una notable pérdida de tiempo. Para centralizar toda la información necesaria reflejada en este documento, se han incluido apartados para ello en el documento mencionado anteriormente.

-**Tareas 16 y 25 Inspección inicial y verificación:** Son tareas repetitivas, que si se llevan a cabo correctamente la primera vez no es necesario ejecutarlas más tarde. Se han suprimido del proceso.

-**Tarea 30 Excel:** Esta tarea consistía en rellenar una hoja de cálculo que mostraba el estado de los vehículos de una forma accesible, pero ocupaba tiempo en el proceso y aportaba una información que ya aparece en SIGLE, por lo que se ha eliminado.

### TAREAS NUEVAS

-**Tarea 34 Informar especialista:** Sustituye las tareas que realizaban los enlaces. El jefe de vehículo al detectar la avería directamente informa al especialista para proceder al diagnóstico de esta, sin perjuicio de que los enlaces posteriormente sean conocedores del estado del material.

-**Tarea 35 Completar documento:** El formulario que se ha creado engloba toda la información necesaria para que la OFICON pueda realizar todas las gestiones de SIGLE y los especialistas se centren en reparar el material. En este formulario, el especialista rellena tras el diagnóstico inicial el campo referente a ello. A la vez, incluye los repuestos que va a requerir, y las tareas que a priori se van a llevar a cabo. Una vez completado se entrega a OFICON.

-**Tarea 36 Entregar documento:** Esta nueva tarea únicamente hace referencia al hecho de devolver el formulario al especialista, para que una vez esté reparado el material rellene las horas.

-**Tarea 37 Completar documento:** Consiste en rellenar las horas/hombre en el apartado de tareas, para poder cargarlo en SIGLE. Tras completarlo se entrega a OFICON.

### TAREAS MODIFICADAS

-**Tarea 11 Abrir petición de mantenimiento:** Esta tarea existía previamente, pero se ha reconsiderado. Con el formulario que se ha creado, una vez el especialista lo entrega a OFICON, se puede realizar de forma continua la apertura de la petición, la generación de la orden de trabajo y la solicitud de repuestos, junto al añadido de toda la información referente a la avería.

-**Tarea 29 Cerrar orden de trabajo:** Tarea ya existente, se ha modificado ligeramente, ya que engloba además de cerrar la orden, el cargar en SIGLE las tareas y horas empleadas, para que no lo tenga que realizar el especialista.

Toda esta relación de tareas eliminadas, creadas de cero o modificadas, sirvieron para establecer un proceso de mantenimiento más eficiente. Sin embargo, más allá de una comprobación a simple vista, era necesario realizar, a través de indicadores, una comparación entre ambos sistemas.



## 4.6. CÁLCULO DE INDICADORES

A la hora de implantar cambios en cualquier proceso, es de vital importancia llevar a cabo una comparación, a través del cálculo de una serie de parámetros, para demostrar que el nuevo sistema o proceso es realmente mejor y más eficaz que el anterior, y que compensa, de este modo, sustituir uno de los procesos por el otro, haciendo medible la mejora real.

En la Tabla 2 se encuentran reflejados los resultados del cálculo de indicadores del proceso, tanto antes del VSM, como después en el VSD. Se han seleccionado diferentes parámetros que se han considerado básicos para la comparación entre los dos procesos:

- N° de tareas: totales: con VA, SVA y NVA.
- Porcentaje de tareas: con VA, SVA y NVA.
- Tiempo en horas de las tareas: con VA, SVA y NVA.
- Horas de trabajo que no aportan valor en relación a las horas que aportan valor (porcentaje NVA/VA).
- Lead time en horas y días (tiempo que dura el proceso completo de mantenimiento considerado).
- Tiempos de espera, en el peor de los casos (no se incluyen en el Lead time).

INDICADOR	ANTES VSM	DESPUÉS VSD
Nº Tareas totales	33	16
Nº Tareas VA	7	7
Nº Tareas NVA	11	1
Nº Tareas SVA	15	8
% Tareas VA	21,21	43,75
% Tareas NVA	33,33	6,25
% Tareas SVA	45,45	50
VA (hrs)	33,25	33,83
NVA (hrs)	2,37	0,25
SVA (hrs)	5,26	4,58
NVA/VA (hrs, %)	0,070%	0,007%
LEAD TIME (hrs)	40,88	38,66
LEAD TIME (días)	10,22	9,665
Tiempos de espera	WC 281	WC 281

Tabla 2: Resultado indicadores antes del VSM y después del VSD. Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se puede observar una notable reducción del número de tareas, cifra que ha caído a más la mitad de las tareas que se llevaban a cabo anteriormente (de 33 a 16). Además, se puede comprobar que las tareas que han sido suprimidas son todas, o bien tareas que no aportan ningún valor al proceso, o bien tareas con semi valor añadido, por lo que queda reflejado que el análisis del sistema ha servido para detectar puntos de desperdicio.

