



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Aplicación de métodos y herramientas de logística sanitaria a pequeñas unidades desplazadas a zonas de combate lejanas: Líneas estratégicas de actuación para la respuesta médica temprana.

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Blanca Núñez Carrasco

DIRECTORES: Gerardo González-Cela Echevarría
Francisco Javier Rodríguez Rodríguez
Antonio Güemes Sánchez

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Aplicación de métodos y herramientas de logística sanitaria a pequeñas unidades desplazadas a zonas de combate lejanas: Líneas estratégicas de actuación para la respuesta médica temprana.

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

Una de las líneas de I+D+i de Defensa se centra en la mejora de la *Respuesta médica temprana*, dentro de la categoría relativa al *Combatiente* (Pertenece al documento ETID 2020).

En este contexto, el presente TFG pretende abordar la aplicación de principios de logística sanitaria a pequeñas unidades militares desplegadas en operaciones a miles de kilómetros, con el objetivo de incrementar la eficiencia en la atención sanitaria en situación de combate.

Para ello, es necesario inicialmente conocer las principales técnicas y herramientas de ingeniería logística empresarial, como son: previsión de demanda; gestión de stocks e inventarios; principios *Lean* aplicados a procesos sanitarios; técnicas de aprovisionamiento, ubicación y almacenaje, entre otras.

Así, las herramientas anteriores podrían ayudar a afrontar, mejores condiciones, un conjunto de necesidades detectadas en el ámbito sanitario militar, tales como: Requerimientos de material de sanidad y transporte; necesidades de personal médico, especialistas y formación mínima requerida; evacuación de bajas; aplicación de telemedicina desde territorio nacional...

Finalmente, las lecciones aprendidas se aplicarán a un supuesto práctico en el que estudiaremos un caso hipotético que consistirá en un despliegue militar en zona de operaciones, suponiendo una zona de conflicto con necesidad del apoyo militar de un contingente español. Se estudiará cómo debemos afrontar la gestión sanitaria desde un punto de vista logístico, asegurando el cumplimiento de los objetivos de la misión. El estudio se centrará en optimizar y aportar líneas de actuación para una primera atención médica eficiente a bajas producidas en situación de combate, en base a en estrategias logísticas de fundamentos de organización de empresas y de la filosofía del *Lean Manufacturing*.

PALABRAS CLAVE

Logística, Sanidad militar, ROLE 1 y 2, *Lean Manufacturing*, bajas de combate, eficiencia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, simplemente debo agradecer a mi padre, sin el cual nunca habría podido llegar a estar escribiendo estas líneas. A mis dos abuelas por hacer en todo momento de madre. Y en general a toda la familia que me apoya desde cielo y tierra.

Quisiera dedicar en especial el TFG, debido a el tema que se aborda, a mi tío Ignacio, que dedicó su vida a la medicina y a ser militar. Sirviéndome de motivación en todo momento, desde el momento que leí el título del trabajo.

Agradecer al estudio 210, por las risas y el buen ambiente que me han aportado durante todo este año.

Finalmente, agradecer a mis 3 tutores, en especial al Sr. Rodríguez, por sus tutorías y apoyo desde la mar y a Antonio Güemes por el interés mostrado y aportarme la documentación médica necesaria para la realización del trabajo.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Motivación	7
1.2 Objetivos	8
1.3 Metodología	8
2 Estado del arte: Antecedentes de conocimiento necesario	11
2.1 La salud del combatiente y la respuesta médica temprana. ETID 2020	11
2.1.1 Situación actual, misión I+D+i del Ministerio de defensa	11
2.1.2 Directrices y actuaciones	12
2.2 Introducción de variables para obtener eficacia en la gestión logística.....	13
2.2.1 Previsión de la demanda.....	13
2.2.2 Principios y herramientas de gestión Lean	17
2.3 Gestión de stocks	21
2.3.1 Inventarios y aprovisionamientos	21
2.3.2 Técnicas de gestión de stocks	22
2.4 Gestión de pedidos	23
2.4.1 Modelos de gestión de pedidos	23
2.4.2 Procesos de gestión.....	26
2.5 Herramientas <i>Lean Manufacturing</i>	27
2.5.1 Tipos de desperdicios	27
2.6 Tendencias en la Logística Sanitaria.....	31
2.6.1 Objetivo	31
2.6.2 Procesos hospitalarios y operaciones logísticas. Planificación de stocks.....	31
2.6.3 Localización, gestión y diseño de almacenes hospitalarios.....	33
2.6.4 Nuevas tendencias en logística sanitaria.....	36
3 Aplicación de métodos y herramientas de logística sanitaria a pequeñas unidades desplazadas a zonas de combate lejanas	39
3.1 Introducción a los principales condicionantes en la actuación sanitaria en zona de combate	39
3.1.1 Situación actual: Medicina de Combate	39
3.1.2 Niveles de asistencia médica (ROLE)	40
3.1.3 Composición niveles asistenciales en despliegues	42
3.1.4 Empleo de aeroevacuación	44
3.1.5 Empleo de la telemedicina.....	44

3.1.6 Misión de la función sanitaria en despliegues	45
3.1.7 Limitación logística	46
3.1.8 Mecanismos de lesión en conflictos armados.....	47
3.2 Aplicación de métodos y herramientas de logística sanitaria	49
3.2.1 Previsión de la demanda	49
3.2.2 Logística de recursos sanitarios	49
3.2.3 La optimización de las previsiones de stocks	51
3.2.4 Aplicación de principios Lean	51
4 Supuesto práctico: Ejemplo de actuación, métodos de logística sanitaria	53
4.1 Contexto: Ataque en base en zona de operaciones	53
4.2 Estadísticas obtenidas de conflictos armados	55
4.3 Planeamiento despliegue sanitario	58
4.3.1 Introducción necesidades generales.....	58
4.3.2 Especialidades fundamentales sanitarias	59
4.3.3 Despliegue de medios	59
4.4 Lesiones en combatientes.....	62
4.4.1 Clasificación de patologías	62
4.4.2 Conocimientos y materiales sanitarios ROLE 1	66
4.4.3 Políticas de inventario almacén ROLE 2.....	68
4.4.4 Logística de estandarización.....	71
4.4.5 Previsión de la demanda	73
4.4.6 Gestión de almacenes de recursos sanitarios del ROLE 2.....	75
4.4.7 Sistemas de información y telemedicina desde territorio nacional	77
5 Conclusiones y líneas futuras	79
5.1 Conclusiones	79
5.2 Futuras líneas de trabajo	80
6 Bibliografía.....	83
Anexo I: Abreviaturas	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Portada documento ETID 2020 (DGAM) [1].....	12
Figura 2-2 Ejemplo previsión Alisado Exponencial Simple [2]	15
Figura 2-3 Ejemplo Gráfico Alisado Exponencial con Tendencia [39].....	16
Figura 2-4 Gráfico regresión lineal mostrando línea de tendencia Excel [Elaboración Propia]	17
Figura 2-5 Estructura Sistema Lean [5]	19
Figura 2-6 ciclo PDCA [3]	20
Figura 2-7 Clasificación stock ley de Pareto [2]	22
Figura 2-8 Gráfica de Unidades pedidas con respecto al tiempo. [9]	24
Figura 2-9 Gráfico Lote Económico (Nivel de stock-Tiempo) [9]	24
Figura 2-10 Ejemplo gráfica modelo de revisión periódica [2]	25
Figura 2-11 Las tres estrategias genéricas (adaptado de Porter, 1980) [12]	28
Figura 2-12 Value Stream Map [5]	28
Figura 2-13 Dispositivo escáner RFID sector sanitario [9].....	35
Figura 3-1 Botiquín individual de combate (Foto propiedad Tcol. Antonio Martín-Bilbatúa Gómez) [11].....	40
Figura 3-2 Vista aérea de ROLE 2 desplegado en ZO [22]	41
Figura 3-3 ROLE 2 desplegado en zona de operaciones [27].....	41
Figura 3-4 Vista general hospital de campaña [19].....	42
Figura 3-6 Distribución ejemplo real en planta de unidades sanitarias tipo ROLE 2 [20]	43
Figura 3-7 Ejemplo real tiempo de vuelo aeronaves desde FST Herat a Afganistán (más 30 minutos de despegue) [22].....	44
Figura 3-8 Conexión en tiempo real con Unidad de Telemedicina del Hospital "Gómez Ulla" en Madrid. [22]	45
Figura 3-10 Ejemplos diferentes calibres para pistola [23].....	47
Figura 3-11 Fusil de asalto Kalashnikov. AK-47 [14]	47
Figura 3-12 Mina MPF o de mariposa [23].....	48
Figura 3-13 Herida producida por fragmento en jabón [14]	48
Figura 3-15 Actividades por ROLE 2 español en FSB de Herat (Afganistán) (febrero a julio de 2007) [22].....	51
Figura 4-1 Mapa Senegal distribución del área de Casamance [26]	54
Figura 4-2 Mapa vista aérea Región de Senegal [fuente: Google Earth].....	54
Figura 4-3 Distribución traumatismos de guerra conflicto en Mali [25].....	55
Figura 4-4 Bajas por área lesionada y agente de la lesión [27]	56
Figura 4-5 Análisis evacuaciones Cmte. Médico Navarro Suay [22]	57

Figura 4-6 Recorrido desde playa hasta el punto de despliegue ROLE 2 [Fuente: Google Earth] ..59	
Figura 4-7 LCM-1E lancha de desembarco anfibio de medios mecanizados de la Armada. [37] ...60	
Figura 4-8 Airforce Airbus español. [28]61	
Figura 4-9 Diagrama decisión ante baja de combate. [Elaboración propia]62	
Figura 4-10 Pirámide visualización prioridad atención sanitaria de bajas. [Elaboración propia]66	
Figura 4-11 Diagrama de decisión reaprovisionamiento logístico [Elaboración propia].....71	
Figura 4-12 Torniquete tipo CAT (Combat Application Tourniquet) [38]72	
Figura 4-13 Aplicación torniquete Afganistán [29]72	
Figura 4-14 Estandarización colocación torniquete en emergencia. [Elaboración propia]73	
Figura 4-15 Gráfico SES con valor óptimo de alfa [Elaboración propia]74	
Figura 4-16 Distribución en planta del almacén por artículos ABC [Elaboración propia]76	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Componentes de previsión de la demanda y sus técnicas [4]	14
Tabla 2-2 Comparación de modelo continuo y periódico. [9]	26
Tabla 2-3 Descripción de los tipos de despilfarros [9].....	27
Tabla 2-4 Metodología 6 Sigma, DMAIC. [4]	30
Tabla 2-5 Clasificación de sistemas en función a la automatización [7]	36
Tabla 4-1 Principal material sanitaria para aeroevacuación España [30].....	62
Tabla 4-2 Lesiones traumáticas en combate cabeza. [Elaboración propia].....	64
Tabla 4-3 Clasificación heridas traumáticas en combate tren superior. [Elaboración propia].....	64
Tabla 4-4 Clasificación heridas de combate traumáticas tren inferior. [Elaboración propia].....	65
Tabla 4-5 Clasificación heridas en combate no traumáticas. [Elaboración propia]	65
Tabla 4-6 Clasificación inicial de bajas por prioridad de atención. [Elaboración propia]	66
Tabla 4-7 Lista materiales necesarios para el sanitario ROLE 1 [Elaboración: Antonio Güemes] .	68
Tabla 4-8 Ejemplos tipos de artículos ABC en almacén ROLE 2 [Elaboración Propia].....	69
Tabla 4-9 Ejemplo de descripción de los materiales sanitarios (ABC) [Elaboración propia].....	70
Tabla 4-10 Análisis Excel, suavizado exponencial simple $\alpha=0,7$ [Elaboración Propia].....	74

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación

Actualmente, el entorno geopolítico inestable que rodea a los países occidentales nos reta a afrontar, cada día, las nuevas amenazas y la incesante evolución de las capacidades bélicas de los grupos y países hostiles. Los notables avances tecnológicos que se están produciendo, sin duda, alimentan estos retos. En consecuencia, las Fuerzas Armadas se ven en la obligación de sumarse al desarrollo y la investigación tecnológica. La Dirección General de Armamento y Material (DGAM) es la responsable de marcar las líneas prioritarias de estudio en desarrollo e investigación del Ministerio de Defensa de España, estas, se plasman en el documento: *Estrategia de Tecnología e Innovación de la Defensa* (ETID). Los pilares sobre los que se definen las actuaciones pretenden aportar consistencia y permanencia, a pesar de los cambios del escenario económico. El objetivo es lograr soluciones aplicadas a las capacidades militares, desarrollando una visión de futuro de la defensa para los próximos años.

Entre la multitud de retos que aborda el documento ETID, destacamos el apartado de *Salud del combatiente*, que contiene la *Respuesta médica temprana*. Este se centra en el estudio de métodos de actuación específicos y eficaces con víctimas en zonas de operaciones ante un entorno complejo, variable y difícil de predecir. En este contexto, podemos plantear una serie de preguntas: ¿Cómo debe realizarse una correcta previsión de materiales sanitarios y cómo podemos optimizarla? ¿Cuál es la forma más eficiente de organizar la logística sanitaria? ¿Cómo influye el medio en los procedimientos de actuación? ¿Qué previsión de materiales debe realizar en función de la zona de operaciones, el tipo de misión, el número de personal en despliegue...? ¿Qué aspectos deben priorizarse en una evacuación y cómo es más viable realizarla? ¿Quién debe tomar la decisión y qué grado de conocimientos puede tener para tratar heridos? ¿Es posible optimizar el empleo de la telemedicina?

La aparición de tales interrogantes genera la necesidad de aplicar técnicas de ingeniería logística para alcanzar la máxima eficiencia de los medios y del personal sanitario especializado en misiones de despliegue en zona de operaciones. Logrando optimizar las previsiones necesarias de material médico a transportar y su gestión eficiente. Además, se genera la necesidad de evaluar el nivel de formación necesaria del personal médico enviado a la misión, estudiar la viabilidad del uso de telemedicina y contemplar las posibilidades de evacuación de bajas desde zona de operaciones.

En este contexto, el presente Trabajo de Fin de Grado pretende abordar la aplicación de métodos actuales de logística sanitaria en zonas de operaciones muy variables. Por ello, se aporta un ejemplo práctico de despliegue a zonas de operaciones de tipo ROLE 2 (2º nivel de apoyo médico en despliegues militares donde se ejecutan acciones de tratamiento, evacuación y aprovisionamiento sanitario). Todo ello, a fin de encontrar soluciones que aporten eficacia y eficiencia a los problemas encontrados,

buscando la mejora continua de materiales y medios. Asegurando la supervivencia del combatiente mientras que se garantice el cumplimiento de la misión.

1.2 Objetivos

Como solución a los aspectos reflejados en el apartado anterior, este Trabajo de Fin de Grado pretende:

- i) Analizar el contexto actual de la logística sanitaria en despliegues a zonas de operaciones alejadas del territorio nacional.
- ii) Demostrar la aplicabilidad de herramientas empresariales (tales como gestión *Lean*, previsión de la demanda o gestión de almacenes y stocks) a la logística sanitaria en operaciones y despliegues militares.
- iii) Analizar y desarrollar, mediante, un caso práctico que resuma las lecciones aprendidas, cómo se debería de abordar la gestión logística sanitaria.
- iv) Identificar soluciones óptimas, obtener conclusiones y realizar recomendaciones en base al trabajo realizado.

1.3 Metodología

Con el fin de cumplir con los objetivos, en el presente Trabajo de Fin de Grado se introducen los siguientes bloques:

- Un bloque inicial que describe a modo de introducción la motivación que impulsa a la realización del trabajo, sirviendo de contexto a la información posterior. Se introducen aquellos objetivos que se pretenden alcanzar en base a la necesidad encontrada en el documento *Estrategia de Tecnología e Innovación de la Defensa ETID 2020* de la Defensa.
- El segundo bloque selecciona los modelos logísticos en vigencia más adecuados, analizando los conceptos y principios teóricos utilizados en la actualidad. Finalizaremos este apartado estudiando las bases principales del *Lean Management* (aportando principios de mejora continua) y de las tendencias y procesos logísticos sanitarios que existen.
- El tercer bloque introduce las herramientas de logística estudiadas a el ámbito sanitario en territorios alejados, en situación de combate. También se hace referencia a términos de necesario conocimiento como son, el concepto de medicina de combate; los niveles de asistencia médica; los mecanismos de lesión en combate; la evacuación aérea médica o la telemedicina desde territorio nacional.
- El cuarto bloque consiste en la aplicación de las herramientas expuestas con anterioridad a un supuesto despliegue, conformado por un pequeño contingente militar de Infantería de Marina a zona de operaciones, alejado del territorio nacional, debiendo transportar unas necesidades sanitarias mínimas. Los objetivos son: El análisis del contexto de la misión y sus factores condicionantes; el estudio de los datos históricos en otros conflictos militares en los que operasen las Fuerzas Armadas españolas; la evaluación de necesidades logísticas sanitarias (como de personal, material, organización o ciclos de almacén...)
- Finalmente, en el quinto bloque se extraen conclusiones y posibles futuras líneas de estudio, basadas en la aplicación de la filosofía *Lean*, nuevas técnicas de gestión logística y su aplicación en las Fuerzas Armadas de España.

2 ESTADO DEL ARTE: ANTECEDENTES DE CONOCIMIENTO NECESARIO

2.1 La salud del combatiente y la respuesta médica temprana. ETID 2020

Con el fin de contextualizar el objeto de estudio del presente Trabajo de Fin de Grado, destacaremos una de las líneas de investigación que se expone en el documento ETID (“*Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa*” 2020). Se promueve a las Fuerzas Armadas a lograr e impulsar la mejora continua en múltiples ámbitos tecnológicos y científicos de los diferentes Ejércitos de España.

2.1.1 Situación actual, misión I+D+i del Ministerio de defensa

La política de I+d+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) del MINISDEF pretende llegar a una serie de objetivos generales que se regulan en una Orden Ministerial 60/2015, promulgada el 3 de diciembre. El marco de esta política debe ampararse en todo momento en la EECTI (*Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027*). El objetivo principal es impulsar el desarrollo de las capacidades tecnológicas. De esta manera, el Ministerio de Defensa y las Fuerzas Armadas podrán dotarse de sistemas, equipos, métodos y procedimientos de actualidad. Todos estos avances tecnológicos deben ser implementados y aprovechados para potenciar las capacidades militares y garantizar el éxito operativo.

Es por esto por lo que podemos resumir esta política en dos objetivos principales:

- i. Buscar soluciones tecnológicas actuales para lograr desarrollar las capacidades militares como ventaja operativa.
- ii. Conformar la base tecnológica que permita la correcta práctica de las capacidades militares de las Fuerzas Armadas.

La visión de la política es poder dotar de la capacidad de obtener resultados a partir de la investigación y a su vez actuar en los ámbitos tecnológicos. Es decir, que aquellos resultados obtenidos puedan integrarse, dando así resolución a aquellas necesidades tecnológicas de la actualidad y retos del futuro. Para lograr estos objetivos es vital conocer el estado del que se parte, y todos los condicionantes externos e internos o aquellos que puedan resultar un impedimento para lograr una meta. Por ello se prestará una especial atención a: el desarrollo de las capacidades militares; la aplicación de nuevas tecnologías; y las líneas de investigación y desarrollo de la defensa. A su vez habrá que tener en cuenta dos marcos condicionantes de las actuaciones del proyecto, como el temporal, que determina un plazo de seis años empezando a contar a partir del “*Presupuesto General para el 2021*”; y el financiero, siguiendo la programación que se plantea en el OCM (Objetivo de Capacidad Militar) y el OFLP (Objetivo de la Fuerza a Largo Plazo). [1]



Figura 2-1 Portada documento ETID 2020 (DGAM) [1]

En resumen, la búsqueda de soluciones irá enfocada directamente a subsanar debilidades y vulnerabilidades; combatir nuevas amenazas y riesgos y actuar en un contexto variable y complejo. De esta manera se presenta la necesidad de dotar de nuevos sistemas a las Fuerzas Armadas, tanto a nivel político como operativo. Debemos tener en cuenta que, los conocimientos y avances tecnológicos que surgen en el ámbito civil son fácilmente accesibles, pudiendo suponer una ventaja para las agrupaciones terroristas o enemigas.

La actuación debe llevarse por dos vías simultáneas, una de ellas con objetivo de promover el desarrollo de tecnologías e investigaciones avanzadas, aunque éstas impliquen partir desde un escenario de incertidumbre y con un alto riesgo de fracaso, consiguiendo una mayor proyección a largo plazo. A su vez, poder aprovechar aquellas otras innovaciones en maduración, que podamos adaptarlas a un uso militar en un plazo corto o medio, como, por ejemplo, con las nuevas tecnologías y técnicas emergentes usadas en el ámbito civil. [1]

2.1.2 Directrices y actuaciones

Las directrices se basan en 3 pilares que sustentan la política de investigación, desarrollo e innovación. Estas bases consideran: La búsqueda de la mejora continua, la persecución de los objetivos tecnológicos y la cooperación de todos los sistemas. Estos principios sirven de sustento a todas aquellas actividades, proyectos y actividades enfocadas en lograr los objetivos de la Política de I+D+i. En el desarrollo del documento, se definen una serie de líneas de actuación. Éstos a su vez se podrán dividir en subáreas, abordando los retos tecnológicos de mayor interés. Existiendo relaciones entre las subáreas y los ámbitos de actuación.

Uno de los pilares más importantes, es el de la mejora continua, basado en la búsqueda de iniciativas de mejoras internas, externas y de los procesos. De esta manera, se pretende lograr todos aquellos objetivos que se exponen en el ETID. Si tenemos en cuenta tanto la financiación de los proyectos, la integración con organismos internacionales y su posterior ejecución, se lograrán las mejoras que persigue esta Estrategia.

Para el estudio que se aborda en el presente TFG, se centrará en el área desarrollada en el noveno, relacionado con *el Combatiente*. Dentro de éste área la subárea 9.3.1, que expone las necesidades de *Respuesta médica temprana*, y en concreto en el apartado aquella correspondiente a *la Salud del combatiente*. Se expone en esta sección del documento la necesidad prioritaria de búsqueda de herramientas y metodologías para personas que, aun careciendo de los conocimientos médicos necesarios, puedan realizar una actuación sanitaria eficaz y temprana “*in situ*”, de manera que aumente la supervivencia de los combatientes, heridos en zona de operaciones y se garantice su estabilización, al

producirse lesiones en el transcurso de las operaciones militares. Además, el estudio de posibles soluciones de evacuación y traslado en zonas de difícil acceso, de manera que se asegure la supervivencia y las mejores condiciones posibles para las víctimas, y su posterior atención en centros médicos. Se pretende estudiar la viabilidad del empleo de la telemedicina en determinados casos, como cuando no sea viable el traslado o se carece de los conocimientos necesarios en zona de operaciones. Para finalizar se considera el estudio de los mejores medios y dispositivos como instalaciones modulares para realizar asistencia sanitaria en zona de operaciones (ROLE 2). [1]

En definitiva, se pretende abordar la mejora de la eficiencia y la eficacia de la logística en cuestión de sanidad. En concreto, en aquellas zonas de operaciones donde el contexto es muy variable y la capacidad de reacción es vital para la supervivencia de las víctimas. Tanto para el caso de una evacuación en una zona de difícil acceso, como para la gestión de dispositivos médicos desplegados (ROLE 2 o ROLE 1). Además, estudiar que material es necesario desplegar en cada caso, para lo cual es necesario un correcto y exhaustivo estudio de los parámetros del contexto de la operación. Todo ello en base a los conocimientos de logística actuales y trasladarlos al ámbito sanitario en combate.

2.2 Introducción de variables para obtener eficacia en la gestión logística.

A continuación, se expondrán aquellas técnicas y variables que son de necesario conocimiento para la posterior aplicación a el ámbito de la Sanidad Militar en despliegue:

2.2.1 Previsión de la demanda.

Para entender el concepto de previsión de la demanda es necesario definir este término. Puede considerarse como: *“el volumen total de compras realizado por una determinada categoría de clientes en un lugar y en un período dado para unas condiciones de entorno determinadas y un esfuerzo de marketing definido con anterioridad”*. La demanda se puede dividir en 3 dimensiones, las cuales son el producto, el tiempo y el grupo de compradores. [2]

Un proceso de planificación comercial podríamos definirla como: *“El conjunto de actividades destinadas a proporcionar estimaciones cuantitativas o cualitativas de las ventas futuras de la empresa con objeto de ser utilizadas en los procesos de decisión y planificación”*. La intención de la previsión de la demanda es reducir la incertidumbre y esto se consigue mediante la correcta planificación y decisión. [2]

Debemos tener en cuenta que no existe ningún método infalible para prever la demanda, pero es preferible una previsión una predicción mala que aquella inexistente y proporcionará las herramientas para comenzar una planificación. La planificación incluirá todos los departamentos de una empresa o un proceso y a raíz de una ésta podemos organizar los aprovisionamientos. Una buena previsión de ventas estará directamente relacionada con las necesidades de personal y el aprovisionamiento, que, a su vez, ayudarán a decidir los niveles de stock. De esta manera estimaremos las necesidades financieras.

Existen dos tipos de previsiones: las previsiones cuantitativas (basadas en modelos matemáticos), que utilizan datos históricos o variables causales, y las previsiones cualitativas (basadas en la intuición y experiencias de la persona que toma decisiones). Los métodos cualitativos son utilizados cuando la situación no es clara y tenemos pocos datos históricos; requieren de intuición y experiencia y son utilizados cuando los productos son nuevos o estamos ante una nueva tecnología. Los métodos cuantitativos son empleados en situaciones estables, en las que se poseen antecedentes históricos, de modo que se pueden usar técnicas matemáticas, ya que se basan en experiencias pasadas de otros productos existentes y con tecnologías conocidas actuales. En cambio, las técnicas cualitativas se basan en las opiniones humanas y presentan mayor grado de subjetividad. Es por ello que se destacan entre las opiniones de expertos, las siguientes técnicas:

- *Brainstorming* o tormenta de ideas. Usa el poder creativo de las personas que conocen acerca de un tema, generando ideas de forma ordenada.
- Método *Delphi*. Es un proceso de aprendizaje interactivo, pero en este caso los expertos no tienen comunicación entre ellos. Estos responden un cuestionario que es recogido y analizado por un moderador posteriormente, hasta llegar a un resultado consensuado y homogéneo.
- Los estudios de mercado. Estos se basan en datos recolectados por encuestas o entrevistas. Se suele usar la analogía histórica para predecir ventas de productos similares a otros vendidos anteriormente, es decir, se compara con un caso similar.
- Los informes de vendedores. Los cuales obtienen la experiencia de la fuerza de ventas para predecir ventas en un futuro, aprovechando la utilidad del conocimiento y la proximidad al cliente de los vendedores. [3]

Aunque las técnicas cualitativas de previsión presentan la ventaja de ser capaces de anticiparse a los hechos futuros, poseen una enorme inexactitud, ya que la inherente subjetividad de las personas puede inferir en errores. A su vez, el número de previsiones que una persona puede realizar es muy limitado.

Los métodos cuantitativos surgen del estudio de datos históricos y en la hipótesis de que los factores que condicionaron el pasado van a seguir siendo válidos en el futuro. Existen dos tipos de métodos cuantitativos de previsión: Los modelos de series temporales, que se basan en el uso de datos de demanda pasada para predecir una demanda futura; y los modelos causales, que suponen que la demanda está relacionada con algún factor subyacente en el entorno. Ambos métodos funcionan mediante relaciones causa-efecto.

Una serie temporal es una secuencia cronológica de observaciones de una variable determinada y presenta 3 componentes:

- La tendencia, que es el patrón de cambio de una serie histórica a lo largo del tiempo. Pueden describirse mediante rectas o curvas y suelen producirse por cambios en la población, de precios, tecnológicos o de los ciclos de vida de los artículos.
- La estacionalidad, que son aquellos patrones de oscilaciones periódicas y regulares que son recurrentes en el tiempo. Son movimientos anuales que se repiten año tras año y están influenciados por el clima, días festivos, estaciones del año, etc.
- Las variaciones irregulares. Son aquellos eventos que no son previsibles, presentan intermitencia. Por ende, estos casos suponen el mayor inconveniente de estudio de la demanda, ya que son despuntes no esperados que comprometen el sistema, debiendo ser capaces de suplirse en caso de su aparición.

Dentro de los modelos de previsión se interpretan datos de series conocidas con el fin de realizar predicciones de la demanda en un futuro. Cuantas más componentes se estudien mediante la técnica empleada, mayor complejidad de ésta y mayor exactitud del resultado de previsión que se busca:

COMPONENTES CONSIDERADOS	TÉCNICAS ÚTILES
Variaciones Irregulares	Medias y Alisado Exponencial Simple
Variaciones Irregulares + Tendencia	Alisado Exponencial con Tendencia
Variaciones Irregulares + Tendencia + Estacionalidad	Alisado Exponencial con Tendencia y Estacionalidad
Variaciones Irregulares + Tendencia + Estacionalidad + Relación entre ellos	Regresión Lineal

Tabla 2-1 Componentes de previsión de la demanda y sus técnicas [4]

A continuación, se muestran de modo detallado las principales técnicas:

La media aritmética es una manera de estimar considerando todos los datos históricos disponibles, esta variable no refleja las variaciones de tendencia, pero amortigua bien las variaciones aleatorias. Se produce un equilibrio entre periodos de alta demanda con los de baja.

$$p_{t+1} = \frac{1}{t} [d_1 + d_2 + \dots + d_t] = \frac{1}{t} \sum_{i=0}^{i=t} d_i$$

La media móvil simple, considera un número fijo de periodos de los cuales tenemos registro histórico, la ventaja es que a mayor número de periodos “n” conseguimos uniformizar las variaciones irregulares. Si la muestra presenta tendencia, aumenta el desfase.

$$p_{t+1} = \frac{1}{n} [d_t + d_{t-1} + \dots + d_{t-(n-1)}] = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{i=n-1} d_i$$

La media ponderada móvil, que permite asignar distintas importancias a los datos en función de su antigüedad, asignándole un peso a cada elemento “ c_i ”. Lo normal es que los datos más recientes tengan mayor peso que aquellos del pasado, el problema es conseguir determinar qué pesos usar en cada caso. “ c_i ” debe calcularse teniendo en cuenta la experiencia y la simulación.

$$p_{t+1} = \sum_{i=0}^{i=n-1} c_i d_i$$

$$\sum c_i = 1$$

El alisado exponencial simple es una técnica de previsión de media móvil ponderada, de manera que las ponderaciones disminuyen exponencialmente; ponderamos los datos más recientes con los mayores coeficientes. El principal inconveniente del alisado exponencial simple es que necesitamos una previsión inicial y determinar la constante de alisado apropiada α , la cual es arbitraria, y tomará valores entre 0 y 1.

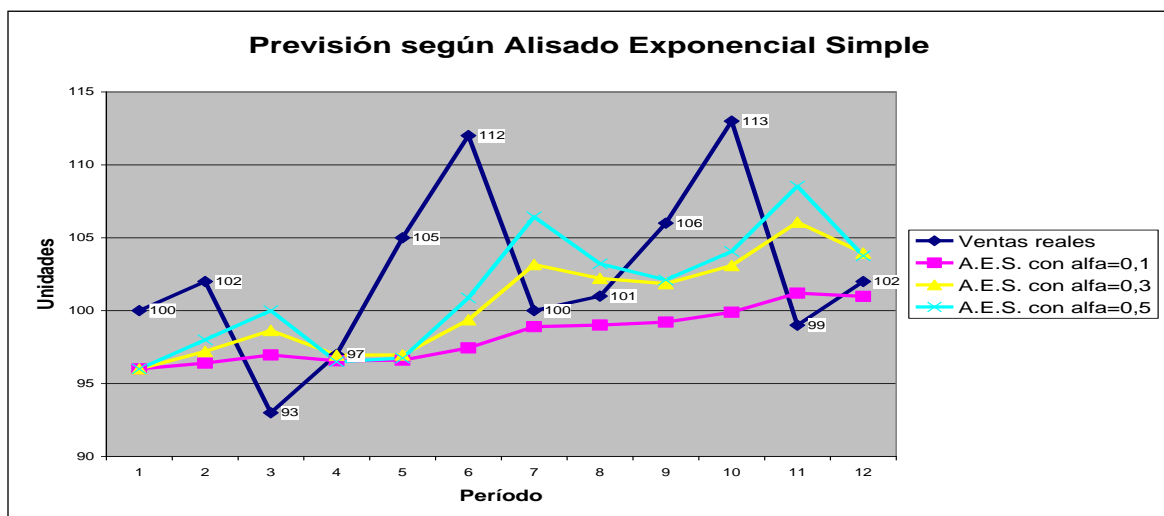


Figura 2-2 Ejemplo previsión Alisado Exponencial Simple [2]

Se calcula de manera simulada o en base a una experiencia, aunque el alisado exponencial simple es un método que amortigua bien las variaciones aleatorias. Se necesita una previsión inicial “ p_t ”. No responde bien a cambios de tendencia ni a variaciones estacionales. [3]

Como podemos observar en la figura, el alisado exponencial simple proporciona amortiguación a las variaciones que presentan gran aleatoriedad, a su vez la tendencia de los datos de subida y bajada de la demanda provoca que la previsión vaya a remolque de los datos reales.

Alisado Exponencial con Tendencia, se utiliza en aquellos casos en los que la variación del alisado exponencial simple presenta una tendencia lineal. Se debe sumar la Tendencia alisada exponencialmente “ T_t ” a la Previsión alisada exponencialmente “ P_t ”, utilizaremos α ya conocida, y β como constantes de tendencia, “ T ” representa la tendencia estimada y “ F ” la previsión de un periodo determinado “ t ”, “ A_t ” es el promedio atenuado exponencialmente en un tiempo “ t ”.

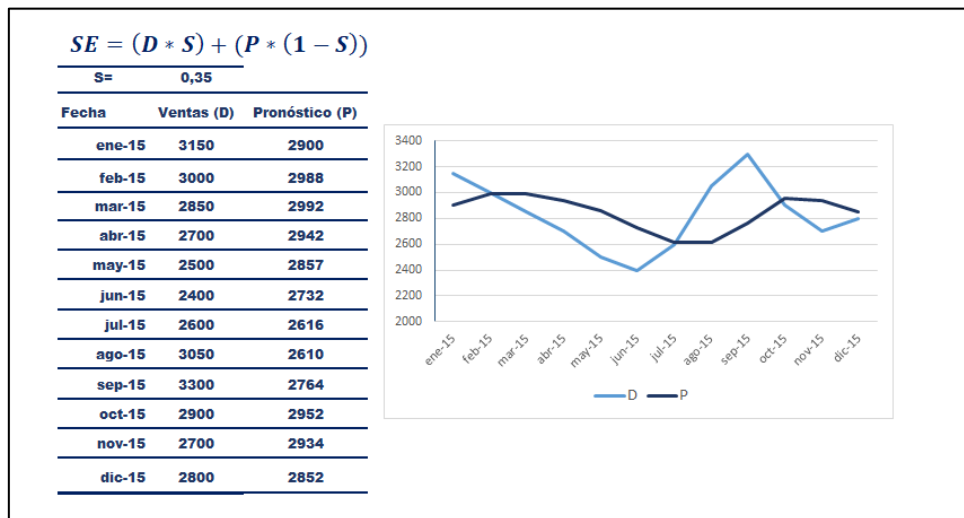


Figura 2-3 Ejemplo Gráfico Alisado Exponencial con Tendencia [39]

Como podemos observar en la gráfica, la técnica del Alisado Exponencial con Tendencia permite obtener una ecuación lineal en base a datos reales históricos de demanda concretos.

La regresión lineal, esta técnica que muestra relaciones lineales entre variables dependientes e independientes, se genera una ecuación calculada mediante el método de los mínimos cuadrados. Es decir, se minimiza la suma de los errores cuadrados, generando una línea de tendencia de una serie observada. A partir de los datos obtenidos en demandas pasadas se calcula la pendiente, qué será el modo en el cual varía el eje y en función de cada unidad de x , a su vez el corte en el eje de ordenadas es obtenido como el valor medio del eje y cuando x sea igual a cero. Mediante esta técnica, se busca obtener la función de aproximación a una nube de puntos.

Se debe sumar la Tendencia alisada exponencialmente “ T_t ” a la Previsión alisada exponencialmente “ P_t ”, utilizaremos α ya conocida, y β como constantes de tendencia.

El promedio atenuado exponencialmente:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

Tendencia alisada exponencialmente:

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

La previsión de un periodo determinado:

$$F_{t+1} = A_t + T_t$$

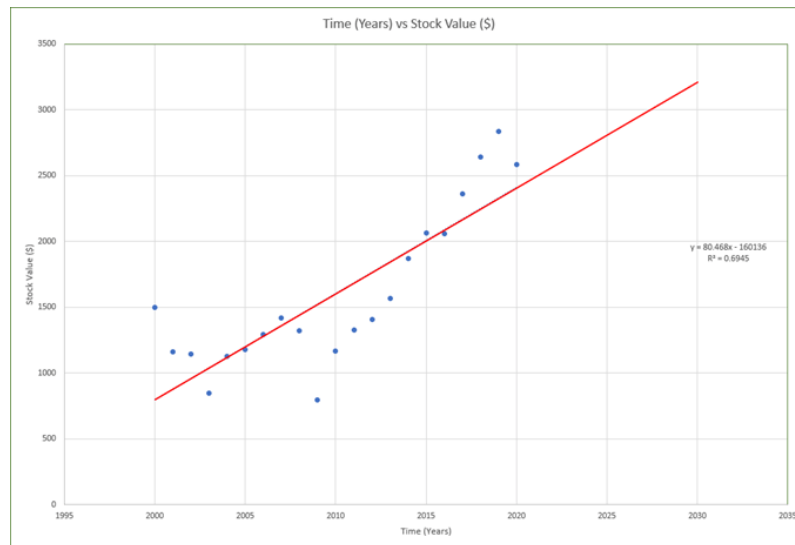


Figura 2-4 Gráfico regresión lineal mostrando línea de tendencia Excel [Elaboración Propia]

La figura muestra gráficamente como en base a datos aleatorios, es posible obtener una ecuación que muestre la tendencia de la serie, calculado con mínimos cuadrados. Las expresiones necesarias para obtener la línea de tendencia se calculan de la siguiente manera: [3]

La ecuación de la recta:

$$Y_i = a + bx_i$$

La covarianza:

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum x_i y_i - \bar{x} \bar{y}$$

La varianza:

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2$$

Relacionando la covarianza y la varianza, podemos obtener el valor de la pendiente de la recta como:

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2}$$

El corte con el eje Y, lo denominaremos como a:

$$\bar{y} = b\bar{x} + a$$

2.2.2 Principios y herramientas de gestión Lean

Lean manufacturing o la producción ajustada fueron términos que aparecen en el siglo XX. Los americanos, James P. Womack y T. Jones del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), tras estudiar de forma exhaustiva las mejores empresas japonesas del mundo, consiguieron comprender su gran éxito.

Es así como descubrieron una nueva forma de gestionar los procesos que generaba excelentes resultados esta forma de gestión se usó posteriormente en la empresa Toyota. *Lean manufacturing* fue mencionado por primera vez en el libro “*the Machine that change the World: the story of light production*”; este libro se consiguió recopilar ejemplos e información sobre los sistemas de producción

en la empresa Toyota, la cual, hoy en día, se reconoce como la creadora del sistema de producción *Lean*. Además, es conocido como sistema de producción de Toyota (TPS).

El sistema TPS comenzó en los años 50, de mano de Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, considerados como los padres de esta filosofía. En una época en la que el sistema de producción era rígido y de grandes cantidades, se aplicó un sistema más simple en el cual solo se produce aquello que se demanda y en el momento en que el cliente lo necesita.

Caben destacar los fundamentos de SMED (*Single Minute Exchange of Die*), aportados por un ingeniero de Toyota, con los que se buscaba reducir tiempos de preparación de maquinaria al mínimo posible. Tras el paso de 60 años más, sigue siendo reconocida como una filosofía empresarial aplicada a nivel mundial. Toyota se convirtió en líder mundial en el sector del automóvil y a lo largo del tiempo el modelo de gestión fue enriqueciéndose, adhiriéndose a él multitud de empresas del sector del automóvil y más adelante, otros sectores. Una cuarta parte de las fábricas de Estados Unidos y Europa siguen la filosofía *Lean*, como en la fabricación de electrodomésticos, electrónica y el sector del automóvil.