A continuación, a través de los indicadores de porcentajes de tareas de cada tipo, es visible una notable reducción, como ya se ha mencionado, de la cantidad de tareas sin valor añadido, frente a un claro aumento del peso de aquellas que sí aportan valor.



La Figura 12 muestra de forma gráfica algunos de los parámetros calculados. En el gráfico a) se encuentra la cantidad de tareas de cada tipo antes y después del estudio; en el b), el porcentaje de cada una de estas tareas sobre el total.

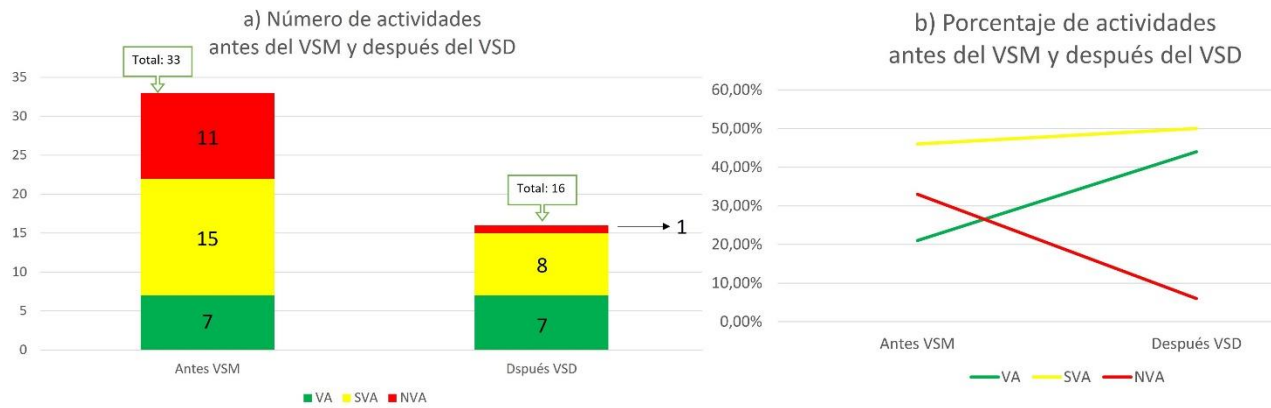


Figura 12: a) Comparación del número de actividades; b) Comparación del porcentaje de actividades. Fuente: Elaboración propia

Los primeros indicadores hacen referencia al número de tareas, que es interesante reducir, puesto que un cambio de tarea siempre implica instantes de tiempo perdidos. Sin embargo, lo que realmente refleja la optimización de un proceso es la reducción del tiempo empleado en él, siempre y cuando el producto de éste sea de igual calidad.

De este modo, se han incluido los indicadores referentes al número de horas empleadas en cada tarea. Para ello, se ha considerado que la jornada laboral real de un miembro de los escalones de mantenimiento es de cuatro horas. Se ha tomado esta decisión a raíz de una serie de entrevistas con personal responsable de muchas de las tareas del proceso, habiéndose argumentado que la jornada real, desde las 0800h de la mañana hasta las 1500h horas, viene marcada por la realización de formación física, y el tiempo que se emplea posteriormente en el vestuario y en el descanso tras dicha actividad. Además, muchos de los días incluyen actividades a priori no reflejadas en los horarios semanales, que de forma imprevista no permiten dedicar la totalidad de la jornada a llevar a cabo el mantenimiento del material.

Si bien se observa que se ha reducido la relación entre “horas que no aportan valor” y “horas que aportan valor” a una décima parte (de 0,070% a 0,007%), la reducción real de horas empleadas en el proceso de mantenimiento (lead time) ha sido de dos horas (de 40 a 38).

La ligera reducción temporal, frente a la cantidad de tareas que han sido eliminadas, demuestra que estas no solo no generaban valor al proceso, sino que tampoco hacían que en él se malgastara mucho tiempo. En cualquier caso, el haberlas detectado era importante, ya que el tiempo es un recurso muy preciado, y dos horas de reducción del proceso corresponden, como se ha expuesto anteriormente, a media jornada efectiva de trabajo.

Por último, se han incluido los datos de todos los tiempos de espera presentes durante el proceso. Como puede verse, no se ven modificados tras la implementación del VSD. Esto significa, que los tiempos de espera no son responsabilidad del primer y segundo EMAN. Estas cifras corresponden a la espera que se efectúa durante la solicitud de repuestos.



Los citados tiempos de espera suponen un 87,54% del tiempo total de las tareas de mantenimiento (antes del VSM), frente a un 88,09% del tiempo total tras el VSD (reflejado en la Figura 13).