Podemos definir esta filosofía de producción como producción ajustada, su objetivo busca el máximo aprovechamiento de los recursos, generando los mínimos desperdicios. De manera que en todo momento identifica actividades que no aportan ningún valor o que consumen recursos innecesarios. Así logra eliminarlas o en su defecto reducirlas lo mínimo posible. Debemos destacar que Toyota consiguió una enorme expansión mundial y en 2012 se convirtió en el primer fabricante del planeta. Esta mejora se debe gracias a la correcta aplicación del concepto *Lean manufacturing* y a su sistema de producción ultra eficiente, eliminando todo tipo de “desperdicios”, en base al principio de la mejora continua. Hoy en día, esto sigue siendo estudiado e imitado en todo el mundo por universidades y empresas.

Existieron diferentes responsables del conocido TPS o sistema de producción Toyota, éstos aportaron técnicas y conocimientos que lograron depurar y mejorar el sistema. Las principales herramientas que posee la filosofía *Lean*, y que permiten aplicarlas son:

- i) La producción “*justo a tiempo*” o JIT, que pretende entregar al cliente lo que quiere en el lugar y momento adecuado.
- ii) La concentración en el valor para el cliente, que pretende eliminar cualquier forma de desperdicio o aquello que no añade valor al producto
- iii) La estabilización del flujo, que se basa en operar a una máxima estabilidad de flujo, es decir una producción nivelada equilibrada y sincronizada dejando atrás la mentalidad de operar a máxima velocidad, (que presentaba la producción en masa) de esta manera se pretende generar lotes pequeños, con mayor transformación física y que fluyen de forma constante.
- iv) Los inventarios mínimos, utilizando el sistema *Kanban*.
- v) El sistema de órdenes de trabajo *pull*, que significa de atrás para adelante, permite crear lotes pequeños de producción ya que estos dependen directamente de la demanda. Se busca aumentar la frecuencia de pedidos y reducir el tamaño de los lotes.
- vi) Reducir los tiempos de cambio de útiles SMED, disminuye los lotes de transferencia de forma proporcional, manteniendo la rentabilidad mínima esperada.
- vii) La confianza en las personas, disponer de trabajadores flexibles y polivalentes que puedan desarrollar sus facultades al máximo, estos trabajadores pueden trabajar en diferentes puestos de manera rotativa, adaptándose de forma flexible a las variaciones de producción. Esto contribuye a la mejora continua o *Kaizen*, ya que se aprovecha la experiencia del trabajador y sus posibles sugerencias.
- viii) Dispositivos anti-error, *Poka-Yoke*, elementos sencillos que participan en el círculo de calidad, eliminando el error humano.

- ix) La estandarización del trabajo, los operarios considerados como verdaderos especialistas deben conocer los estándares de forma rigurosa y precisa. De esta manera serán capaces de transmitirlo a otros trabajadores.
- x) La relación con los proveedores, una mayor flexibilidad crea vínculos de ayuda mutua y estrecha entre proveedores, de manera que éstos cooperan con la empresa generando contratos de largo plazo. Consigue un acercamiento e integración de una industria auxiliar con los ensambladores finales.
- xi) El uso selectivo de la automatización, *Yudoka*, se basa en adquirir maquinaria polivalente, es decir que puedan realizar diversas funciones, aunque es vital seleccionar muy bien qué automatizar para mantener la estabilidad del flujo de materiales.
- xii) La gestión visual permite conocer el ritmo de producción y los problemas por observación de señales visuales que puede ser mediante luces o letreros LED gráficos, estos se denominan *Andon*.

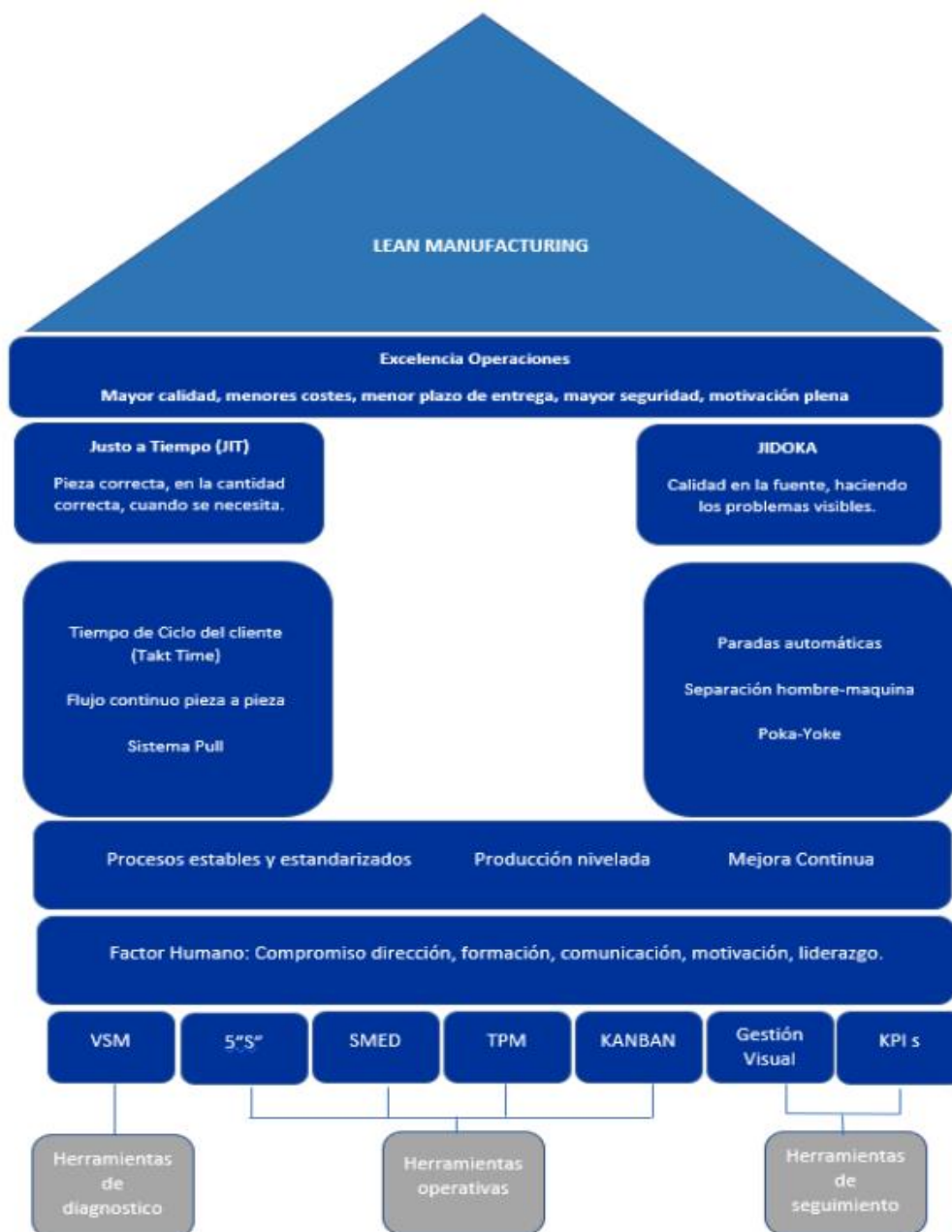


Figura 2-5 Estructura Sistema Lean [5]

Lean Management posee como principal instrumento de productividad el comportamiento definido como “*Just in time*”, donde la demanda activa la fabricación, es imposible construir un flujo estable en un proceso productivo, si no logramos estabilizar la calidad de éste y hacerla predecible. En definitiva, se basa en la filosofía de “*Si no lo puedo vender, no lo fabrico*”, pues queremos un sistema en el cual la producción sea empujada por la demanda y encontrar la armonía. [5]

Por ello es vital estimar una buena previsión de la demanda e identificar todas las actividades que realiza la empresa que consumen recursos y no aportan valor al cliente necesitamos reducirlas o eliminarlas. Esta es la base de la filosofía Lean, si logramos eliminar los desperdicios, reduciremos el tiempo de los procesos. Esto logrará reducir al mínimo los inventarios y por consiguiente llevar al mínimo los stocks, los defectos y las averías. Para la resolución de problemas una técnica fundamental es la creación de grupos *Kaizen*, estos son equipos formados por personas de diferentes niveles de responsabilidad y de distintos departamentos, los cuales, mediante herramientas de análisis y resolución de problemas, buscan la eliminación de desperdicios. Los grupos multidisciplinares permiten gestionar todo el conocimiento global de la organización, se fundamentan en el principio: “*la situación actual nunca es la mejor de las posibles*” [4] y bajo esta mentalidad buscan las posibles mejoras para la empresa. Buscamos los problemas, los detectamos y los corregimos de manera que consigamos mejorar la situación actual.

La estandarización de las operaciones implica realizar determinadas operaciones de forma concreta y en un tiempo mínimo. Las pautas están establecidas y los resultados son los mismos, de esta manera conseguimos reducir la variación en un proceso. Para estandarizar operaciones se debe haber reducido el desperdicio y asegurar unas condiciones óptimas de producción.

Los pilares del sistema Lean ayudan a conocer diferentes herramientas que mejoren los procesos, optimicen tiempos, aumenten la rentabilidad y agreguen valor. Son tres pilares fundamentales:

- i) Primer pilar: Mejora continua (*Kaizen*), consiste en cambiar para mejorar, tanto en el ámbito personal como material. Se basa en la lucha constante contra los desperdicios que generan los trabajos, involucra a todos los trabajadores de todos los sectores. Se considera el impulsor y clave del éxito del sistema *Lean*.

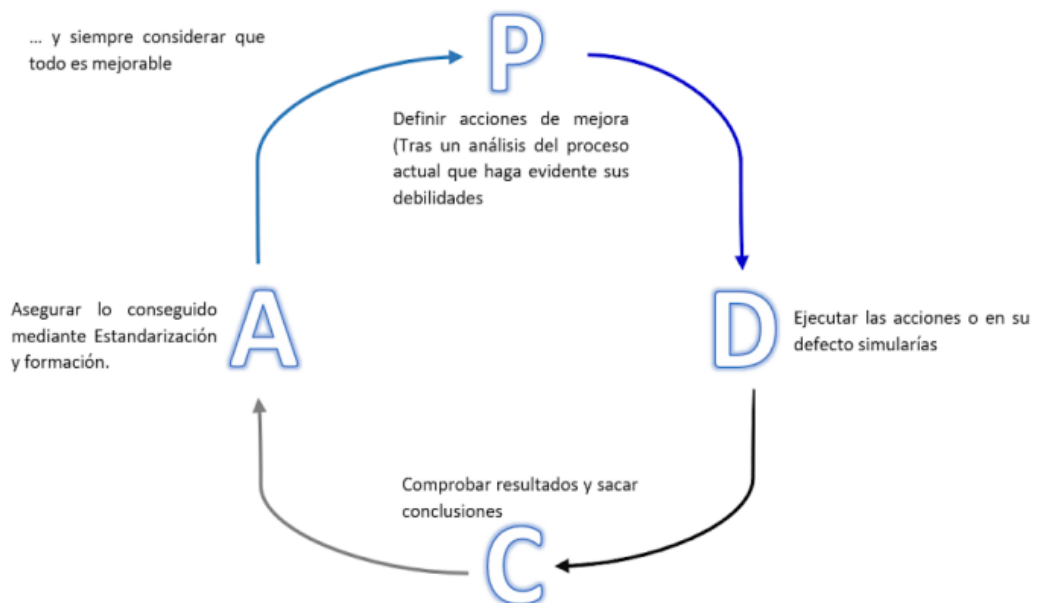


Figura 2-6 ciclo PDCA [3]

- ii) Segundo pilar: Control de la calidad, es el seguimiento exhaustivo de procesos en una empresa, mejorando calidad y servicios. El objetivo es incrementar la satisfacción de clientes. Para ello es necesaria la implantación de programas, mecanismos, herramientas, técnicas que mejoren la calidad, las denominadas Técnicas de Calidad (TQM) que incluyen: inspecciones de operarios, aplicación del *6 Sigma*, su enfoque se basa en la mejora de la satisfacción del cliente, reducir tiempos de ciclo y defectos; análisis PDCA (Plan, Do, Check, Act). (Figura 2-6) [5]
- iii) El tercer pilar: JIT, Taiichi Ohno desarrolló este sistema ya descrito anteriormente, cuyo objetivo es el de implementar el sistema productivo “*pull*”, realizando lo necesario en la cantidad y momentos adecuados, reduciendo así el espacio y coste asociado a inventarios. [6]

2.3 Gestión de stocks

2.3.1 Inventarios y aprovisionamientos

Caben destacar las decisiones tácticas de gestión de existencias y sus funciones. Estas decisiones permiten una correcta planificación del trabajo, gestionar los inventarios y a su vez planificar correctamente la producción. Todo conjunto de materiales almacenados en espera de su próximo uso o demanda es lo que comúnmente conocemos como inventario, stock, existencias... Planificar, organizar y controlar los inventarios es la base de la gestión de éstos. El objetivo es el de equilibrar y optimizar lo que se invierte en ellos, con un buen servicio al cliente o consumidor final. Su existencia se debe a:

- i) Equilibrio entre suministro y demanda.
- ii) Protección frente a la incertidumbre.
- iii) Protección frente a subidas de precios de las materias primas.
- iv) Desacople de las diferentes partes de un proceso.

El principal problema de los inventarios es que son capaces de ocultar ineficiencias básicas, es por ello por lo que el principal objetivo de la filosofía *Lean*, es el de reducir los inventarios al mínimo indispensable de manera que todas aquellas ineficiencias salgan a relucir y poder solventarlas. Las ventajas que ofrecen los inventarios son, entre otras, evitar que fluctuaciones de demanda produzcan escasez de suministros; evitar desequilibrios de procesos de producción; conseguir una mayor flexibilidad productiva; evitar quiebras de stock; mejorar el servicio al cliente y poder utilizarse como arma competitiva. El lado negativo de éstos es el alto coste por inmovilización de recursos financieros, el coste de depreciación y la pérdida de valor.

El control de los stocks es una herramienta necesaria, por lo que debemos mantener un control continuo de cantidades existentes, a poder ser de forma automatizada e informatizada. De esta manera, con lectores de códigos de barras, ordenadores y sistemas de transmisión podemos controlar en todo momento las existencias (o bien realizando revisiones periódicas).

La fiabilidad de inventario es la seguridad que tenemos de tener en almacén un determinado artículo. Y la fiabilidad de proveedores, que es aquella seguridad de disponer de artículos provistos externamente, esta fiabilidad determinará el Stock de Seguridad.

Existen técnicas de gestión muy útiles como el “sistema ABC”, basado en la “ley de Pareto” o del “80/20”. Con esta técnica en función del tipo de artículo se gestiona de forma diferente, asignándoles una categoría A, B o C:

Dentro de la categoría A se encuentran aquellos artículos catalogados como muy importantes y que suponen alrededor de un 15-20 % del total de los artículos, pero a su vez representan el 80% del valor total del stock, suelen ser costosos y de alta importancia en relación con el valor monetario total del stock. Necesitan de un control mucho más preciso y continuo. Los artículos catalogados como tipo B son aquellos de stock medio-alto, son una representación del 15% del valor total del stock, y entre un 20-40% del total de los artículos. Presentan una alta fiabilidad de stock. Los artículos catalogados como

tipo C son aquellos que representan el 5% del valor total de stock, y sobre el 60% de la totalidad de artículos. Para este caso hay gran cantidad de unidades por lo que la fiabilidad de los stocks es muy alta, los gastos de administración son muy bajos, pero se debe tener precaución debido a que, al disponer de cantidades elevadas, el problema puede ser la obsolescencia.

Una vez clasificados los artículos establecemos los niveles de control adecuados para cada grupo, aportando mayor número de controles a los artículos A y disminuirlos para los B y C respectivamente. Es posible que existan artículos críticos, que, aunque por el volumen monetario deberían ser considerados como C, son considerados A ya que su carencia produciría una ruptura del Stock. [2]

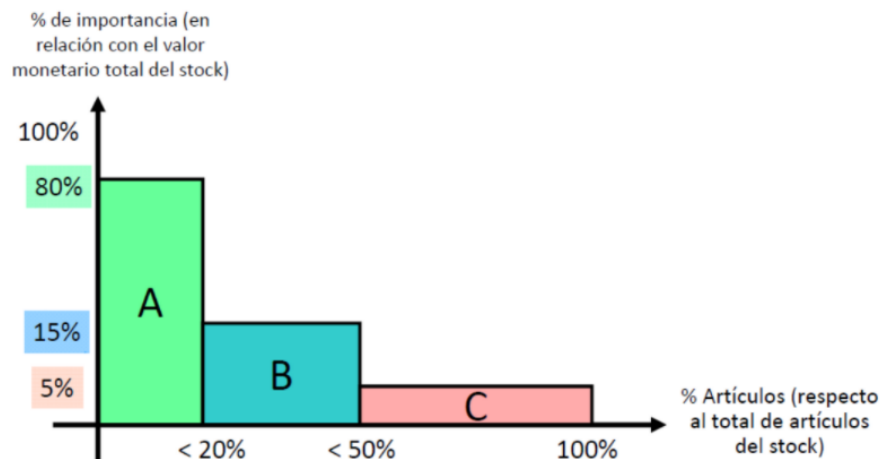


Figura 2-7 Clasificación stock ley de Pareto [2]

Es importante evaluar la gestión de los stocks de los inventarios, ya que éstos influyen directamente en las decisiones monetarias de la organización. Debemos lograr un correcto equilibrio entre la circulación de stock y la demanda que se genera a corto plazo, para garantizar el aprovisionamiento y la sostenibilidad del ciclo.

Definimos:

- La tasa de renovación es el indicador que expresa la permanencia de los artículos en forma de stock, su valor depende de la empresa, no tiene por qué ser catalogado como una tasa correcta o incorrecta, un mismo valor de este índice puede resultar bueno para un determinado negocio y malo para otros. Comúnmente se desea un valor alto, implica así que la inversión es asequible, bajo coste.
- Índice de rotación, es la relación entre el volumen de ventas y los artículos en el inventario, pudiendo expresarse el cociente empleando unidades o coste.
- El Índice de cobertura, constituye la inversa del índice de rotación, supone el tiempo invertido en que se emplea o consume todos los artículos de almacén sin que se realicen compras.

Aunque los conceptos son sencillos de comprender su cálculo resulta engorroso y difícilmente se logra calcular de forma precisa los inventarios medios.

2.3.2 Técnicas de gestión de stocks

El MRP, (*Material Requirement Planning*) es un sistema que ayuda a realizar un plan de producción y gestión de materiales, también puede conocerse como DRP (*Distribution Requirement Planning*) en el caso de almacenes. Este sistema no necesita de stocks, pero el plazo de entrega de los proveedores no puede superar la previsión de planificación de producción.

El SRC (*Sistema de revisión continua*) se basa en el control y actualización continua del stock y las existencias, de esta manera al comprobarse el nivel de este, teniendo definido para cada tipo de artículo

un punto de pedido (PP), solo cuando el nivel de existencias sea inferior a este punto, se procede a realizar un pedido de cantidad Q.

El SRP (*Sistema de revisión periódica*), es un sistema parecido al caso anterior, pero en esta situación el parámetro fijo es el periodo de revisión, el sistema revisa cada periodo definido de tiempo el nivel de inventario y procede entonces a realizar un pedido, en este caso es aquí la cantidad de pedido la que varía, de manera que siempre se tenga una cantidad máxima almacenada. Los sistemas SRP son muy útiles cuando el material del almacén posee tiempos de vida limitados, y por lo tanto al cumplirse las fechas los artículos deben ser repuestos en su totalidad.

Hoy en día también se implementan estrategias que mezclan estos sistemas SRP y SRC, en definitiva, todos son útiles y aplicables a los almacenes, la clave común de ellos es definir convenientemente los parámetros como son el punto de pedido, los periodos de revisión, las cantidades máximas de materiales.

2.4 Gestión de pedidos

Con relación a la gestión de pedidos se puede incluir todo tipo de actividad de recepción, aceptación, consulta y tratamiento de pedidos, a lo largo de su vida útil. El uso del sistema *front-end* se define como aquel que materializa las capacidades de una empresa o servicio en una utilidad o valor para el cliente, las subetapas de las que consta son:

- Recepción y prevalidación. Toda aquella tarea relacionada con recibir propuestas y se prevalece. Necesitamos comprobar que se disponen de los medios necesarios. Una propuesta validada se puede considerar un pedido. La prevalidación consiste en comprobar que el pedido presenta unos requisitos formales, como puede ser los datos del producto, cantidades... En caso de carecer de información, habría que contactar con el cliente y clarificarlo.
- Validar y registrar el pedido. Se tendrán en cuenta aspectos financieros como política de ventas de la empresa. El registro puede realizarse mediante una base de datos con información acerca de los pedidos, aunque este proceso puede realizarse en cualquier etapa es de utilidad hacerlo antes de consultar a las áreas sobre la posible cumplimentación del pedido, así el tráfico de información entre dependencias es más fluido.
- Contratación. Comprometer pedidos implica analizar fechas y cantidades con relación a la entrega, este concepto suele denominarse OP (*order promising*).
- Alta de pedido. Una vez se dé de alta un pedido hay que garantizar cumplimentarlo, si no existiesen existencias de ese producto final será necesario comenzar una actividad de producción o adquisición.
- Comprobar el pedido. Gracias a sistemas informáticos existe la posibilidad de acceder y comprobar el estado de los pedidos, permite comprobar si se están cumpliendo los tiempos concertados.