Desgraciadamente, además de no poder tratar dicho problema en el estudio, ya que se sale del alcance de este, es un tiempo que muy difícilmente puede verse reducido, ya que la escasez de repuestos en los vehículos acorazados y mecanizados es patente, y a corto plazo no se espera un cambio en la situación.

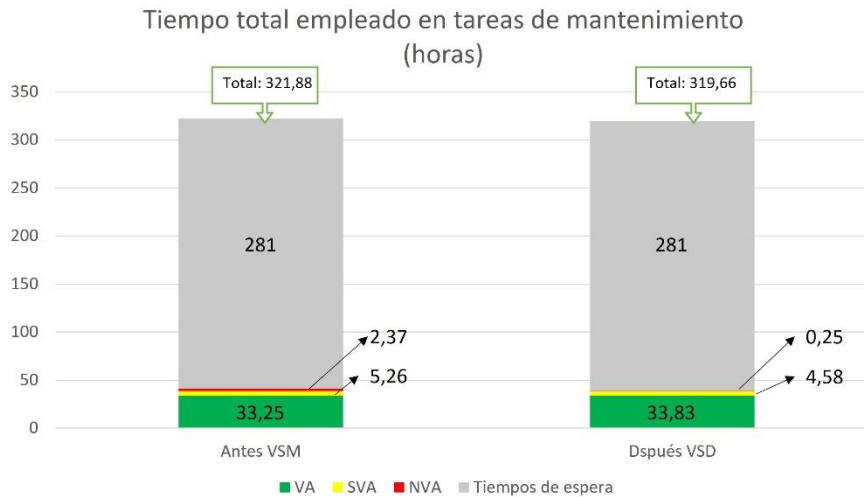


Figura 13: Tiempo total de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

A modo de síntesis, a través del análisis de los indicadores se puede afirmar que se ha logrado reducir notablemente el número de tareas, si bien estas no han disminuido el tiempo del proceso de forma tan explícita (se ha observado una reducción de un 5% del tiempo empleado).

Ahora bien, las mejoras producidas en las tareas van también encaminadas a la simplificación de las labores que realiza el personal. En otras palabras, se trabaja de una manera más sencilla con este nuevo procedimiento, se reduce el empleo de SIGLE por parte del personal del taller, se centralizan otras tareas etc. Esta simplificación podría medirse a través de encuestas de satisfacción tras una serie piloto con el nuevo proceso, lo cual ha quedado fuera del alcance del presente trabajo.

Con todo, cualquier rebaje en la duración del proceso es importante, debido a la duración de la jornada laboral. Finalmente, ha quedado reflejado que la mayor parte del tiempo que se emplea en el mantenimiento de vehículos corresponde a la espera de repuestos procedentes de los otros escalones de mantenimiento.



## 5. CONCLUSIONES

Este TFG trataba de optimizar el proceso de mantenimiento orgánico de los vehículos de un Grupo de Caballería. Para el cumplimiento de este objetivo, se procedió a desglosarlo en una serie de hitos, que facilitarían el trabajo. Todas estas etapas confluían en un punto: el empleo del *Lean Management* para obtener el resultado deseado.

La utilización de herramientas Lean en la búsqueda de un proceso de mantenimiento óptimo ha servido en gran manera, para facilitar dicha tarea. Todas las etapas del estudio han ido guiadas por la utilización de alguno de los métodos TPS, lo que ha sido de gran ayuda a la hora de estructurar los hitos a cumplimentar y a la propia ejecución de estas tareas.

La auditoría del proceso (*Gemba Walk*) se llevó a cabo de forma satisfactoria, permitiendo conocer cada una de las acciones que se ejecutan durante el desarrollo de las tareas de mantenimiento de vehículos. La posterior elaboración de un diagrama que estructurase dichas acciones facilitó notablemente el empleo de las siguientes herramientas Lean.

Asimismo, el haber realizado físicamente el VSM y posteriormente el VSD ha sido de gran utilidad. Para obtener una visión clara de todo el proceso, el hecho de tener un lienzo en el cual aparecían reflejadas todas las tareas ha permitido analizar cada una de ellas con facilidad.

Además, estas herramientas han sido, sin duda alguna, un acierto a la hora de plantear este estudio, puesto que se han adaptado de forma ideal al propósito del presente trabajo. Han permitido la aprehensión de todo aquel detalle que fuese importante durante el desarrollo de un proceso óptimo, facilitando la extracción de conclusiones en cuanto a las tareas que habían de modificarse.

El empleo simultáneo de los conceptos del TPS Kaizen y muda para reflejar los aspectos mejorables sirvió para realizar el VSM y el VSD de manera correcta y precisa.

De este modo, cuando llegó el momento de determinar los valores añadidos de todos los trabajos, junto al grupo de expertos, así como la implementación de nuevas tareas, y eliminación o modificación de otras ya existentes, se pudo realizar con eficacia ya que se reducía a observar los diagramas que se habían elaborado.

El grupo de expertos que ha participado en el proceso de análisis ha servido para no desviar el estudio de la línea que se había marcado, puesto que se contaba con responsables de todas las áreas que formaban parte de las labores de mantenimiento, que supervisaban que todo aquello que se estaba haciendo seguía coherentemente las pautas marcadas por las unidades a cargo del mantenimiento del material del Ejército.

Además, el cálculo de indicadores al finalizar el nuevo proceso demostró un acierto en el empleo de las herramientas VSM y VSD. Estos reflejan una reducción del número de tareas de más del 50% (de 33 a 16), así como una caída a una décima parte de la relación entre horas de trabajo que no aportan valor al proceso y aquellas que sí lo hacen.

Del mismo modo, la optimización del proceso no solo se ha centrado en la reducción de tareas, sino también en la simplificación de las mismas, lo que facilita el trabajo del personal responsable del mantenimiento del Grupo.

Así, aunque en un primer instante los indicadores referentes a la reducción total de horas de trabajo (que descienden de 40 a 38 horas) no reflejen una gran caída, la realización de las tareas, como ha quedado expuesto anteriormente, se ha simplificado de manera notable.

Con todo, se ha podido comprobar que la idea que surgió al comienzo del estudio, el implementar la tecnología Lean, procedente del sistema de fabricación de Toyota, en el mantenimiento de los vehículos del Ejército, ha dado sus frutos de manera notable.

Por lo tanto, una vez finalizado el análisis del proceso, echando la vista atrás, quedan cumplidos los objetivos que desde un inicio se habían marcado, dentro del alcance del proyecto.



## 5.1. LECCIONES APRENDIDAS

Tras la última etapa del estudio, la comparación de indicadores antes y después del análisis, quedó reflejado un aspecto que a lo largo del proyecto había dado lugar a dudas. La pérdida mayor de tiempo durante el proceso se produce a causa de la espera que se efectúa al solicitar los repuestos a los escalones superiores de mantenimiento. Este factor queda fuera del rango de acción de una unidad tipo Grupo, por lo que el primer y segundo EMAN, pese a optimizar sus procesos, siguen por ahora condicionados por el tiempo que han de esperar para recibir sus recambios.

Además, en numerosas ocasiones se ha dado la posibilidad de poder reparar algún tipo de material dentro de los escalones del Grupo, sin embargo, las acciones necesarias para ello formaban parte de las responsabilidades de otro escalón de mantenimiento. Tras comentar esta situación con expertos en la materia, se ha observado que un mismo miembro del proceso, dependiendo su unidad de destino, ya sea un Grupo o una unidad logística, con los mismos conocimientos puede realizar o no determinadas acciones. Es decir, un mecánico podría reparar una clase de avería en un segundo escalón porque su formación se lo permite, pero al no formar parte del tercer escalón su rango de acción es menor.

Con esto se pretende hacer ver que, pese a la necesidad de definir correctamente las responsabilidades de cada EMAN, se dan situaciones que alargan el proceso de mantenimiento al tener que desplazar el material fuera del Grupo cuando podría ser reparado de una forma más rápida.

Otro aspecto que se ha observado a través del trabajo conjunto con personal del segundo EMAN, es que la jornada laboral efectiva, es decir, el tiempo real que se dedica a la reparación de material, se reduce prácticamente a la mitad de la jornada. La principal causa de esto es el tiempo que se emplea en realizar formación física, añadiendo el tiempo en el vestuario y el posterior descanso. Además, las actividades que surgen de forma imprevista muchos días reducen también este tiempo.

De este modo, en muchas ocasiones se necesita prácticamente el doble de días en llevar a cabo tareas que podrían realizarse más rápido, ampliando considerablemente la duración del proceso de mantenimiento.

Más allá de los distintos factores que afectan a la eficiencia del personal destinado en los diferentes EMAN, se ha podido comprobar que en numerosas situaciones son los miembros de las tripulaciones los que han de acudir al segundo escalón a apoyar a los especialistas para reparar el material. Esto se debe, en parte, a la escasez de personal destinado en los talleres, principalmente personal con formación (especialistas mecánicos, informáticos o armeros).

Es innegable que algún miembro de la tripulación de un vehículo debe apoyar a su reparación, puesto que es el usuario del mismo y lo conoce bien, pero las tareas técnicas, que son la mayor parte de las labores de reparación, las debe llevar a cabo personal con formación, el cual hoy en día es escaso en las unidades. De este modo, el resto de los miembros de las tripulaciones podrían dedicarse a sus tareas, favoreciendo de esta manera la instrucción del personal.