2.4.1 Modelos de gestión de pedidos

Con el objetivo final de cumplimentar las necesidades de los clientes, *order fulfillment*. Para considerar un pedido como finalizado debe haberse entregado y facturado, se almacenará como pedido activo o inactivo, y en caso que hubiera una reclamación del cliente puede reactivarse el pedido. [7]

La administración de inventarios tiene en cuenta una serie de variables como son: los puntos de reorden, cantidades a pedir, stock de seguridad y el *fill rate*. Podemos definir dos modelos:

Modelo EOQ (del Lote Económico), es el modelo de cantidad fija, es el más simple para gestionar los inventarios.

Dónde el Costo total de la Administración del inventario en un periodo t viene dada por la suma de:

i. Costo de la adquisición, es el coste de compra:

$$C_{adquisición} = \frac{D}{Q} S$$

ii. Costo de mantener Stock:

$$C_{stock} = \frac{1}{2} Q I$$

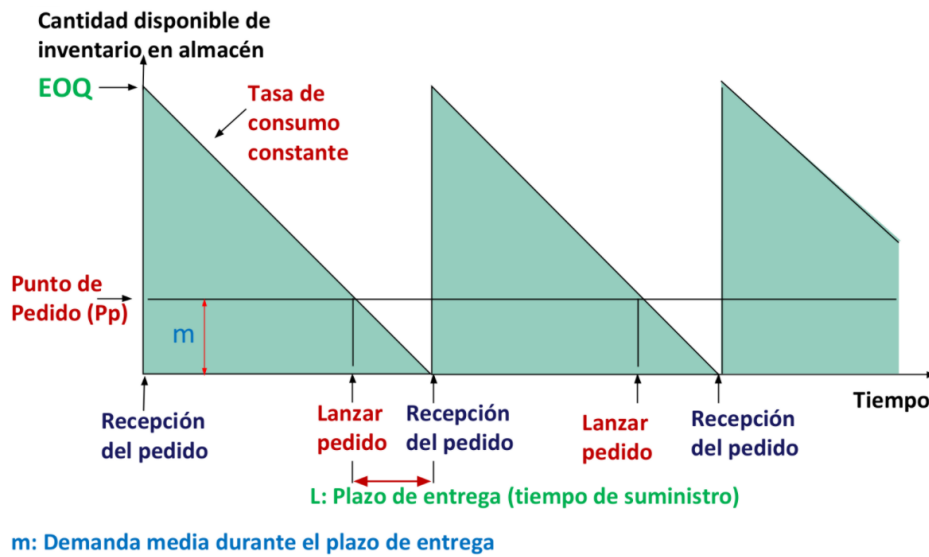


Figura 2-8 Gráfica de Unidades pedidas con respecto al tiempo. [9]

D: Demanda en un período (unidades/t).

Q: Cantidad de pedido.

S: Coste de realizar orden (\$/orden).

C: Costo unitario de compra (\$/unidad).

I: Costos de mantener stock (%/t).

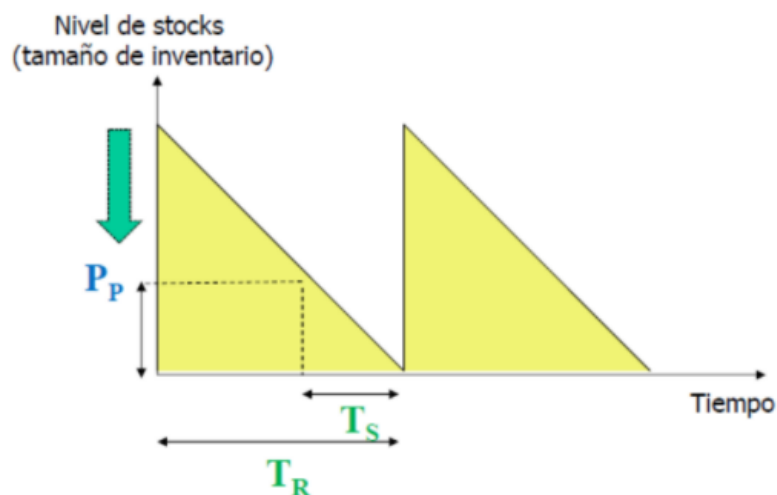


Figura 2-9 Gráfico Lote Económico (Nivel de stock-Tiempo) [9]

De esta manera el punto en el que coinciden el coste de poner la Orden de pedidos con el de mantener los inventarios me indica el EOQ, que será el tamaño de lote a ordenar (Q). Pudiéndose calcular como:

$$EOQ = \sqrt{\frac{(2DS)}{iC}}$$

Por ende, derivando la ecuación conseguimos minimizar los Costos Totales, obteniendo el lote óptimo de compra como:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

Y a su vez el número de órdenes de compra por cada pedido vendrá determinado por:

$$N^* = \frac{D}{Q^*}$$

Este modelo de inventarios es útil para demandas conocidas y constantes, no hay quiebras de stock, minimizando los costes. Se reciben los lotes de compra de cada periodo de tiempo determinado y las líneas de producción son únicas para cada producto. El stock es lineal, sin límites de espacio o financiación. Los artículos no vendidos en un periodo se pueden vender en el próximo. Existe un punto de reorden (PRO), es aquel punto que indica cuándo es necesario pedir una cantidad de productos (Q) de manera que teniendo en cuenta el *Lead Time* del proveedor, podamos seguir abasteciendo la demanda. [8]

$$PRO = DLt$$

En el caso del modelo de Revisión periódica, no se revisan los inventarios de forma continua, sino cada un periodo de tiempo denominado como R. En estos no existe punto de pedido, se va modificando las cantidades de pedido en función a la demanda, pero se mantiene fijo el intervalo entre pedidos (R). [9]

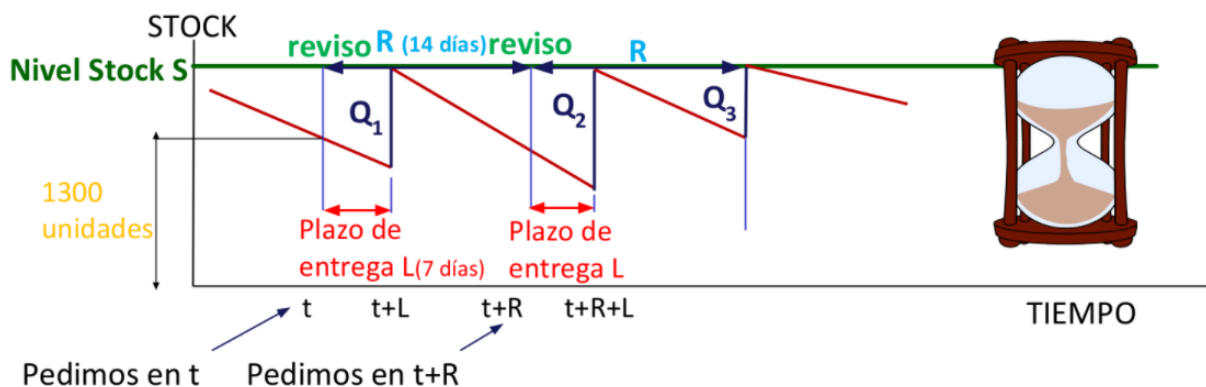


Figura 2-10 Ejemplo gráfica modelo de revisión periódica [2]

Al transcurrir el periodo de tiempo R, medido como fracción de año, se pedirá hasta abastecer el nivel S, que será un stock determinado en función del servicio que queremos ofrecer al cliente:

$$N^{\circ} \text{ de revisiones} = \frac{1}{R}$$

$$Q = D * R$$

Donde Q es el consumo en el plazo de revisión y D la demanda total anual.

El valor de S se establece de manera que cubre la demanda durante los plazos de entrega y periodos de revisión:

$$S = m' + SS'$$

Donde m' representa la demanda promedio (durante plazo de entrega y periodo de revisión) y SS' el stock de seguridad. [9]

A modo resumen la gestión de stocks se puede diferenciar:

SISTEMA DE INFORMACION	¿CUÁNDO PIDO?	¿CUÁNTO PIDO?
CONTINUO	Al bajar el stock del nivel punto de pedido Modelo EOQ	Cantidades constantes Q_{EOQ}
PERIÓDICO	Cada periodo de tiempo R (constante) Modelo R, S	Cantidades determinadas R + Plazo de entrega

Tabla 2-2 Comparación de modelo continuo y periódico. [9]

2.4.2 Procesos de gestión

El estudio del flujo de materiales o artículos es dependiente de la mano de obra o maquinaria, el sentido va desde un proveedor hasta su destino (el cliente), siguiendo una sucesión de fases. Estudiaremos como planificar o programar las necesidades de entrega, cumplimentar los planes de entrega, gestionar el stock y las operaciones dentro del almacén.

Existen casos de hospitales de tanta complejidad de especialidades, que necesitan centrales denominadas “de consignación”, cuya función es realizar la gestión y suministro de todos los materiales necesarios a los hospitales.

Los flujos pueden excluir algún paso y ser más específicos agregando valor final, como la técnica conocida como “*kitting*” de materiales médicos o ropas, consiste en el embalaje de materiales en forma de kit muy especializados, (como en una intervención quirúrgica concreta donde se conoce el material del cual se va a disponer en la operación), el *kitting* ayuda al personal sanitario a ganar tiempo y reducir el stock en los almacenes. Los kits son generados por personal sanitario gracias a listas definidas con anterioridad y dependerán de la operación a realizar. Pudiendo ser posteriormente esterilizados y reutilizados. Desde el quirófano se generan las necesidades de herramientas, estos pudiendo provenir de los almacenes de esterilizado o del almacén general, las necesidades hacen necesario el pedido de más material al proveedor.

Es posible la necesidad de SKU, *stop keeping units*, cuando existe gran diversidad de productos, sirven para acondicionar productos y almacenarlos, un ejemplo en el sector sanitario es en la preparación de dosis unitarias de fármacos prescritos por personal médico del hospital.

Para mejorar el rendimiento de recepción, se busca reducir al mínimo los stocks, esto simplifica las tareas de control de cantidades y registro de inventarios, llegando al cliente más fácilmente y con un menor coste.

A su vez, como ventaja competitiva destacamos el apoyo de la tecnología, la cual agiliza los procesos de logística y recepción. El RFID, comúnmente conocida como identificación por radiofrecuencia; es una tecnología útil para aplicar en mejoras de la gestión de suministros, inventarios, almacenes, etc.

Ofrece mejoras en la visibilidad del inventario, disponibilidad de productos, agilidad del sistema. RFID se basa en el uso de códigos de barras y radiofrecuencia, escanear los artículos mediante los códigos aporta una gran cantidad de datos, fiabilidad de los datos y su identificación. Cabe destacar la gran capacidad de integración que ofrece, a la vez que evitamos errores. [10] [11]

2.5 Herramientas *Lean Manufacturing*

Los principios de la filosofía Lean fueron usados por Womack por primera vez en 1990, pero no fue hasta los años 50 que se usaron y aplicaron a la empresa de Toyota de manos de Taiichi Ohno. *Lean Manufacturing* supondría todo un cambio de mentalidad y una revolución para las empresas que hoy en día se siguen nutriendo de esta filosofía como medio para lograr altos grados de eficiencia y eficacia en las mejores empresas, fábricas y organizaciones en el mundo. La filosofía se basa en dos pilares fundamentales, estos son:

- i. Fomentar la mejora continua, eliminando todo tipo de desperdicio.
- ii. Respeto, involucración y valor del trabajador.

2.5.1 Tipos de desperdicios

La persecución de la perfección en todo momento de manera que se logren los máximos resultados, realizando el mínimo número de actividades, únicamente aquellas necesarias. Para esta filosofía cualquier actividad que no aporta valor al producto final o al cliente se denomina desperdicio, se definen hasta 7 tipos de desperdicios, entre ellos pueden considerarse cualquier defecto de un artículo, la producción innecesaria, productos que se encuentran en espera, movimientos y transportes no necesarios, entre otros.

Para poder conocer que actividades no generan valor es necesario un estudio exhaustivo de todas las actividades, bien puede realizarse con el mapeado de procesos, establecimientos de filtros de calidad o de puntos de desacople, etc. El objetivo final es lograr un sistema de flujo continuo, con un justo nivel adecuado a la demanda, que aporten flexibilidad y una reducción en los errores en los procesos. La disciplina *Lean* considera tres tipos de mudas, denominadas como 3M que en japonés son la muda, la mura y el muri:

TIPOS DE DESPILFARROS	DESCRIPCIÓN
Sobreproducción	Fabricación/Abastecimiento excesiva
Tiempos de espera	Espera de maquinaria o personal.
Transporte	Traslados o documentos no necesarios.
Procesos	Operaciones que no aportan valor.
Inventario	Almacenamientos de material no necesario.
Movimientos	Poca eficiencia de trabajo.
Defectos	Procesos incorrectos.

Tabla 2-3 Descripción de los tipos de despilfarros [9]

- i) *Muda*, es todo empleo de tiempo de forma inútil.
- ii) *Mura*, son partes de la producción carentes de coherencia y regularidad.
- iii) *Muri*, considera la sobreexplotación de una maquina o trabajadores.

En 1985, Porter definió a su vez la “cadena de valor”, presentando una relación concatenada de las actividades principales y las de apoyo.

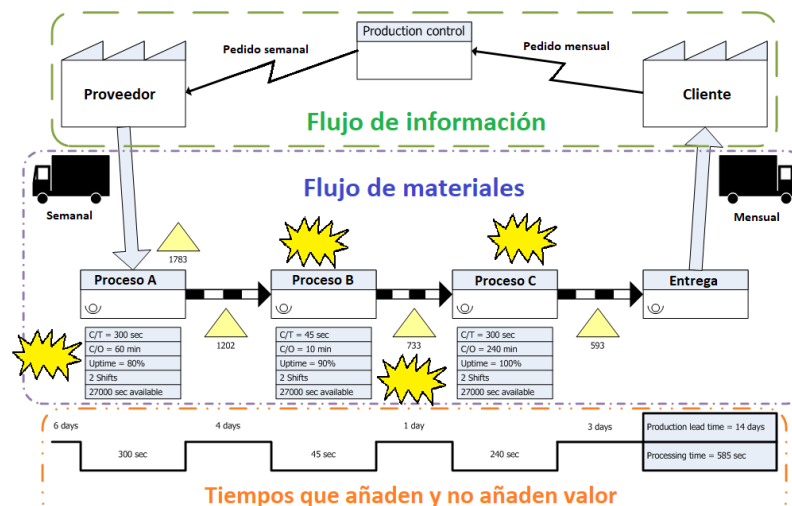
La calidad de servicio es una parte fundamental y crítica que se une al pedido y su suministro. Teniendo en cuenta principios *Lean* al entorno hospitalario debemos resaltar que no solo un buen servicio de los almacenes garantiza la calidad, sino la conjunción de buenas prácticas en los componentes previos a su emisión y los posteriores a su entrega. La calidad vendrá determinada también por sus características físicas, y otras que puedan ofrecer los productos.



Figura 2-11 Las tres estrategias genéricas (adaptado de Porter, 1980) [12]

Una de las herramientas más utilizadas para analizar que procesos o actividades no aportan valor al producto es el VSM (*Value Stream Mapping*) o también conocido como “diagrama de flujo de valor”. En estos diagramas se ven representados todos los procesos por los que pasa un producto, información y materiales. De esta manera, podemos analizar visualmente que procesos pueden ser optimizados.

En el desarrollo de productos, muchos departamentos trabajan con los mismos datos al mismo tiempo. Y hay muchos intercambios de interfaces en el trabajo de diseño. Gracias al mapeo de flujo de valor se puede ver de forma más simple como realizar los trabajos y en que parte de la cadena productiva se encuentra, observándose las oportunidades de mejora. El mapeo del flujo de valor del desarrollo de productos ha sido una técnica útil para ayudar a los equipos. El objetivo final del *Value Stream Map* de productos es visualizar dónde se está creando ese valor y dónde estamos bloqueados.



Tiempos que añaden y no añaden valor
Figura 2-12 Value Stream Map [5]

De esta manera, los principales componentes del mapa de flujo de valor de desarrollo de productos, empezando por el estado actual cuestionan: ¿Dónde estamos hoy? ¿Qué está pasando? ¿Y dónde están los retos? Lo más importante es crear un plan de acción para progresar desde el estado actual al estado deseado.

El mapa del estado actual es el punto de partida del proceso de mapeo del flujo de valor del desarrollo del producto. Antes de que se pueda hacer cualquier mejora, es necesario un entendimiento común de cómo se está haciendo el trabajo hoy. Por este motivo, cuando se empieza a ver cómo se hace el trabajo se comparte y compara, se identifican las conexiones en la cadena productiva. Cuando se conoce como se conectan todos los nodos, puede llegarse a entender dónde se crea el valor.

El mapa del estado futuro representa cual es la verdadera visión de hacia dónde se quiere ir con nuestro sistema de desarrollo de productos. Está diseñado para intentar sacar a relucir el talento de las personas y ayudarles a ser capaces de crear valor de la manera más eficaz posible. Un ejemplo de ello sería la creación de un posible estado futuro incorporando algunas de las prácticas de desarrollo de productos y procesos *Lean* para abordar los puntos débiles que identificaron en su estado actual. [13]

Los principios de la filosofía *Lean* fueron usados por Womack por primera vez en 1990, pero no fue hasta los años 50 que se usaron y aplicaron a la empresa de Toyota de manos de Taiichi Ohno. El *Lean Manufacturing* supondría todo un cambio de mentalidad y una revolución para las empresas, que hoy en día se siguen nutriendo de esta filosofía como medio para lograr altos grados de eficiencia y eficacia en las mejores empresas, fábricas y organizaciones en el mundo. La filosofía se basa en dos pilares fundamentales, estos son:

- iii. Fomentar la mejora continua, eliminando todo tipo de desperdicio.
- iv. El respeto, involucración y valor del trabajador.

Otra herramienta *Lean* de gran utilidad son las etapas del ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), que sirve para solventar problemas de manera ordenada, consta de los siguientes apartados:

- Plantear el contexto.
- Definir la situación inicial y la problemática.
- Identificar el objetivo.
- Analizar objetivo.
- Propuesta de mejora.
- Planes de acción.
- Seguimiento del plan.

A su vez esta técnica puede realizarse simultáneamente con la herramienta de VSM. Se logra finalmente redefinir la secuencia de actividades con más eficiencia y orden.

Otra técnica *Lean* de utilidad es la Estandarización, se debe diferenciar el concepto de trabajo estándar, el cual implica una definición de orden y secuencias de actividades para llegar a un producto final correctamente. En cambio, el trabajo estandarizado tiene en cuenta los tiempos de ciclo, tiempos totales respecto a la capacidad, y su relación con el resto de los equipos profesionales. Lograr un trabajo estandarizado en el ámbito sanitario es vital, disminuye los tiempos de espera de pacientes y se aumenta la calidad de la atención ofrecida. En el diseño de los estándares se puede tener en cuenta el *Takt-Time* que es un valor que se calcula en función de la demanda, (es el ritmo al que se debería llegar en la realización de las tareas de manera que se satisfaga la demanda), en caso contrario comienzan las colas.