Durante la cooperación con el primer EMAN, ha sido visible la necesidad de desplazarse a los talleres para transmitir información, fruto de la escasez de medios de comunicación más rápidos, y del hecho de tener que entregar los documentos que se han mencionado a lo largo de la memoria. Esto también crea excesos de tiempo en determinadas tareas, que han buscado reducirse tras el estudio.

En adición, está claro que el empleo de documentos en papel, que cambian de manos constantemente, hoy en día va quedando obsoleto, dando lugar a medios de información más eficaces. Junto a la utilización de papel existe otro factor que afecta a la pérdida de tiempo efectivo del personal, que es el empleo de SIGLE. Ambos sistemas son necesarios y producen cierto valor, sin embargo, requieren demasiadas horas de trabajo si no se trata de sistemas intuitivos y de fácil uso. Además, se puede considerar su utilidad secundaria, puesto que es algo que ha de hacerse pero que no va a lograr por sí solo reparar un vehículo. Tanto el SIGLE como el exceso de papel se han encontrado como unos de los aspectos más analizados durante este trabajo.



Dentro del alcance del proyecto, al haber observado este factor, lo que se ha buscado ha sido reducir al mínimo los trámites burocráticos, permitiendo a los responsables de las tareas de reparación poder dedicar más tiempo al hecho físico de reparar averías. De esta manera, se logra por una parte continuar cumpliendo los requisitos marcados por los escalones superiores en cuanto al flujo de información, y se optimiza a su vez su uso, de manera que se amplía el tiempo que posee el personal para realizar labores de mantenimiento.

Con todo, queda reflejado que el haber podido cooperar durante el proyecto con una gran cantidad de expertos, ha servido para recopilar numerosas lecciones aprendidas, que no dejan de ser factores que se han debido tener en cuenta a lo largo de todo el estudio.

## 5.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

La duración del período de prácticas externas en el Grupo de Caballería “Húsares de la Princesa” ha permitido llevar a cabo el estudio en su totalidad. Sin embargo, no ha quedado tiempo para poder supervisar la implantación del nuevo sistema creado.

Por lo tanto, sería interesante poder determinar si realmente se ha podido modificar el anterior proceso, y si el nuevo es más eficiente, de forma empírica mediante una serie piloto que realizase las tareas de mantenimiento bajo el nuevo procedimiento propuesto.

Además, a lo largo del desarrollo del proyecto ha surgido el dilema de eliminar por completo el empleo de formularios que requieren una dedicación de tiempo demasiado elevada. Una posible línea de acción que se debatió fue la de elaborar una aplicación informática, preferiblemente para teléfonos móviles, que permita a los usuarios del material conocer el estado de sus vehículos, además de añadir qué tareas de mantenimiento se han realizado y qué posibles averías han podido surgir.

Esta aplicación puede parecerse a SIGLE, pero se buscaría una mejor accesibilidad, además de un uso que no interfiera en las labores de mantenimiento, permitiendo el desarrollo correcto del proceso y a la vez un flujo de información mejor y más efectivo.

Por último, ha quedado claro que el mayor tiempo de espera surge de la reposición de recambios. Esto sin duda empaña el trabajo de los escalones de mantenimiento, que pese a optimizar sus procesos no logran reducir todo el tiempo que sería preciso. De este modo, es innegable que se debe trabajar en un sistema de reposición más efectivo.

Una de las posibles líneas de trabajo que surgen de este factor hace referencia a estudiar el proceso de envío de repuestos, siendo quizá posible trasladar las responsabilidades de recogida de piezas a las propias unidades.

Otra posible rama, fruto del análisis de las tareas referentes a la solicitud de repuestos, consiste en estudiar la capacidad de las unidades, y del Ejército, de dotar a las unidades tipo Grupo de una mayor cantidad de piezas de recambio, para poder ahorrarse todas las tareas que surgen cuando es necesario solicitar un repuesto.

El desarrollo del proyecto ha cumplido los objetivos definidos, pudiendo haber logrado definir un proceso de mantenimiento más eficaz. Sin embargo, el estudio ha ido más allá, puesto que ha conseguido reflejar una serie de aspectos a mejorar para continuar en la línea marcada, y también varias posibles ramas que pueden tomarse ampliando el alcance del proyecto ligeramente, que sin duda son interesantes y serán de gran utilidad para lograr una completa optimización del proceso de mantenimiento de vehículos de los Grupos de Caballería.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acero R, Torralba M, Pérez-Moya R y Pozo, J. A. (2019). *Value Stream Analysis in Military Logistics: The Improvement in Order Processing Procedure*. Universidad de Zaragoza.

DINFULOG. (2019). *Circular Técnica 02/19: "Normalización de los procesos de mantenimiento"*. Madrid: Ejército de Tierra.

Echeverría Capmartín, G. (2020). *Estudio y propuesta de mejora de los sistemas de mantenimiento en el GCAC tipo B*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.

Gil F y Suñé A. (2019). *5S. Manual Práctico (taller y oficinas)*. Barcelona: Leanbox.

MALE. (2017). *Instrucción Técnica 07/17: "Indicadores del Sistema de Apoyo Logístico del Ejército (SALE)"*. Madrid: Ejército de Tierra.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Nueva York, Estados Unidos: Productivity Press.

Rodeiro J. L. (2020). *El Libro de las IDEAS LEAN: Casos Reales de Eliminación de Desperdicio y Mejora de la Productividad*. Madrid: Qualitechnic Consulting.

Serna J, Sánchez-Andrada, P y Álvarez, I. (2016). *Actas: IV Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad, DESEi+d 2016*. Centro Universitario de la Defensa de San Javier.



## ANEXOS

### ANEXO I. ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL RAC PAVÍA Nº 4

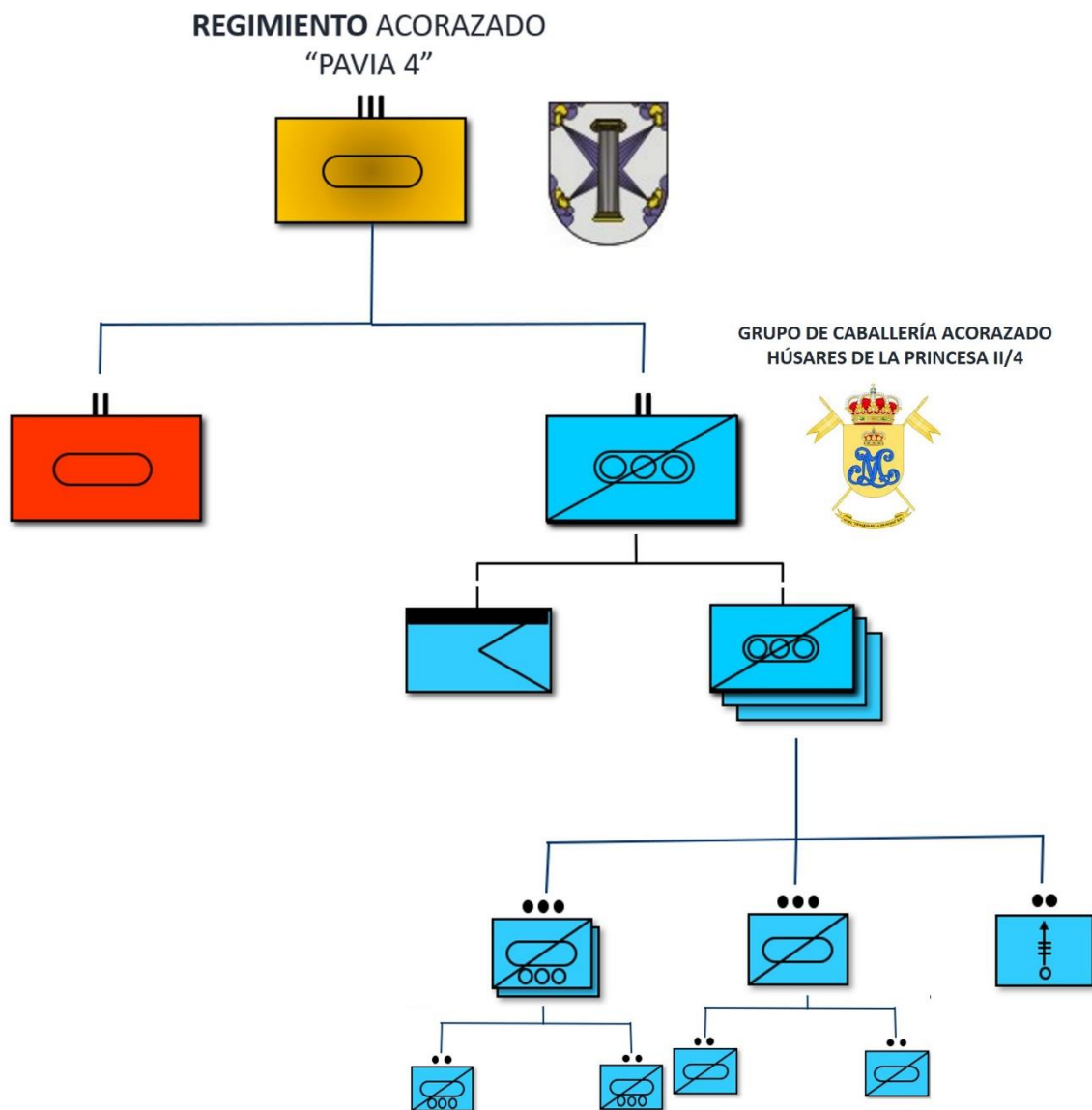


Figura 14: Estructura orgánica del RAC Pavía Nº 4. Fuente: Academia de Caballería