El sistema *Lean* también ha sido asociado a 6 Sigma, ya que se logra maximizar la satisfacción de los clientes, incrementar la calidad, reducción de costes. Esta estrategia fue creada por la compañía Motorola a mediados de los años 80. Con esta metodología aspiramos a tener unos niveles de calidad de 3,4 defectos por cada millón de casos. Se conforma de una serie de técnicas de calidad: solución de

problemas, control estadístico, ciclos PDCA, despliegues de la función de calidad... Es de muy útil aplicación en el sector sanitario, podemos detectar estadísticamente las variables más significativas y actuar directamente en ellas. Dentro de la metodología *6 Sigma* se engloban cinco etapas: DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) [6] [4]

Definir objetivo	Medir	Analizar	Mejorar	Controlar
Requerimientos de clientes	Mapa de procesos (buscar raíz del problema)	Buscar motivo del problema	Encontrar soluciones de los problemas. Probabilidad de riesgos.	Garantizar sostenibilidad de esas mejoras
Problemas primarios	Recolección de datos	Identificar raíces del problema	Se rediseñan los procesos.	Estándares nuevos se adaptan. Observación continua de procesos

Tabla 2-4 Metodología 6 Sigma, DMAIC. [4]

La competitividad es un concepto definido por muchos autores, se puede entender como una capacidad de aumentar la rentabilidad de una empresa de forma sostenible frente a otros competidores, de esta manera era entendido por Porter. Otros autores la definen como productividad de una empresa en relación con sus competidores del sector. Por este motivo, es un término de gran importancia, que una empresa sea capaz de obtener un mejor resultado es esencial, puede lograrse estableciendo características diferenciadoras que generen valor con un bajo coste y que este ambiente se pueda mantener. Michael Porter definió en 1980 las tres estrategias genéricas para lograr mejorar la rentabilidad, productividad y competitividad de una organización, basada en los principios del bajo coste y la diferenciación.

Las ventajas que presenta esta estrategia se pueden presentar en cualquier tipo de organización o industria y estas son presentar liderazgo en costes en el sector industrial. Conseguir lograr una diferenciación respecto a los competidores, es decir presentar unas características que aporten liderazgo al producto ofrecido por estos, la segmentación de mercado, esta ventaja es un proceso de publicitar una empresa en determinados focos o mercado geográficos, focalizando a grupos reducidos que presenten alguna característica común. Así se logra generar públicos seleccionados y presenta una mayor adherencia, se busca en explotar el sentido de pertenencia de los grupos sociales, siendo una técnica muy efectiva de marketing. Los tipos de segmentación son muy diversos y podrían clasificarse por características sociales, zonas o regiones, modas, nivel económico, sector laboral, entre otros. [14]

Se puede analizar las oportunidades para lograr mejorar estos trabajos. El mapeo del flujo de valor del desarrollo de productos ha sido una técnica útil para ayudar a los equipos a ver realmente cómo hacen su trabajo y cómo su trabajo encaja. El VSM fue creado originalmente por John Shook y Mike Rother, en su libro "*Learning to See*" (Aprender a ver). El objetivo, ya sea que se esté creando un producto, un servicio o un proceso, es crear un nuevo valor para los clientes.

2.6 Tendencias en la Logística Sanitaria

2.6.1 Objetivo

Se basará en gran medida el estudio y análisis del trabajo en profundizar el estudio de la logística de los hospitales. Se pretende abordar la logística desde un enfoque multidisciplinar, que permita su fácil comprensión desde distintas áreas. Se analizará que prácticas son las más convenientes en la actualidad para mejorar el rendimiento y reducir los costes adaptándolo al sector de la sanidad, permitiendo comprenderla desde las distintas áreas funcionales. Se destaca la visión de la logística dentro de la integración en el proceso de atención a la salud de los ciudadanos. [15]

Se pondrá un mayor interés en definir las necesidades de gestión logística y del adecuado aprovisionamiento. A su vez, se estudiará la competitividad y la eficiencia buscando los mejores servicios y reduciendo al mínimo los costes. Se centrará en describir las principales herramientas de logística, como son: gestión de la demanda, control de Stocks y gestión de los almacenes. Mostrando ejemplos reales de estas técnicas en hospitales. Finalmente, se da una visión de futuro de la logística y se hará énfasis en áreas de innovación, para llegar al objetivo principal que sería el de mejorar la calidad.

Dentro de los múltiples objetivos se focalizará en:

- i. Visión logística sanitaria y la necesidad de integrarla en el proceso de atención de la salud.
- ii. Presentación de herramientas y métodos de logística sanitaria de referencia mundial.
- iii. Retos futuros y las tendencias para el estudio de nuevas líneas de estudio.
- iv. Estudio de los ejemplos y casos prácticos ya implementados en la actualidad. [7]

2.6.2 Procesos hospitalarios y operaciones logísticas. Planificación de stocks

Las operaciones logísticas en hospitales y sector sanitario en global son complejas, más aún lograr altos grados de eficiencia en ellos. Las provisiones de todos los servicios implican un estudio elaborado de una multitud de aspectos, entre los que cabe destacar:

- El servicio realizado al consumidor no suele implicar únicamente productos.
- Producción y consumo son concurrentes.
- Diversidad de producción. Es difícil la normalización y el número de proveedores es alto.
- Los pacientes intervienen directamente en el servicio.
- Número de almacenes, ubicación y stocks.
- La incertidumbre debido a la existencia de pedidos de urgencia no previstos.

La planificación operativa de una cadena de suministro debe garantizar su suministro mitigando todo tipo de costes garantizando el aprovisionamiento. Es necesario un análisis, definición y diseño correctos, es decir una buena planificación de la demanda, de los stocks y servicios y del aprovisionamiento. La correcta gestión en las compras genera beneficios aportando eficiencia, fiabilidad, buenas relaciones con proveedores, acciones de mejora de productos y reducción de costes, más flexibilidad y un buen servicio al cliente.

La previsión de la demanda es una herramienta que favorece la toma de decisiones en un sistema logístico. Es necesario esta anticipación y estos planes ya que es común que una organización no sea capaz de reaccionar a los pedidos sin haber estudiado antes una demanda prevista. Si no se trabaja con buenas previsiones se recae en fallos como son los largos plazos de entrega de los pedidos, que en el sector sanitario conlleva fatales repercusiones. Como ya se ha visto con anterioridad los métodos de previsión pueden basarse en: datos históricos, el grado de precisión, los plazos de entrega, los ciclos de vida de los productos. Y a su vez los factores que influyen en las previsiones son:

- i. Tendencia, patrones que varían suavemente en un periodo de tiempo considerable, pueden aumentar o disminuir a lo largo del tiempo.

- ii. Intermittencia, aquella demanda que presenta volúmenes bajos o nulos o elevados en el tiempo, suelen ser productos muy específicos o piezas de repuesto.
- iii. Periodicidad o estacionalidad, productos que son más o menos demandados en función a la época del año, climas, festividades, estos se consideran repetitivos.
- iv. Elasticidad, productos que son sensibles a su precio de mercado y su fluctuación produce cambios de demanda. Por ejemplo, un producto que no depende de su precio suele ser aquel considerado de primera necesidad, aunque su precio fluctúe su demanda se mantiene constante.

En el diseño operativo de los almacenes, es vital el estudio de flujos tanto de materiales como de información, debiendo ser definidos previamente para garantizar el cumplimiento de la política que se adopte y reducir al mínimo los costes de operación, capital, medios y equipos. A todo el conjunto global de necesidades se denomina demanda, es común clasificarlas por conjuntos de características similares, suele utilizarse las matrices “ABC/XYZ”, en las cuales las tres primeras letras son referidas al volumen y se basan en la “ley de Pareto”. El volumen puede ser referido a unidades, precio o superficie de suelo ocupada en un almacén. A su vez se pueden identificar una segunda dimensión que responde a la variabilidad de la demanda o su estabilidad con respecto a la demanda en un tiempo determinado. Por lo tanto, ABC/XYZ se atribuyen a demandas asimilando una distribución normal y representan volumen/variabilidad respectivamente. Productos categorizados como X son aquellos con alta estabilidad de demanda (ausencia de variación), los Z son pedidos variables en cantidad y de baja frecuencia.

Por ejemplo, para comprender este concepto, en un hospital productos X son utilizados de forma continua a lo largo del año y con poca variabilidad, típicamente se encuentra en esta categoría guantes, material de curas, suero o medicamentos de uso común (ibuprofeno). Y los productos Y o Z presentan estacionalidad y variación, ejemplo de esto son las alergias estacionales que disparan el consumo de antihistamínicos en determinadas épocas del año y en otras es apenas inexistente. Se puede afirmar hoy en día que los patrones que se repetían están desapareciendo, siendo sustituidos por otros de mayor irregularidad, por ello aparece la necesidad de usar otro tipo de herramientas para el análisis de la demanda, éstos son la tendencia, la inestabilidad y la periodicidad, ya comentados anteriormente. Así se refuerza la calidad de la información obtenida. [6]

El pronóstico de la demanda y planificación de stock debe tener en cuenta que la entrega debe ser inferior a el periodo de maduración, con la dificultad de que existen diferentes tipos de demanda y cada uno requiere una respuesta diferente.

El concepto de “*contra-stock*” supone que la producción se basa en previsiones. Como ya vimos, la previsión de la demanda puede ser cualitativa o cuantitativa, en función de si fundamentamos las decisiones en juicios y experiencias, que se apoyan en las matemáticas estadísticas. Claramente esto implica un estudio previo y cuánto más estable sea la demanda, resultará más sencillo hacer una buena previsión. Cuando se tiene más información y conocimientos y hay escasez de información cuantitativa se opta por métodos cualitativos. Para validar el uso de métodos cuantitativos se debe cumplir con estas condiciones:

- i. Disponer de datos históricos.
- ii. Que los datos puedan ser representados numéricamente.
- iii. Que se pueda asumir la continuidad de este comportamiento (asegurar que el patrón continuará repitiéndose en el tiempo).

Poder determinar qué grado de complejidad es viable tomar a la hora de calcular las previsiones es un aspecto complicado. Esto se debe a que ajustar la realidad de un modelo es una tarea complicada. Cuanta más complejidad presente un modelo matemático, se requerirá de una mayor calibración de sus parámetros, solo de esta manera se logra obtener resultados precisos y con un buen rendimiento. Por ello

para afinar la precisión y evitar caer en errores la mejor estrategia es utilizar combinaciones de previsiones con otras técnicas diversas. Por ejemplo, autores como Blattberg Hoch, demostraron que la mejor estrategia es integrar métodos numéricos con métodos cualitativos.

Para el cálculo de métodos cuantitativos es necesaria la extrapolación de base de datos del pasado, para ello se requiere de un estudio de estos registros, detectar los datos atípicos y sus causas. Se pueden corregirlos identificándolos como anomalías. Buscar una estrategia de previsión asequible, elegir qué técnicas emplear, calcular errores, seleccionar la técnica más precisa y realizar finalmente la previsión.

Para ayudar a la elección, se suele usar la herramienta del cálculo del error (MAD, promedio de errores en un período temporal), simular no tener el dato histórico más reciente y calcular la previsión para éste mismo, luego se comprueba su diferencia con el dato real, de esta manera se puede asegurar la fiabilidad del pronóstico y aplicarlo a casos futuros.

La gestión de stocks implica organizar, planificar y controlar los artículos de un inventario de una organización dada. De esta forma se pueden establecer previsiones, tiempos de reposición, regular cantidad de artículos necesarios y mantener tanto los inventarios como las tareas bajo control. Se suele definir en almacenes dos tipos de artículos los *stockables* y los que no. El primero se define como aquellos artículos de consumo regular y definido que pueden almacenarse en grandes cantidades en un almacén general. Los no *stockables* presenta un uso más irregular o específico, por ello es necesario su envío por el proveedor al destino final y es consumido rápidamente. [7]

Los factores que influyen en esta categorización de los artículos son:

- Demanda o patrones de ella.
- El coste que supone su distribución, compra, mantenimiento, etc.
- El tiempo de repuesto de material, pudiendo ser inexistente, conocido (variable o no).
- Tiempo de vida de los materiales. Conocida como fecha de caducidad.
- Espacio de almacén o superficie del que se dispone.
- Fuente de la que se obtiene el crédito.

Los stocks me aseguran atender a posibles variaciones en la demanda y me permite flexibilidad para programar la distribución; permiten atender a variaciones de demanda, elasticidad; suponen una protección frente a fluctuaciones de plazos o cantidades (como en casos de pérdidas de pedidos, huelgas en el transporte de materiales, la carencia de fiabilidad de aprovisionamiento, y otras deficiencias). [7]

Los sistemas de revisión periódica se basan en la actualización de los niveles de inventario tras el transcurso de un plazo establecido, variándose la cantidad pedida a los proveedores. Este sistema presenta ventajas frente a los Sistemas de revisión continua en casos sanitarios en los cuales los artículos presentan fechas de caducidad, en las cuales se debe reponer todo el material.

2.6.3 Localización, gestión y diseño de almacenes hospitalarios

Es necesario afrontar en las redes logísticas sanitarias varios aspectos fundamentales:

- i) Determinar el número de almacenes necesarios.
- ii) Localizar los almacenes.
- iii) Definir y diseñar el tamaño de los almacenes.
- iv) Estudiar medios y modos de transporte entre proveedor-almacén y almacén-paciente.

La centralización de stocks es una de las distribuciones de suministro más eficientes y con mejoras de atención al cliente, necesita de un menor stock medios en el sector sanitario. Se basan en el teorema del límite central, que demuestra que, a menor segregación de demandas, menor variabilidad. De esta manera, la localización del almacén. Buscamos la optimización de la red de flujos desde el origen a los

destinos, y se deberá tener en cuenta aspectos como: las características del hospital, la organización de transportes, los volúmenes de almacenaje, la accesibilidad y los recorridos mínimos.

El diseño correcto de almacenes logísticos sanitarios es una garantía de servicio tanto para pacientes como trabajo de los operarios de dichas instalaciones. Para el diseño deberemos tener en cuenta:

- Determinación de los requisitos del almacén.
- Preparación zonas de almacén, mediante *layout*.
- Consideración del material almacenado.
- Estudio del flujo de materiales.
- Evaluación de los diseños.
- Elección final.

En definitiva, se estudia optimizar el rendimiento, reduciendo la mano de obra, minimizando costes de mantenimiento, aprovechando el espacio, facilitando la gestión, distribución, seguridad, etc. Los materiales sanitarios de los que dispongamos seguirán un flujo, dispondrán de zonas específicas en el almacén, una estrategia de almacenaje, necesitarán de una manutención. Es interesante el uso de sistemas de descarga automática o sistemas que aporten automatización.

En hospitales generales los almacenes presentarán un ABC marcado, en estos casos es interesante la zonificación de las referencias, a su vez influye a la hora de justificar las zonas el peso, la forma, necesidad especial, etc. Es común encontrar escenarios en los cuales los gastos de preparación de pedidos de almacén son elevados, por ello el uso de sistemas automatizados es una buena solución reduciendo tiempos de desplazamiento entre productos y operario de un 41%, a un 8,3%, pudiendo así dedicarse más tiempo a otras tareas.

Caben mencionar las siguientes técnicas de recepción de productos:

- El envío directo. Necesario en casos de equipos exclusivos a ciertas unidades (camillas de quirófano, máquinas especiales, mobiliario especial...). No es necesario el paso por almacén, son responsabilidad de la unidad asistencial que lo solicitó.
- *Cross-docking*. Cuando no es viable el envío directo, se envía al almacén, pero en este caso se deshecha el almacenaje, a la espera de que se reenvíe a los hospitales. Se aplica a artículos con un alto índice de rotación (inferior a las 24 horas) y una frecuencia de servicio elevada. Los recorridos que siguen los productos difieren mucho entre sí y dependen del tamaño del almacén.
- Programación de la recepción. Consiste en planificar la recepción en ventanas horarias que aumentan el flujo, programan equipos, gestionan recursos de playas con antelación suficiente a la hora de la entrega.
- Pre-recepción. El producto en la recepción necesita de labores administrativas, que consumen tiempos innecesarios, con la pre-recepción se envía la documentación de forma electrónica, agilizando estos procesos.

- Acondicionamiento. Consiste en las tareas de etiquetado, pesaje, medición, o el cambio a formato unidosis en algunos fármacos.



Figura 2-13 Dispositivo escáner RFID sector sanitario [9]

- Aplicación de la tecnología. Para agilizar procesos mediante el apoyo de la tecnología contamos con dos estrategias, los códigos de barras y la radiofrecuencia o RFID. Supone una gran ventaja competitiva. Logran gran visibilidad de stock, eliminando errores y mejorando los flujos de material. RFID frente a los códigos de barras permiten lecturas mediante etiquetas inalámbricas (que registran el movimiento de productos a lo largo de los procesos), sin requerir de lecturas directas. Es necesario disponer de las etiquetas de identificación, los escáneres, un software que almacene la base de datos y la red de gestión.

El almacenaje implica contener los productos, existen miles de combinaciones, todas ellas dependerán de que métodos utilicemos. En los almacenes se trabaja con unidades de almacenaje *SKU*, que diferencian entre pallets, cajas y unidades sueltas. Podemos diferenciar los sistemas de almacenaje:

- i) Almacenaje de cajas, operario a producto.
 - Las estanterías convencionales de almacenamiento a un nivel son las más sencillas de instalar, transformar y adaptar. Presentan una carga y altura limitadas.
 - Las estanterías convencionales de cajas con entreplantas, consiguen aprovechar mejor la altura, creando recorridos más largos.
 - Las estanterías móviles, son estanterías convencionales en un único pasillo, el movimiento de la estantería es manual y permite la elección de materiales.
 - Las estanterías dinámicas, son muy adecuadas en caso de tener muchos tipos de referencias y un stock bajo, permite su uso por parte de varios operadores simultáneamente, pero su coste es elevado.
- ii) Almacenaje de cajas producto a operario.
- iii) Carruseles horizontales y verticales. Mediante un movimiento horizontal o vertical ponen a disposición de los operarios los artículos que solicite. Se dirigen desde un ordenador donde se indica referencia y cantidad necesaria. Los verticales permiten el aprovechamiento de la altura.
- iv) Armarios verticales. Son similares a los carruseles verticales, pero internamente funcionan como almacén automático, la ventaja es su seguridad ante manipulación de productos sensibles y más adecuados para grandes volúmenes y cargas.
- v) Almacenes automáticos *Mini-Load*. Funcionan mediante filas de estanterías y transelevadores que realizan entradas y salidas con movimiento horizontal y vertical. El porcentaje de ocupación es del 95% de superficie. El inconveniente es el alto coste de adquisición.

- vi) El robot de farmacia. Consiste en un sistema de dispensación automática de medicamentos mediante brazos robóticos con 3 grados de libertad, cintas transportadoras, rampas, elevadores. Presentan sensores y escáneres ópticos de verificación, control de caducidad. Es el sistema más eficiente y seguro. [7]

Nivel de automatización		
Uso de operarios		Uso de robótica
Operario a Producto	Producto a Operario	Automático
Convencional	Sistemas de almacenaje automáticos	
Compactas	<i>Mini-Load</i>	
<i>Push-back</i>	Armario vertical	
Dinámicas	Carruseles	

Tabla 2-5 Clasificación de sistemas en función a la automatización [7]

Para la preparación de pedidos y establecer rutas eficientes se pueden aplicar diferentes métodos de ruteo. Entre ellos caben destacar:

- i) Forma de S. La forma más simple, se ingresa por un pasillo y se sale por otro.
- ii) Retorno. Se entra y se sale por un mismo punto de un pasillo, pero únicamente en pasillos con referencias necesarias.
- iii) Hueco más lejano. Se recorre el pasillo hasta el hueco más lejano de un pasillo, siendo este el tramo entre dos productos adyacentes.
- iv) Compuesto. Combina la estrategia de la S y la de retorno.
- v) Óptimo. Minimiza la distancia total del recorrido combinando alguno de los ruteos anteriores. [9]

2.6.4 Nuevas tendencias en logística sanitaria

Las operaciones y la logística sanitarias que se prevea en un futuro se pueden basar en 5 aspectos fundamentales, que serán claves para optimizar la eficiencia y la seguridad de los pacientes.

La complejidad de gestionar la demanda de productos farmacéuticos y médicos, cada vez se manejan más referencias y esto implica una mayor complejidad en los almacenes, gestión de caducidades, etc. Las capacidades por explotar son:

- i) Personalización. Mediante la unión de los requerimientos de los productos, mercados y pacientes a las cadenas de abastecimiento. Como por ejemplo la expedición de fármacos unidos por paciente, que le aporte seguridad. A su vez, la implementación de la telemedicina.
- ii) En muchos hospitales los formatos unidos permiten el ajuste perfecto a lo necesario por cada paciente, facilitando la organización en pacientes polimedificados, reduce la probabilidad de error. Según un estudio de la Unidad de Farmacia Clínica y Farmacoterapia de la Universidad de Barcelona, los formatos unidos suponen un ahorro del 24% del precio de los fármacos, y permite que los pacientes acumulen dosis no necesarias.
- iii) Reactividad. Incrementar inventarios, ofreciendo mejores servicios y una gran agilidad mientras se reducen los recursos necesarios. Basándose en una correcta gestión y control. Por ejemplo, almacenes que trabajen en tiempo real en base a la demanda (digitalización de

las necesidades de los pacientes de forma telemática, armarios de dispensación y carros de dispensación). Los sistemas integrados de gestión y control permiten la integración y gestión del flujo de materiales y gracias a un sistema informático, el flujo de la información que se le asocia.

- iv) Trazabilidad. El rastreo es una actividad de elevada complejidad, las demandas son crecientes y los plazos cada vez más reducidos, impactando en la seguridad de los pacientes. Por ello, el uso de técnicas RFID o códigos de barras en los procesos de logística que proporcionan una mayor seguridad. Estas técnicas pueden aplicarse a pacientes, uso de muñequeras con etiquetas RFID reutilizables, los equipos médicos pueden acceder a la historia del paciente de manera sencilla, para gestionar los fármacos y medicamentos, mejorando la gestión de los inventarios y asegurando la correcta medicación de los pacientes; control de las temperaturas mandando alarmas en caso de sobrepasar niveles establecidos; recuento de inventarios automáticos; seguimiento de pacientes, equipos, banco de sangre y material reutilizable (ropas, herramientas de quirófano).
- v) Centralización de la organización de la adquisición. Los mercados cada vez se abastecen de más tipos de productos y fármacos, a su vez los pacientes cada vez están más dispersos globalmente. A modo de solución a este inconveniente la tendencia será a la centralización y la gestión mediante portales electrónicos para la compra, negociaciones globales diseñadas mediante teoría de juegos, maximizando la competencia, el uso de redes multiescalares de almacenes globales. Aunque no existe la organización ideal, en el sector sanitario se ve una gran tendencia a la estructuración centralizada, el uso de portales electrónicos de compra.
- vi) *Benchmarking*. Se busca la medición de rendimientos en procesos logísticos debido a la complejidad que va tomando el mercado. Destacando la importancia de la medición de procesos mediante sistemas integrados.
- vii) Telemedicina. Consiste en proveer de servicios sanitarios a distancia mediante medios electrónicos y telecomunicaciones con fines terapéuticos, dar diagnósticos, etc. Identificándose diferentes modalidades: teleconsulta, trabajo cooperativo, telecirugía, telemonitorización.

Aplicando principios de teoría de juegos podemos gestionar con proveedores en tiempo real las necesidades y optimizar decisiones. Esta técnica está en auge en todos los sectores. Por ejemplo, se utiliza el uso de la subasta electrónica o presencial para adquisición de material, reduciéndose los tiempos de negociación con las empresas.

3 APLICACIÓN DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE LOGÍSTICA SANITARIA A PEQUEÑAS UNIDADES DESPLAZADAS A ZONAS DE COMBATE LEJANAS

3.1 Introducción a los principales condicionantes en la actuación sanitaria en zona de combate

3.1.1 Situación actual: Medicina de Combate

A modo de introducción debemos conocer el contexto sanitario militar en el que se desarrollará la operación y sobre qué puntos se va a centrar el estudio. Durante una situación de combate siempre hay un ejército luchando por revivir a los heridos y víctimas de la guerra, esto es lo que entendemos como Medicina de Combate. Existen dos diferencias claves entre la asistencia médica en combate y en un medio civil:

- Las condiciones ambientales en las que se desarrolla la acción médica.
- La actuación médica correcta puede traducirse en errores tácticos, poniendo en riesgo a la unidad y la misión.

La historia de la medicina se remonta al comienzo de las guerras en el 1000 a.C., en las cuáles los soldados no solían sobrevivir a sus heridas. En la época del Imperio romano la sanidad militar llegó a un gran avance gracias al desarrollo de un sistema médico bien organizado. Esto se perdió durante la Edad Media, ya que con el surgimiento de la pólvora en el siglo XIV y la ignorancia de sus efectos nocivos, se elevó el número de víctimas en combate. En España, durante la época de los Reyes Católicos, surgió el concepto de Hospital de Militar de Campaña, utilizándose por primera vez en la batalla de Toro en 1476, mucho antes que en el resto de Europa.

Con la llegada de la Revolución francesa, el cirujano Dominique-Jean Larrey implementó el llevar los médicos a los heridos en vez de, al contrario. Creándose la que hoy conocemos como ambulancia, al mismo tiempo se introdujeron muchos principios modernos de sanidad militar, como el triaje (clasificación de bajas) y los portadores de camillas, hitos que revolucionaron y marcaron una gran diferencia en la supervivencia de las víctimas. Aunque conseguía avanzar la medicina, las armas de destrucción también, produciendo daños físicos mucho más graves. Poco a poco, se va teniendo más consciencia acerca de los procesos infecciosos y las enfermedades víricas.

Durante la Primera guerra mundial, además de nuevas armas, se comenzaron a emplear agentes químicos contaminantes para el organismo. Al mismo tiempo comienzan a desinfectarse el material médico y quirófanos, empleo de rayos X, la vacunación y las transfusiones de sangre. En el transcurso

de la Guerra Civil española se aportaron métodos de medicina como el método “*Trueta*” (Con el que se trataban de manera simple las heridas traumáticas de guerra). Con la Segunda Guerra Mundial volvieron a aparecer nuevas armas y técnicas médicas, como son las transfusiones de plasma (aunque pronto se descubrió que fue causante de multitud de casos de hepatitis entre soldados). Cabe destacar el descubrimiento de la penicilina, los antipalúdicos, uso de pesticidas como plaguicida. Con la guerra de Corea y la de Vietnam se avanzó con el empleo del helicóptero acondicionado como medio de rescate y la aparición de hospitales quirúrgicos móviles (MASH). Tras los últimos conflictos como el de Irak y Afganistán se han desarrollado multitud de avances, de los que podemos destacar: [16]

- Principios de medicina de atención y cuidados bajo fuego en fase de combate.
- Protecciones para los combatientes (tórax, abdomen, pelvis).
- Instrucción sanitaria de primera asistencia a bajas de combate.
- Botiquín individual para soldados de control hemorragias y apertura de vías aéreas.

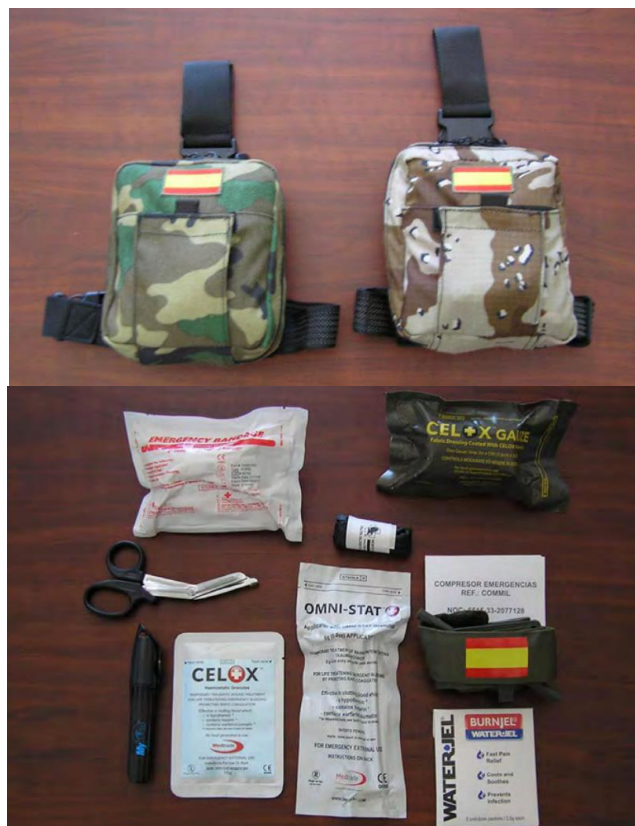


Figura 3-1 Botiquín individual de combate (Foto propiedad Tcol. Antonio Martín-Bilbatúa Gómez) [11]

- Control de hemorragias con torniquetes y vendajes hemostáticos (polvo, CELOX, zeolita).
- Mejor manejo de vías aéreas.
- Nuevos materiales de acceso intraóseo.
- Técnicas de resucitación para tratamiento de shock.
- Nuevos conceptos de cirugía de guerra y resucitación.
- Tecnología avanzada de evacuación de bajas críticas. [16]

3.1.2 Niveles de asistencia médica (ROLE)

El término ROLE se usa para identificar los distintos tipos de apoyo médico a nivel OTAN, en los cuales se realizan tratamientos, evacuaciones y reabastecimientos de manera que permita la permanencia

de las tropas militares en un despliegue o incluso a personal civil de la zona, aportando funciones esenciales sanitarias. Este es aplicado por fuerzas terrestres y aéreas, y el término Escalón es mayormente utilizado en la mar. Las capacidades que tienen cada nivel de ROLE son intrínsecas de los niveles superiores, por ejemplo, un nivel ROLE 2 debe ser capaz de realizar las funciones del ROLE 1 y del 2. Cada nivel presenta distintas FST (Formaciones sanitarias de tratamiento), cada uno aporta capacidades asistenciales diferente. Las FST con las que contará cada operación dependerán directamente del número de bajas quirúrgicas que son capaces de atender en 24 horas, el tipo de bajas que podrán atender y el tiempo de permanencia tras una reanimación postquirúrgica, entre otras. A continuación, definiremos brevemente en que consiste cada escalón:

ROLE 1 o “Puesto de Socorro”, desplegado en territorio de operaciones, aporta el nivel de atención sanitaria más básico.

ROLE 2 o “Puesto de Cirugía Ligera Avanzada”, ofrece capacidades en función de la disposición de equipos quirúrgicos y de la existencia o no de Equipos de Cirugía Avanzada. (ROLE 2E/ROLE 2B en caso de ofrecer asistencias especiales)



Figura 3-2 Vista aérea de ROLE 2 desplegado en ZO [22]

ROLE 3 “Hospital de campaña”, incluye un mayor número de especialistas en cirugía y capacidad de hospitalización.

ROLE 4, generalmente se localiza en Territorio Nacional y en España equivale al Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla.

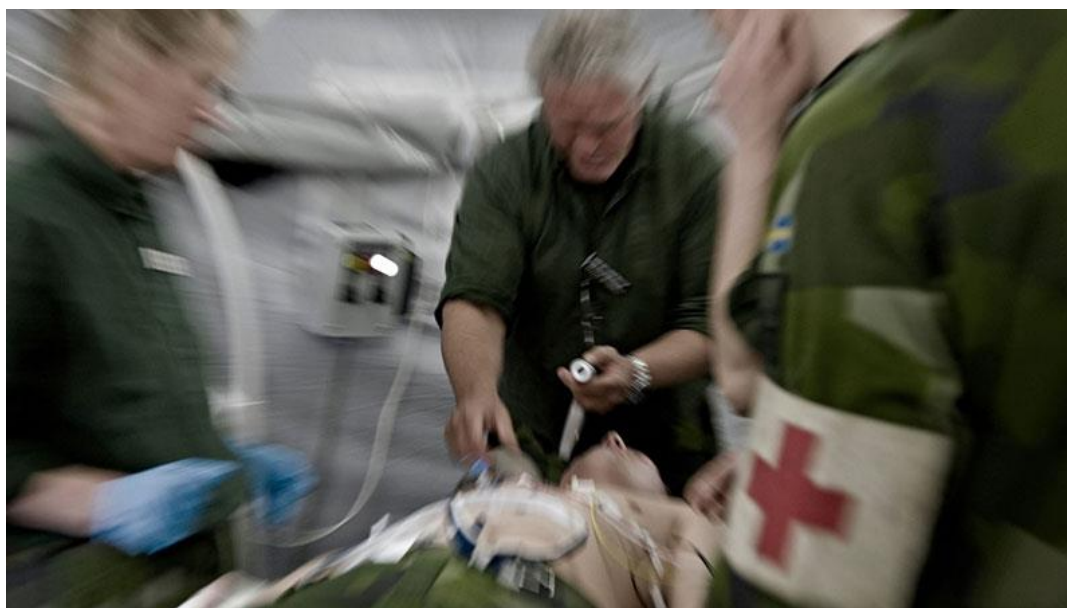


Figura 3-3 ROLE 2 desplegado en zona de operaciones [27]

Para entender el contexto de la situación a nivel médico, debemos comprender que aquellas unidades que son desplegadas (en general cuando son a nivel de Brigada o mayor) son asignados con un nivel de asistencia médica ROLE 2. Mientras el primer escalón únicamente aporta capacidad de triaje y reanimación a los pacientes; el nivel 2 asegura tratamiento a pacientes hasta su vuelta al servicio o su evacuación a un nivel más alto, también tienen la capacidad de realizar tratamientos dentales de emergencia. En caso de no asegurar capacidades quirúrgicas de emergencia ni tratamientos postoperatorios, estamos ante un ROLE 2B. [17]

A lo largo de la historia, la necesidad de prestar asistencia sanitaria de forma eficiente y en situaciones de crisis ha dado lugar a el diseño de diferentes estructuras transportables y desplegadas. Entendemos este concepto como: “toda aquella infraestructura de atención sanitaria autosuficiente que pueda ser desplegada e instalada de forma rápida y a su vez, satisfaga las necesidades sanitarias y de atención durante un periodo de tiempo determinado”. Este nuevo concepto de hospital surge tras la Segunda Guerra Mundial, al descubrirse que después del transcurso de la “hora de oro” (primera hora tras producirse una herida grave o traumatismo interno) eran más probable que se produjese la muerte. Surge de esta manera la necesidad del uso de unidades médicas de atención a víctimas antes de su traslado a un hospital fijo. Estos deben cumplir principalmente tres objetivos:

- Ofrecer atención sanitaria en el menor tiempo posible a los pacientes.
- La continuación de cuidados y seguimientos médicos.
- Regular y coordinar las evacuaciones de pacientes y medios de transporte, en función de patologías y severidad de las víctimas.

3.1.3 Composición niveles asistenciales en despliegues

La organización del campamento será determinada por la correcta gestión, capacidad de despliegue y su mantenimiento. [18] Es por esto que, es necesario analizar las funciones de la Logística Sanitaria Militar en España, considerando recursos y capacidades a nivel sanitario en las Fuerzas Armadas, de forma normalizada para todos los ejércitos. Y así, poder ser integrado por los equipos sanitarios del Cuerpo Militar de Sanidad, independientemente del Ejército.



Figura 3-4 Vista general hospital de campaña [19]

Actualmente, las operaciones militares en territorio multinacional han sido reducidas, surgiendo otros escenarios que obligan a plantear un nuevo concepto y diferentes enfoques logísticos y económicos, pero siempre teniendo en mente que el objetivo de la Sanidad es poder prestar un buen servicio sanitario a personal en el lugar más cercano, con la mayor brevedad y con la máxima calidad de material y personal. En resumen, debe lograrse una asistencia lo más parecida a aquella que podría ofrecerse en territorio nacional, estando en territorio de operaciones. [19]

Con respecto a la formación y personal requerido en un despliegue en zona de operaciones: El personal depende de las capacidades con las que se dote a la FST (Formaciones Sanitarias de Despliegue). En líneas generales en un ROLE 2B se despliegan los siguientes CMS (Cuerpo Militar de Sanidad):

- i. CMS Medicina:
 - Especialistas en medicina de familia, medicina de urgencias y emergencias.
 - Especialista en cirugía general.
 - Especialista en cirugía ortopédica y traumatología.
 - Especialista en anestesia y reanimación.
 - Especialista en cuidados intensivos.
- ii. CMS Farmacia:
 - Especialista en análisis clínicos.
 - Farmacéutico sin especialidad para la logística sanitaria y control de aguas de consumo.
- iii. CMS Enfermería:
 - Enfermeros sin especialidad.
 - Enfermeros con la especialidad médico-quirúrgica.
- iv. CMS Odontología.

A este personal debemos añadir aquel personal de apoyo sanitario, células de estabilización, personal enfermería que atienda a medios de evacuación terrestres o aéreo. [20]

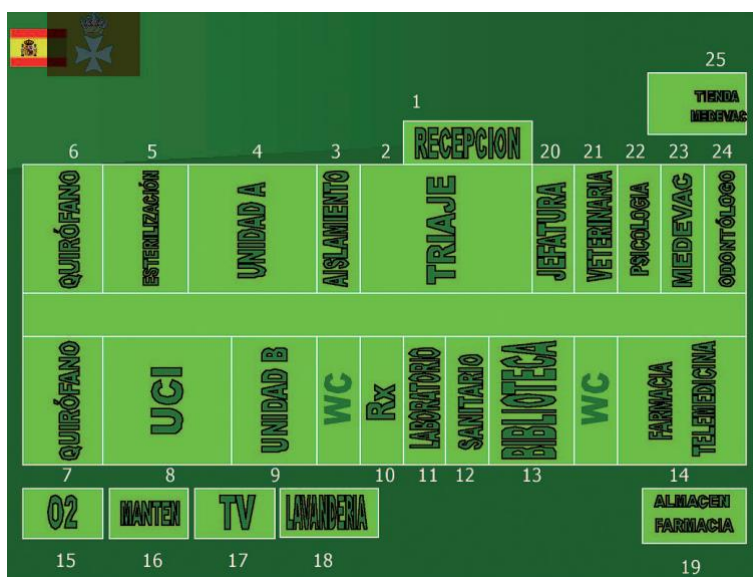


Figura 3-5 Distribución ejemplo real en planta de unidades sanitarias tipo ROLE 2 [20]

Con respecto a las evacuaciones aéreas, surgen del resultado de unir las misiones de transporte aéreo y el apoyo sanitario. Deben prestar a los heridos aquellos cuidados necesarios con relación a su estado, de manera que el transporte se efectúe en las condiciones adecuadas y de la forma más rápida posible.

Operativamente, conseguimos descongestionar el sistema sanitario, disminuir la necesidad de disponer de niveles ROLE muy complejos, aumenta la probabilidad de supervivencia de las víctimas. Existe un escalonamiento de evacuación sanitario, de manera que se garantiza la continuidad asistencial. En función de la gravedad que precise la baja, ésta será evacuada a el nivel que cuente con esos tratamientos, y también dependerá del grado de ocupación.

3.1.4 Empleo de aeroevacuación

Debemos diferenciar el término MEDEVAC y CASEVAC, dependen del medio de transporte empleado. MEDEVAC, es reconocido por la normativa OTAN, son transportes medicalizados y escoltados pertenecientes a una cadena de evacuación. CASEVAC, no se reconoce como un término médico, son utilizados en ocasiones en las que no es posible disponer de otros medios especializados, pero se debe priorizar la evacuación. Son considerados transportes de oportunidad.

Contamos con tres tipos de aeroevacuaciones, que dependerán de la urgencia y las necesidades de la baja. Tanto la asistencia sanitaria de bajas fuera de nuestras fronteras como las aeroevacuaciones sanitarias, son capacidades asumidas por el sistema sanitario del Ejército del Aire. Tanto la UAMER (Unidad Médica de Aeroevacuación) como la UMAAD (Unidad Médica de Apoyo al Despliegue) conforman un Centro Operativo Sanitario Funcional que proporciona apoyo médico inmediato a fuerzas en despliegue. [21]

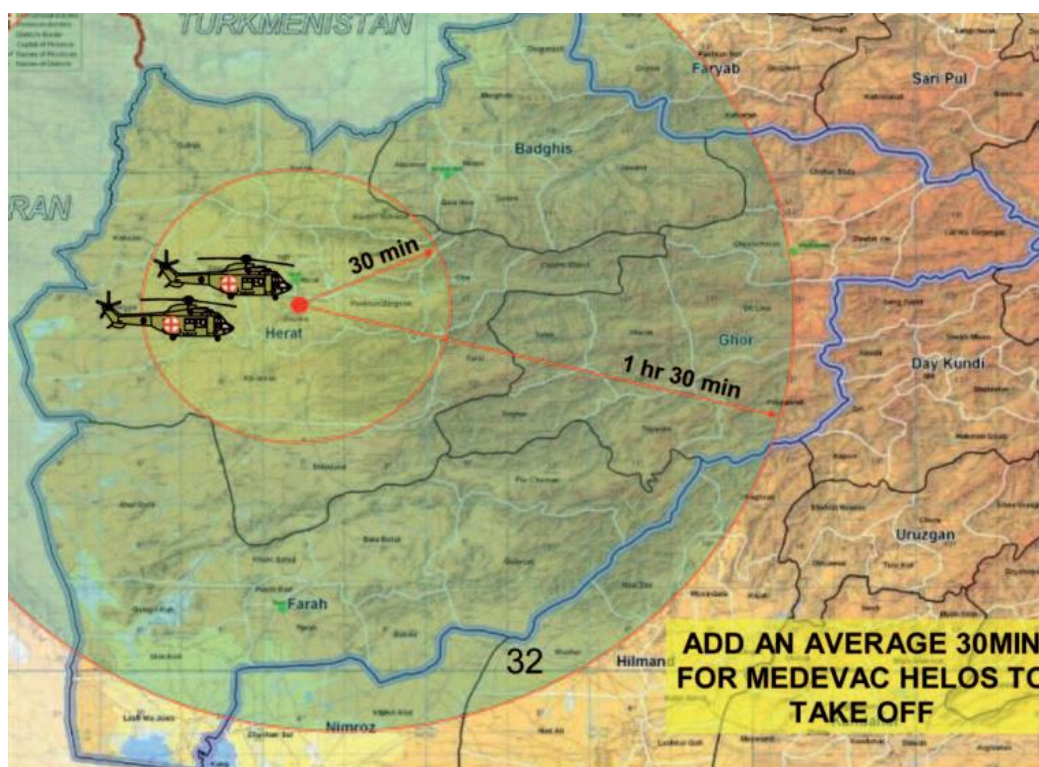


Figura 3-6 Ejemplo real tiempo de vuelo aeronaves desde FST Herat a Afganistán (más 30 minutos de despegue) [22]

3.1.5 Empleo de la telemedicina

La telemedicina en España comenzó a finales de los años 90, cuando se conectó por videoconferencia vía satélite desde España con el destacamento desplegado en Mostar (Bosnia-Herzegovina). Esta fue la base de lo que hoy conocemos como el Sistema de Telemedicina del Ministerio de Defensa.