ANEXO II. IMÁGENES DE LOS VEHÍCULOS DEL RAC PAVÍA Nº4

<b>VEHÍCULO</b>	<b>IMAGEN</b>
Leopardo	
TOA	
Vehículo de recuperación (cadenas)	
VEC	
BMR	
Vehículo ligero	

Figura 15: Imágenes de los vehículos del RAC Pavía Nº4. Fuente: Ejército de Tierra



## ANEXO III. HOJA DE CÁLCULO DEL PROCESO REAL

ID	CATEGORÍA	Responsable	TAREA	DURACIÓN	MUDA	VALOR AÑADIDO	MECANISMO INFORMACIÓN
1	1 EMAN	Tripulación del vehículo	Realizar mantenimiento preventivo diario	30min (1:30 1 pax)	Sobre procesamiento	SVA	Tarea física
2	1 EMAN	Jefe de vehículo	Completar lista de tareas	2 minutos	Sobre procesamiento	NVA	Papel
3	1 EMAN	Tripulación del vehículo	Detectar avería	5 minutos	-	VA	Tarea física
4	1 EMAN	Jefe de vehículo	Archivar lista de tareas	10 minutos	Movimiento	NVA	Papel
5	1 EMAN	Jefe de vehículo	Informar vía cadena orgánica a enlace 1 EMAN	5 minutos	Sobre procesamiento	SVA	Comunicación oral
6	1 EMAN	Jefe de vehículo	Rellenar M2404	15 minutos	Sobre procesamiento	SVA	Papel
7	1 EMAN	Enlace 1 EMAN	Informar a enlace 2 EMAN de avería (M2404)	10 minutos	Sobre procesamiento	SVA	Comunicación oral
8	2 EMAN	Taller	Diagnosticar avería	3 días (WC)	-	VA	Tarea física
9	2 EMAN	Enlace 2 EMAN	Entregar M2404 a Oficon	5 minutos	Movimiento	SVA	Papel
10	2 EMAN	Oficon	Sellar M2404	2 minutos	-	SVA	Papel
11	2 EMAN	Oficon	Abrir petición de mantenimiento	5 minutos	-	VA	SIGLE
12	2 EMAN	Oficon	Generar orden de trabajo	5 minutos	-	NVA	SIGLE
13	2 EMAN	Oficon	Modificar orden	5 minutos	Defectos	NVA	SIGLE
14	2 EMAN	Oficon	Imprimir orden	5 minutos	Sobre procesamiento	NVA	SIGLE
15	2 EMAN	Oficon	Entregar orden a especialista	5 minutos	Movimiento	NVA	Papel
16	2 EMAN	Taller	Inspeccionar material	1 hora	Sobre procesamiento	NVA	Tarea física
17	2 EMAN	Taller	Llevar hoja a Oficon	5 minutos	Movimiento	NVA	Papel
18	2 EMAN	Oficon	Solicitar repuestos	15 minutos	-	SVA	SIGLE
19	2 EMAN	Almacén	Recepcionar repuestos	3 horas	Espera	SVA	Tarea física
20	2 EMAN	Almacén	Almacenar repuestos	15 minutos	Inventario	NVA	Tarea física
21	2 EMAN	Almacén	Avisar especialista	5 minutos	Movimiento	SVA	Comunicación oral
22	2 EMAN	Taller	Revisar balda	5 minutos	-	VA	Tarea física
23	2 EMAN	Taller	Recepcionar material	1 hora (WC)	-	VA	Tarea física
24	2 EMAN	Taller	Reparar material	1 semana (WC)	-	VA	Tarea física
25	2 EMAN	Taller	Verificar reparación	15 minutos	Sobre procesamiento	NVA	Tarea física
26	2 EMAN	Taller	Cargar tareas en SIGLE	15 minutos	Sobre procesamiento	SVA	SIGLE
27	2 EMAN	Taller	Cargar horas/hombre y equipo en SIGLE	15 minutos	Sobre procesamiento	SVA	SIGLE
28	2 EMAN	Taller	Ir a Oficon con M2404	5 minutos	Movimiento	SVA	Papel
29	2 EMAN	Oficon	Cerrar orden de trabajo	2 minutos	-	SVA	SIGLE
30	2 EMAN	Oficon	Actualizar estado material en Excel	15 minutos	Sobre procesamiento	NVA	Excel
31	2 EMAN	Oficon	Sellar M2404	2 minutos	-	SVA	Papel
32	1 EMAN	Jefe de vehículo	Recepcionar material de 2 EMAN	20 minutos	-	VA	Tarea física
33	1 EMAN	Enlace 1 EMAN	Archivar M2404	10 minutos	Movimiento	SVA	Papel