Gracias a las incorporaciones TIC (Tecnologías de la información y las comunicaciones), que han permitido el apoyo por parte de médicos especialistas desde hospitales de referencia. Hoy en día se está incorporado en gran parte de las FST en despliegue, sirviendo como una útil herramienta de apoyo a la asistencia sanitaria. Su expansión continua y se prevé que continúe así, ya que existe la necesidad de aumentar los alcances de la atención sanitaria a lugares cada vez más remotos y de difícil acceso. Esta cuenta con medios de teleconsulta por videoconferencia, transmisiones de datos digitales como radiografías en tiempo real con territorio nacional (Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla”). [20] [22]

- Los objetivos fundamentales de la telemedicina son:
- La extensión del alcance sanitario.
- La mejora de los diagnósticos y la toma de decisiones.
- La proporción de continuidad asistencial.
- La optimización de recursos materiales y humanos.
- La reducción de desplazamientos y estancias en hospital no necesarias.

3.1.6 Misión de la función sanitaria en despliegues

El objetivo es el de asegurar protección y la asistencia a víctimas de conflictos armados. Un sistema sanitario deficiente se ve abocado al fracaso en un conflicto armado. Es común ver en estos casos una carencia de profesionales, de manera que normalmente los sanitarios suelen ser multidisciplinares y deben ser capaces de desarrollarse en especialidades de las cuáles sus conocimientos son básicos. Con independencia de si el personal sanitario es conformado por civiles o militares, la cirugía y medicina desarrollada en este contexto presenta una serie de particularidades, riesgos y limitaciones.



Figura 3-7 Conexión en tiempo real con Unidad de Telemedicina del Hospital "Gómez Ulla" en Madrid. [22]

Normalmente, las condiciones suelen ser extremas y los recursos limitados, lo que suele traducirse en la muerte de víctimas, que en otro contexto hubieran sobrevivido. La cirugía de guerra se rige por las normas del derecho internacional humanitario y del de la guerra. El objetivo de los especialistas debe ser prestar a las víctimas la mejor atención médica posible. Suele ocurrir, en determinados casos, que el número de heridos es elevado, perdiéndose la lógica de las clasificaciones o triajes, la lógica lleva al cirujano a tratar de actuar bajo el principio de “*hacer lo mejor posible por la mayoría*”, en vez de “*todo lo que se pueda por cada uno de ellos*”. También es común que un solo paciente sea tratado por diferentes especialistas o cirujanos, requiriéndose un enfoque diferente a la cirugía en el ámbito civil, donde esto no es común.

Los desafíos a los que se enfrentan son:

- Ser capaces de proteger a los heridos y víctimas cumpliendo con los derechos del DIH.
- Estudiar la epidemiología en los conflictos y las enfermedades endémicas.

- Analizar las limitaciones técnicas.
- Tener la capacidad de realizar cirugías de emergencia en fases tempranas.
- Trabajar en un entorno hostil y violento.
- Tratar a un elevado número de pacientes.
- Estudiar los factores de riesgo presentes.
- Lidar con el estrés físico y mental.

Siendo consciente de la problemática que supone es necesario identificar qué es indispensable, frente a lo que convendría disponer. Se recurre a una sucesión de escalones para atender a las víctimas, suele constar de 5 fases, basadas en el enfoque del control de daños:

- i. Primeros auxilios sobre el terreno, o bien mediante el tratamiento realizado por un compañero o el médico *in situ*.
- ii. Primer tratamiento, son aquellas primeras medidas como reanimación, vendaje, etc.
- iii. Primer tratamiento de cirugía y eliminación de tejidos infectados.
- iv. Tratamiento de cirugía final, sutura de heridas y tratamientos. Implica la posterior fisioterapia y postratamiento.
- v. Cirugía de reconstrucción, en caso de necesidad de prótesis o reconstrucciones.

Es de gran importancia la rápida evacuación de heridos, toda demora incrementa la probabilidad de mortalidad. Hay que tener en cuenta que toda herida de guerra presentará un alto riesgo de infección y de contaminación y al mismo tiempo destrucción de tejidos, órganos y huesos. La necesidad de trabajar rápido y con numerosos pacientes, con escasez de personal, implicará poder realizar el mínimo trabajo, en búsqueda de los mejores resultados (se prioriza el salvar la vida y la extremidad).

La correcta cirugía aumentará las probabilidades de supervivencia y garantizará un buen resultado funcional, acortando la permanencia en el hospital. [23]

3.1.7 Limitación logística

El ambiente de guerra no solo es peligroso para la seguridad, a su vez se presentan numerosos problemas de logística. Como son: la entrega, la capacidad de carga y el mantenimiento de las instalaciones. Es por ello de vital importancia una eficiente previsión de medicamentos y equipamiento, para poder cumplir con los requisitos hospitalarios. Debemos lograr un aprovisionamiento de material con una tecnología básica que satisfaga las necesidades esenciales. Gracias a la estandarización se puede aprovechar los recursos al máximo. Existen catálogos de artículos de emergencia realizados por el CICR (Comité Internacional de la Cruz Roja) y la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja.

¿Qué criterios debemos tener en cuenta a la hora de evaluar las nuevas tecnologías en el ámbito logístico?

- i. Evaluar necesidades, priorizando la esencialidad e importancia de los materiales. (estimación de bajas en función a la dotación y situación táctica).
- ii. Determinar la capacidad de almacenamiento de los almacenes.
- iii. Definir tareas de mantenimiento de los materiales.
- iv. Definir las necesidades de personal especializado.
- v. Mantener el control de calidad de equipos e instrumental (caducidades, refrigeración Y alimentación de equipos).
- vi. Sostenibilidad de la nueva tecnología. [23]

3.1.8 Mecanismos de lesión en conflictos armados

Aunque en los despliegues militares las patologías medicas son, en su mayor parte, las mismas causas médicas encontradas en el propio territorio nacional o enfermedades endémicas. La diferencia radica de la coexistencia de estas patologías con aquellas lesiones que derivan de la permanencia de la fuerza en conflictos armados. De esta manera, podemos observar una diferencia significativa con la gestión de pacientes habitual. Podemos afirmar, según datos recolectados en despliegues a zonas de operaciones entre los años 2007 y 2017, que, aunque un 70% siguen siendo patologías médicas o traumatológicas, le sigue con un 14,6% las producidas en accidentes, y con un 10% las lesiones derivadas de deporte y adiestramiento, quedando en un 6% aquellas producidas en combate.

Las bajas que se producen durante un conflicto armado requieren de una rápida y correcta actuación del personal, desde el que lo atiende de primera mano hasta su llegada a quirófano. Las heridas de guerra pueden ser muy diversas, afectar a multitud de tejidos y llegar a ser de gran gravedad. Las patologías de guerra que se enfrentan con mayor frecuencia son los traumatismos cerrados, las quemaduras y las lesiones por explosión y agentes penetrantes...

- Heridas por armas blancas.
- Heridas por armas de fuego.



Figura 3-8 Ejemplos diferentes calibres para pistola [23]

- Impacto de fragmentos.
- Artefactos explosivos.



Figura 3-9 Fusil de asalto Kalashnikov. AK-47 [14]

- Minas Terrestre antipersonal, explosivas, de fragmentación y de mariposa. En función del tipo de explosión podremos distinguir 3 patrones de lesión, que generarán: lesiones primarias (consecuencias directas de la presión, ruptura timpánica, alveolos pulmonares y capilares); secundarias (provocadas por proyectiles que provocan heridas penetrantes); terciarias (por desplazamiento masivo de aire, causante de traumatismos cerrados, lesiones por aplastamientos o penetrantes) y las cuaternarias (derivadas de las quemaduras, inhalación de gases tóxicos, asfixias).



Figura 3-10 Mina MPF o de mariposa [23]

- Quemaduras, bombardeos o por efectos de minas antitanque, impactos de misil, armas como el napalm, bengalas, algunos tipos de bombas, etc.
- Traumatismos cerrados.
- Armas no convencionales, aunque el DIH prohíbe ciertos tipos de armas (como las químicas y las biológicas) existe la posibilidad de ser utilizadas por los Estados.

Derivados de estos tipos de lesión se producirán efectos físicos y lesiones muy importantes.

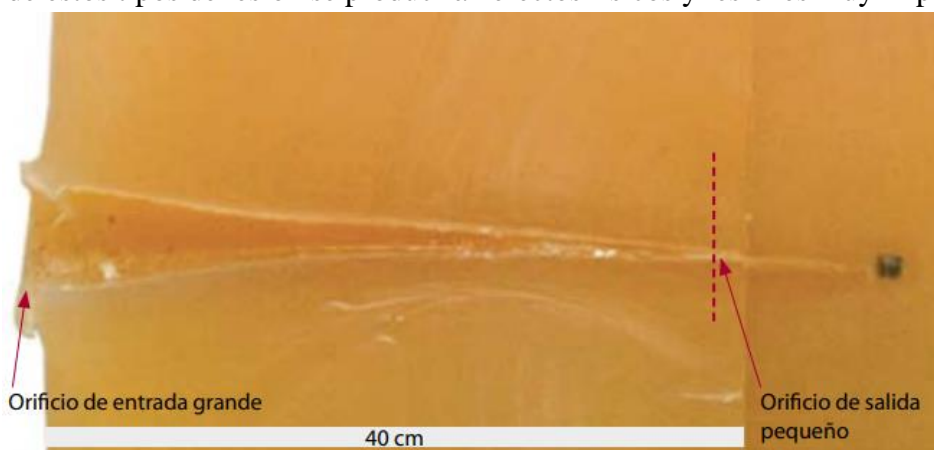


Figura 3-11 Herida producida por fragmento en jabón [14]

El estudio se centrará en aquellas necesidades sanitarias necesarias que derivan directamente de actos bélicos en zona de operaciones. Cabe destacar aquellos pacientes heridos con más de dos lesiones traumáticas.

El politraumatizado suele presentar un alto riesgo y mayores complicaciones. Estas suelen derivar de accidentes, caídas, explosiones, armas de fuego, fuegos, entre otros, los cuáles son factores de alta

incidencia en entornos bélicos. En medios militares, el 90% muere antes de llegar a el primer nivel de atención sanitaria, por ello es vital una correcta atención inicial de los politraumatizados, tener conocimientos acerca de protocolos de actuación y la aplicación de la regla PAS (Proteger, Avisar y Socorrer), antes de atender a la víctima.

Las situaciones de mayor gravedad a las que se exponen los heridos en combate son el shock por hemorragia aguda y el Paro Cardio Respiratorio (PCR), ambas situaciones son reversibles si se aplica de forma eficaz conocimientos básicos de reanimación, primeros auxilios y detención de hemorragias. El éxito de esto depende directamente de la capacidad y formación de los soldados para aportar la correcta asistencia inicial en combate. Para ello se imparten los cursos: de Primeros auxilios, de instructor de Primeros Auxilios, de Sanitario, o el *Tactical Combat Casualty Care* (TCCC).

En un estudio realizado por la *revista de Sanidad Militar española* con respecto a la calidad de los conocimientos de primeros auxilios a una población, se concluye que, de 178 encuestas, la calidad de la enseñanza en primeros auxilios es buena, pero deberían reforzarse las habilidades y conocimientos en la fase previa a una operación en zona de operaciones. [24]

3.2 Aplicación de métodos y herramientas de logística sanitaria

3.2.1 Previsión de la demanda

Con el fin de realizar una buena previsión de la demanda y poder aplicar las herramientas de logística estudiadas debemos conocer con precisión:

1. Cantidad y tipos de emergencias esperadas.
2. Listas normalizadas de materiales sanitarios y medicamentos.
3. Uso de tarjetas de control de existencias.
4. Suministros y equipos básicos necesarios.
5. Control de fechas de caducidad y de calidad.

Como ejemplo describiremos el despliegue de un ROLE 2 español en Zona de Operaciones, la Base de Apoyo Avanzado (FBS) se instaló en Herat (Afganistán). Esta operación se integró en la operación ISAF (Fuerza Internacional de Asistencia a la Seguridad), cuya misión fue garantizar seguridad del nuevo gobierno afgano evitando crecimiento del bando talibán, y la reconstrucción del país en 2007 (de febrero a julio). España lidera la FSB de Herat. En estos meses se atendió a un total de 54 bajas de combate y se contabilizó un total de 1432 consultas a combatientes y 1880 civiles. Podemos comprobar de los datos aportados por el ROLE 2 que éste debe tener la capacidad de recibir y atender a bajas de combate, tratamiento de enfermedades comunes y capacidad de realizar asistencia humanitaria. Cuenta con: triaje, radiología, laboratorio, quirófanos, UCI, hospitalización, odontología, psicología, veterinaria y farmacia. Se trata de la estructura de actuación sanitaria más elaborada del oeste de Afganistán. A esta unidad llega personal civil y otras bajas procedentes de los ROLE 1 de la región o aquellas que necesitan de evacuación a un ROLE 3. La FSB de Herat cuenta con 2 helicópteros de evacuación que tienen un radio de acción que abarca la totalidad de la región. En caso de necesidad de una evacuación a territorio nacional, se cuenta con un destacamento desplegado en Manas (Kirguistán), perteneciente al Ejército del Aire, preparado para realizar transporte de bajas al ROLE 4.

Los recursos y la administración de recursos se siguen mediante control informático de todas las asistencias realizadas al Cuartel General ISAF y al CMOPS. Cada 15 días, se recibe material sanitario del Territorio Nacional por medios aéreos, a su vez, el banco de sangre es renovado.

3.2.2 Logística de recursos sanitarios

En la fase de planeamiento, el MOPS determina las capacidades que serán necesarias en la operación (ROLE 1, 2 o 3). El propio Ejército es el que define las FST (Formaciones Sanitarias) y el personal necesario (puestos de socorro, ambulancias, farmacia...). La DISAN definirá qué materiales en concreto

lleva cada uno de éstos (electromedicina, medicamentos, parafarmacia, etc.), Dependerá también del número de personal desplegado y el tiempo de reaprovisionamiento previsto.

La definición de la cadena logística de suministros está condicionada por el planeamiento de la operación y por los DOS (*Days of Supply*). Según el sistema de codificación OTAN, los recursos sanitarios pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- i. Medicamentos.
- ii. Sangre y componentes sanguíneos.
- iii. Productos de cuidado personal.
- iv. Productos de uso veterinario.
- v. Productos para curas e inmovilizaciones.
- vi. Productos quirúrgicos.
- vii. Productos de uso odontológico.
- viii. Utensilios y suministros hospitalarios.
- ix. Artículos para vestuario de personal sanitario.
- x. Artículos de uso óptico-oftalmológico.
- xi. Botiquines.

La gestión logística sanitaria debe cumplir con la GDP (*Good Distribution Practice*), asegurando una garantía de calidad internacionalmente aceptada. Es necesario garantizar la sostenibilidad del apoyo sanitario en cualquier condición operativa. El comandante de una operación es capaz de ejercer autoridad en los planes, dirección y coordinación del apoyo logístico, para garantizar un mejor empleo de los recursos y el apoyo sanitario. [20]

Es importante contribuir identificando lecciones sobre gestión, que ayuden a operaciones futuras.

El planeamiento y gestión de los recursos dependen directamente de la misión y los riesgos sanitarios, deben ser garantía de autonomía de principio a fin. Por ejemplo, es necesario conocer el nivel de integración de la FST en una operación, como si la FST se ha de mover con la Fuerza o permanecerá estática o la capacidad de almacenamientos de la que dispone.

Definiremos las capacidades sanitarias de la operación, elaborando un catálogo de recursos con su correspondiente codificación. Valoraremos para cada tipo de necesidad:

- i. Consumo previsto, estimación de bajas, población a atender, históricos de consumos y necesidades.
- ii. Criticidad, existen recursos de mayor importancia que deben someterse a controles y seguimientos especiales.
- iii. Disponibilidad, necesidad de crear almacenes de reserva.
- iv. Condición de conservación y necesidades de transporte (tiempos de transporte, refrigeración, congelación, trámites y autorizaciones en aduanas...)

Es importante que los recursos sanitarios sean interoperables, y se promueva la normalización y catalogación. A ser preferible los transportaremos desde territorio nacional hasta la zona de operaciones. Pueden obtenerse recursos sanitarios de otras fuentes no nacionales, pero deberán ser autorizadas por el comandante del Mando de Operaciones bajo el asesoramiento de las autoridades militares sanitarias nacionales.

Los recursos sanitarios se disponen en organizaciones modulares, lo cual facilita el despliegue, cambios de zonas, repliegue y adaptación en el medio.

En relación con el transporte, el sistema debe garantizar la posibilidad de reabastecerse adecuadamente, siendo necesario definir los canales logísticos. Se priorizará en función del carácter crítico de cada recurso y la trazabilidad de los recursos sanitarios, garantizando la posibilidad de

localizar, inmovilizar o retirar productos en caso de necesitarlo. Durante las fases de transporte se garantizará la conservación y control de la calidad de los artículos.

Las FST deben permitir un conocimiento detallado de localización, medios, despliegues y situación sanitaria. Por ello es de vital importancia el adecuado Mando y Control, que influye en el planeamiento de la logística. [20]

3.2.3 La optimización de las previsiones de stocks

Con la intención de optimizar el sistema actual realizaremos una analogía con aquellos métodos de logística utilizados por las mejores empresas mundiales. Desde el punto de vista de la rentabilidad buscaremos lograr un aumento de rentabilidad: el bajo nivel de inventarios; la información actualizada y confiable; la reducción de los bienes obsoletos; la optimización de recursos; la eliminación de actividades que no agregan valor al sistema; disminución de los trámites y papeleo; la reducción de costes y aportación de nuevas tecnologías.