Tabla 3: Hoja de cálculo del proceso real (VSM). Fuente: Elaboración propia





APÉNDICE B). EJEMPLO ORDEN DE TRABAJO

<b>ORDEN DE TRABAJO Nº:</b>	<b>500SE049-2021-1C-00009, 10, 11, 12</b>	<b>FECHA:</b>	<b>martes, 7 de diciembre de 2021</b>
-----------------------------	---	---------------	---------------------------------------

<b>UNIDAD</b>	GCAC HUSARES DE LA PRINCESA II/4	<b>CODIGO UNIDAD</b>	50003941	<b>ESCON/CIA</b>		<b>N.O.C.</b>	6920-33-211-4552
<b>Nº DE SERIE</b>	212, 214, 208, 210	<b>DENOMINACION</b>	CARGADOR PISTOLA HK USP STANDAR SALA VICTRIX				

DIAGNOSIS Y TAREAS				TALLER	06 ARMAMENTO LIGERO + OPTICA	
Nº TAREA	DIAGNOST. POR	ESTADO	COD. SIGLE	DESCRIPCION AVERIA (REAL, NO DE SIGLE)		REALIZADA POR
1		OP		INS. INICIAL		

REPUESTOS							
REPUESTOS YA EN LA UNIDAD							
TAR.	NOC	DENOMINACION	CANT	TAR.	NOC	DENOMINACION	CANT

SOLICITUD DE REPUESTOS								
AVISAR AL TALLER SI LLEGA	TAREA	NOC	DENOMINACION	CANT	PETICION DE REPUESTO	FECHA	C. SIGLE	INT DIRECT

SOLICITUD REPARACIÓN ESCALÓN SUPERIOR	
PUEDE IR POR SUS MEDIOS (SI/NO):	DIAGNOSTICADO POR
DESCRIPCION DE LA AVERIA	

Tabla 5: Modelo Orden de Trabajo (OT). Fuente: RAC Pavía 4



## APÉNDICE C). FORMULARIO DE MANTENIMIENTO

Nombre y código Unidad:				
Denominación de material y NDC:				
Diagnóstico				
Fecha				
Responsable				
Diagnóstico				
Tareas y horas				
Nº Tarea	Cod. SIGLE	Descripción tarea	Horas	Taller/Responsable
Solicitud de repuestos				
Nº Tarea	NDC	Denominación repuesto	Cantidad	Cod. SIGLE
Observaciones:				

Tabla 6: Nuevo formulario de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia



## ANEXO V. HOJA DE CÁLCULO DEL PROCESO IDEAL

ID	CATEGORÍA	Responsable	TAREA	DURACIÓN	VALOR AÑADIDO	MECANISMO INFORMACIÓN	TIEMPO ESPERA
1	1 EMAN	Tripulación del vehículo	Realizar mantenimiento preventivo diario	30min (1:30 1 pax)	SVA	Tarea física	-
3	1 EMAN	Tripulación del vehículo	Detectar avería	5 minutos	VA	Tarea física	-
34	1 EMAN	Jefe de vehículo	Informar especialista	5 minutos	SVA	Comunicación oral	-
8	2 EMAN	Taller	Diagnosticar avería	3 días (WC)	VA	Tarea física	-
35	2 EMAN	Taller	Completar documento	20 minutos	SVA	Papel	-
11	2 EMAN	Oficon	Abrir petición de mantenimiento	20 minutos	VA	SIGLE	-
36	2 EMAN	Oficon	Entregar documento	5 minutos	SVA	Tarea física	-
19	2 EMAN	Almacén	Recepcionar repuestos	3 horas	SVA	Tarea física	56-280 días (faltante-no)
20	2 EMAN	Almacén	Almacenar repuestos	15 minutos	NVA	Tarea física	-
21	2 EMAN	Almacén	Avisar especialista	5 minutos	SVA	Comunicación oral	-
22	2 EMAN	Taller	Revisar balda	5 minutos	VA	Tarea física	-
23	2 EMAN	Taller	Recepcionar material	1 hora (WC)	VA	Tarea física	1 día
24	2 EMAN	Taller	Reparar material	1 semana (WC)	VA	Tarea física	-
37	2 EMAN	Taller	Completar documento	10 minutos	SVA	Papel	-
29	2 EMAN	Oficon	Cerrar orden de trabajo	20 minutos	SVA	SIGLE	-
32	1 EMAN	Jefe de vehículo	Recepcionar material de 2 EMAN	20 minutos	VA	Tarea física	-

Tabla 7: Hoja de cálculo del proceso ideal (VSD). Fuente: Elaboración propia