Para lograr incrementar la calidad de una previsión de inventarios son de gran utilidad los datos cualitativos y cuantitativos, ya estudiados con anterioridad. Hoy en día, tenemos Sistemas para la Información Clínica (CIS), entre los que cabe destacar:

- i. La historia Clínica Digital, en formato electrónico que recoge historiales de pacientes.
- ii. Sistemas de gestión y almacenamiento de imágenes clínicas de historiales de pacientes.
- iii. Sistema de gestión de información de laboratorios (LIMS).
- iv. Estados de aptitud psicofísica de individuos desplegados.
- v. Almacenamiento que registra bajas por combate, accidentes o enfermedad en despliegues, de gran utilidad para realizar estadísticas, contribuyendo a el LAMP (Lecciones aprendidas y mejores prácticas) [20]

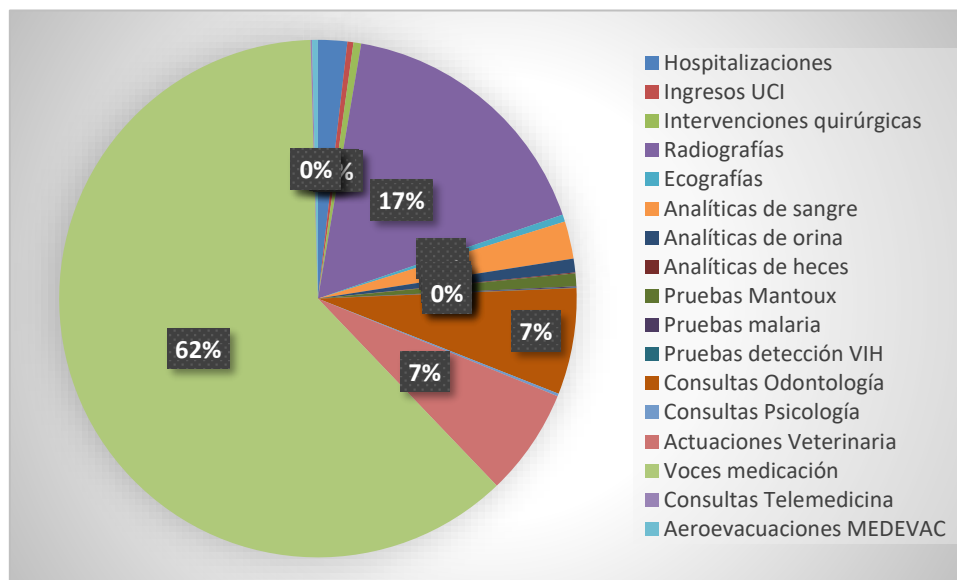


Figura 3-12 Actividades por ROL 2 español en FSB de Herat (Afganistán) (febrero a julio de 2007) [22]

3.2.4 Aplicación de principios Lean

Los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), consisten en planes de recursos de empresas, su objetivo es integrar los departamentos y sus funciones mediante un recuento global que satisface las necesidades de todas las áreas productivas en su conjunto.

La cadena de logística trata de gestionar el uso de inventarios, de la forma más eficiente. Gracias al estudio del ciclo de la operación, incrementando la eficiencia del tiempo de los stocks y apoyándose en un buen sistema de información.

El papel del Sistema de Gestión de Almacenes (WMS) es apoyar los procesos logísticos. Modela una solución basada en la problemática de configuración de la bodega y de inventarios. Su meta es encontrar la decisión óptima para esta problemática. Las herramientas más frecuentes son la programación y optimización de existencias de entrada y salida. A medida que la función logística continúe dándose, el software WMS posibilitará visibilidad y control total dentro del almacén en operación; gracias a sus capacidades de visualización de datos en tiempo real.

Los beneficios que aporta el WMS son:

- La administración se vuelve mucho más eficiente, pues se sabe qué se tiene porque existen ciclos cerrados, se sabe cuándo reabastecer, cuánto debemos pedir, cuándo pedir referencias, se tiene un buen control de stocks, se conoce cuánto existe en el inventario, cuánto se ha vendido o se ha despachado, cuándo se requiere de un determinado artículo y cuándo se requerirá de nuevo. Lo anterior debido a que se lleva un historial de lo que ha estado sucediendo. Este registro puede ser consultado en cualquier momento, pues su nivel de confiabilidad es el más alto posible.
- La posibilidad de llevar el costo por actividad, se controla el movimiento y almacenaje. La lógica básica del WMS es la combinación de artículo, localización, cantidad, unidad de medida, e información para determinar dónde almacenar y recoger mercancías y en qué secuencia hacerlo.
- Reducción de documentos. El uso de papeles y formularios es la mayor fuente de ineficiencia, pérdida de productividad y errores de depósito. Siempre existen documentos mal ubicados o archivados incorrectamente. [6] [13]

La estandarización de actividades es una técnica que permite representar de forma fácil y segura como realizar un trabajo, cuyo objetivo es el de incrementar la eficiencia de un proceso, eliminando toda aquella actividad que sea innecesaria, buscando la mejor lógica. El principal beneficio es la preservación de conocimientos y experiencia, formando la base del mantenimiento y mejora de las actividades y ayudando a prevenir los errores. En definitiva, estamos estableciendo la forma correcta de hacer un proceso. Los métodos de estandarización son muy diversos, pero generalmente se usan diagramas, fotos, *check-lists*, restricciones o actividades secuenciadas.

4 SUPUESTO PRÁCTICO: EJEMPLO DE ACTUACIÓN, MÉTODOS DE LOGÍSTICA SANITARIA

4.1 Contexto: Ataque en base en zona de operaciones

Para el desarrollo del caso práctico que permita aplicar los conceptos expuestos en el presente trabajo asumiremos un despliegue de tropas pertenecientes al Cuerpo de Infantería de Marina en una zona fuera de Territorio Nacional, concretamente en el continente africano, supondremos este caso en Cassaiol al sur de Senegal, alejada una distancia de aproximadamente 2570km de España. De esta manera, en caso de necesidad urgente se usarían medios aéreos para transportar bajas a ROLE 4 en territorio nacional.

La necesidad revoca del conflicto entre Casamance (territorio en el sur de Senegal) separado en gran parte por el Estado de Gambia, la región es en un 15% de Senegal y es muy rica en recursos naturales, en relación con la zona norte. El origen del conflicto armado entre el Movimiento de Fuerzas Democráticas de Casamance (MFDC) y el Gobierno Senegalés comenzó en 1982, abogando por la independencia de la región. Durante todos estos años han resultado negociaciones sin futuro que hasta el día de hoy han mantenido esta zona en una guerra intermitente. A pesar de los miles de víctimas mortales, secuestros y desplazamientos de familias, es considerada como la guerra más larga y olvidada en África. El motivo de dicho despliegue consistirá en una misión de mantenimiento de la paz en la región sur en zonas de mayor concentración de conflictos, debido a que éste comienza a cobrar últimamente una mayor importancia, cobrándose la vida de militares y causando desaparecidos. La misión principal será contener la inestabilidad creciente, impedir el tráfico mercantil y vigilar el cese de hostilidades entre las regiones, causadas por parte del MFDC contra Senegal, a su vez se asistirá a las Fuerzas Armadas de Senegal en la zona, asegurando el cumplimiento de derecho internacional humanitario (DIH). La inestabilidad será protagonizada fundamentalmente por grupos de guerrilleros pertenecientes al MFDC, considerando un nivel de amenaza considerable, debido a que estos grupos presentan armas portátiles y dispositivos explosivos como IEDS, granadas, etc. Convierten esta región en una zona de necesidad de apoyo por parte de España. Es por ello, por lo que se aprueba un despliegue táctico de un conjunto de 15 efectivos, portando un ROLE 1, como medios sanitarios durante el despliegue, (en caso de necesidades quirúrgicas se procederá al traslado a un ROLE 2).

El contingente portará un ROLE 1 durante las patrullas que realizarán por el área en conflicto. Para el despliegue se utilizarán medios marítimos, utilizando un buque de proyección de fuerza marítima a tierra del Ejército de la Armada, como medio de transporte tanto para el contingente, como para los materiales y recursos logísticos necesarios. A su vez, toda necesidad de reposición de material sanitario será gestionado y ejecutado por medios aéreos para aumentar la seguridad y la no detección de la fuerza.

El objetivo será realizar el despliegue del ROLE 1 en la zona mediante 3 convoyes en playa y su posterior traslado e instalación, en un período inferior a las 48 horas. [25]



Figura 4-2 Mapa vista aérea Región de Senegal [fuente: Google Earth]



Figura 4-1 Mapa Senegal distribución del área de Casamance [26]

Como principal problema logístico a abordar tendremos la asistencia médica en la zona, asumiremos que los sistemas de salud de la zona y de la región no cumplen con los estándares requeridos por la Unión europea, y que existe un alto riesgo de contraer enfermedades endémicas como la fiebre amarilla o el paludismo. Por estos motivos se cubrirá la zona bajo un radio que garantice el ingreso a un ROLE 2, en menos de 4 horas desde que ocurra un incidente, que suponga heridos. Este nivel será considerado como referencia para todo el personal en despliegue durante el curso de la misión (en caso de necesidades que no puedan ser cubiertas por el primer escalón). El ROLE 2, deberá cubrir un mínimo de necesidades primarias a nivel quirúrgico, aquellas que no pudieran ser cubiertas por el ROLE 1. Debido a la distancia del territorio nacional a la que se encontraría de territorio nacional, se pondría en riesgo la vida del herido en caso de presentar heridas de alto riesgo. Por ello, el segundo nivel o ROLE 2, aportará las siguientes capacidades al despliegue:

- Medicina general.
- Cirugía general.
- Unidad de cuidados intensivos.
- Reanimación.
- Triage.
- Tratamiento dental de emergencia.

- Farmacia.

En caso de necesidad de evacuación a un cuarto escalón (ROLE 4), éste se localizaría en Territorio Nacional, concretamente en el Hospital Central de la Defensa “Gómez Ulla”, en Madrid. Este nivel será el capacitado para la atención de pacientes cuyos tratamientos sean más largos que el tiempo de la operación, o aquellos casos en los que se considere que el tratamiento no puede llevarse a cabo en zona de operaciones. Se ofrecerá atención de bajas en necesidad de cirugía o medicina avanzada, reconstrucciones, rehabilitación y atención durante los periodos de convalecencia. Este nivel de atención será altamente especializado.

La misión fundamental del apoyo médico ofrecido por el ROLE 1 durante la operación, es dotar de ciertas capacidades sanitarias a la pequeña unidad, prestando primeros auxilios y medidas inmediatas de salvamento y triaje. A su vez, contribuirá a sostener un buen estado de salud de la unidad, orientándola en prevención de enfermedades, lesiones físicas, estrés de combate, etc.

A su vez, el ROLE 1, deberá garantizar una atención precoz por parte de sanitarios de manera que se identifique el tipo de lesión producida, y su posterior decisión, catalogando las bajas como “en necesidad de evacuación” o “tratables en zona de operaciones”. Esto será determinado siempre por personal sanitario y se generará una etiqueta que clasifique su lesión y su gravedad. Estaríamos ante un triaje *in situ*. El material para portar por el sanitario será el mínimo indispensable para atender en una primera fase al herido. [26]

4.2 Estadísticas obtenidas de conflictos armados

Analizando el histórico de datos obtenidos por diversas fuentes desde el 2013 al 2015 en el norte de Mali se obtiene que existe una predominancia en los traumatismos cefálicos con un 28,6%, siguiéndoles los de la región vertebral (25%) y en tercer lugar los miembros inferiores (17%). De todos estos datos, casi la mitad de ellos necesitaron someterse a cirugía. Y la mortalidad fue de un 1,8%.

Por otra parte, analizando otros datos se aprecia como de una muestra de 125 lesiones, los procedimientos quirúrgicos más empleados son el desbridamiento y colocación de fijadores externos. [27]

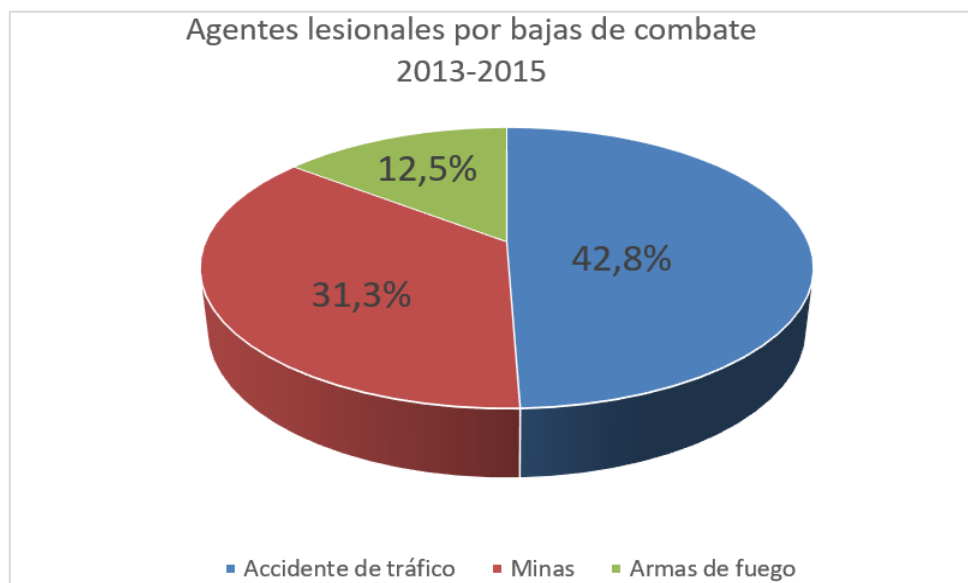


Figura 4-3 Distribución traumatismos de guerra conflicto en Mali [25]

A lo largo de la historia, se ha demostrado que las lesiones producidas por armas de fuego y artefactos explosivos han ido variando. Como norma general, en los conflictos más recientes estos se han distribuido en extremidades, cabeza y cuello. Del conflicto analizado del que podemos obtener un mayor número es del caso de Afganistán. En este sentido los resultados demuestran que, solo teniendo en cuenta las heridas producidas por armas de fuego y artefactos explosivos. Se obtienen los siguientes datos de relevancia:

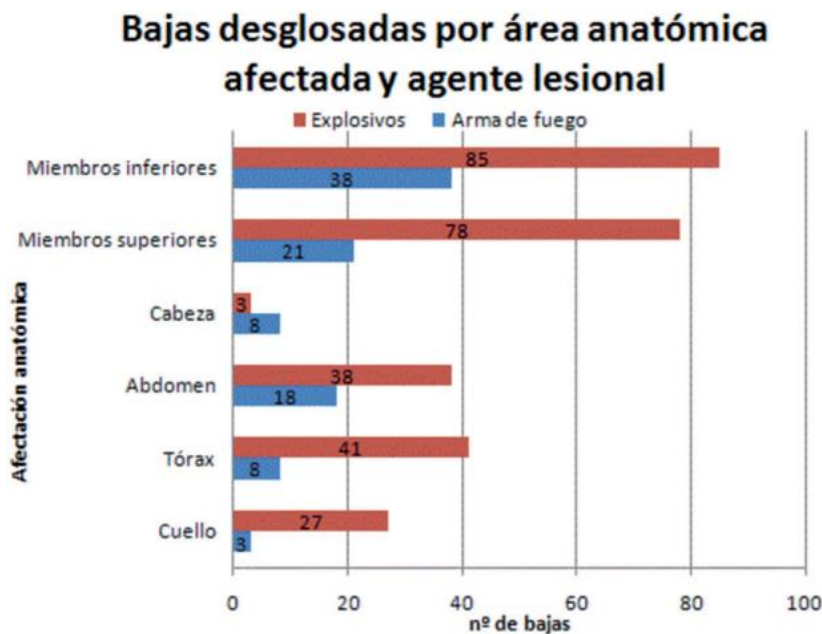


Figura 4-4 Bajas por área lesionada y agente de la lesión [27]

Para el estudio, se revisaron un total de 12.256 datos clínicos, y como se puede observar se aprecia una elevada incidencia de lesiones por explosivos en miembros tanto inferiores, como superiores. A su vez los explosivos son los agentes de mayor causa de lesión. Siendo mucho menos recurrentes las heridas por arma de fuego. Cabe destacar que aquellos heridos con más de una región afectada fueron los impactos de explosivos, siendo el 23% del total aquellos con dos zonas y del 15,5% en tres áreas simultáneamente.

La responsabilidad médica durante el conflicto se basa en estar preparados para atender estos tipos de bajas en un escenario bélico. Por ello, debemos comprender adecuadamente los tipos de heridas que sufren los soldados en las operaciones militares, para poder tomar medidas logísticas aplicables en un futuro.

Tomando datos de la Topografía lesional en baja de combate de la Sanidad Militar Española, llegamos a una serie de conclusiones:

- i) Las áreas de mayor afección son tren inferior y miembros superiores.
- ii) En todos los casos el agente causal de mayor incidencia fueron los explosivos.
- iii) En la mayor parte de las bajas se presenta una región afectada.
- iv) Los explosivos poseen más probabilidad de afectar varias áreas del cuerpo que las armas de fuego.
- v) La necesidad de incrementar los conocimientos relativos al manejo y tratamiento de lesiones por arma de fuego y explosiones por parte del equipo Médico Militar. [28]

A partir de los datos analizados para el estudio, aunque muchas de las enfermedades son no traumáticas (56% de los datos revisados), evaluando los datos de evacuados de Afganistán e Irak entre 2001 y 2013 (con un total de 68.349 evacuados de ambas zonas de operación) podemos observar una

evolución en el tiempo del número de evacuaciones. Comenzando en 2006 con un 19% de evacuaciones y en 2008 un 44%. Cabe destacar la prevalencia de bajas por explosivos (71%) frente a las de armas de fuego, correspondiendo con el porcentaje restante. Esta diferencia se ve en otros estudios, aunque de manera menos pronunciada. El autor Munayco presenta en su estudio un 57.14% de pacientes heridos por aparatos explosivos improvisados frente al 42.8% por arma de fuego.

Martínez Sánchez analiza el personal que fue asistido por el servicio de psicología en el ROLE 2 de Herat, Afganistán entre 2005 y 2009, cabe destacar que son acusados los trastornos por ansiedad y la dificultad de adaptación, resultando ser el segundo motivo más común de evacuación a territorio nacional.

Con respecto a las bajas, analizando una población de 139 bajas producidas en Afganistán, el 10,8% resultan ser bajas de combate, frente al 89,2% restante de no combate. Analizando aquellas de interés para nuestro caso, podemos observar la prevalencia de los IEDs (53,33%) mientras las armas de fuego (46,67% restante). Por ende, la variabilidad entre estudios es muy baja, siendo coincidentes las causas de bajas y de evacuación.

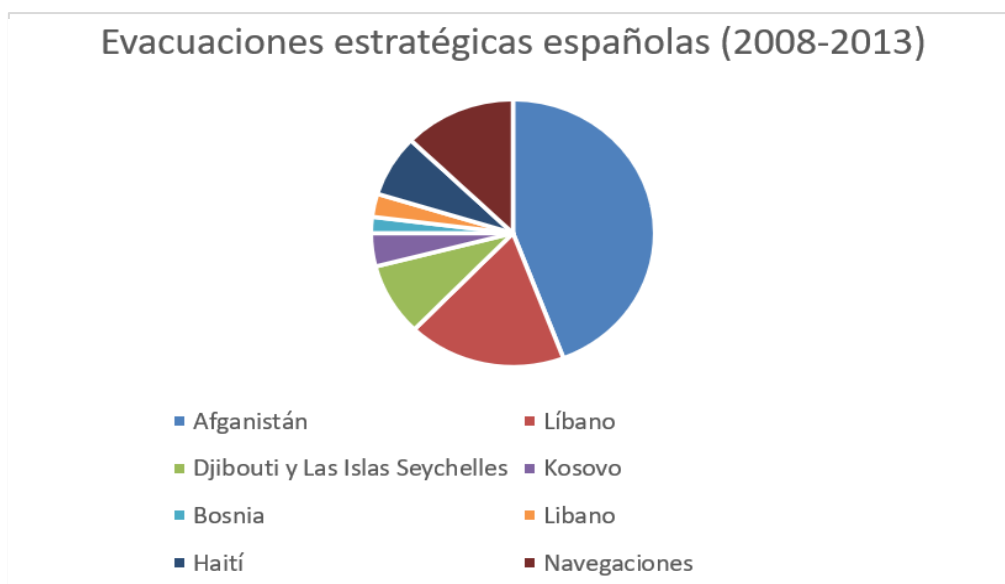


Figura 4-5 Análisis evacuaciones Cmte. Médico Navarro Suay [22]

El comandante médico Navarro Suay y su equipo analizaron las evacuaciones entre 2008 y 2013 en función de la zona de operaciones, podemos ver representada la alta incidencia de evacuados de la zona de Afganistán y del Líbano. Cabe destacar que, de todas éstas, el 9% fue por causas de combate. Con una mayor incidencia causal de los dispositivos explosivos improvisados frente a armas de fuego.

Otro estudio realizado por Líbano Borrego Jiménez y su equipo, publicaría en el primer congreso de sanidad miliar un poster que estudiaba 9 años de recolección de datos, del cual se confirma que la causa de evacuación principal son los traumatismos (44,4%) (entre ellos los producidos por agentes explosivos como artefactos terroristas y minas), siguiendo a estos los accidentes de tráfico y las heridas por arma de fuego.

Las evacuaciones médicas por motivos de no combate tienen una mayor prevalencia frente a las causadas por motivos bélicos en zona de operaciones. “*La Clasificación Internacional de Enfermedades décima edición*” diferencia en tres causas principales las evacuaciones médicas hasta el cuarto escalón sanitario de miembros de las Fuerzas Armadas españolas, entre el 2007 y el 2017 en:

- i. Lesiones traumáticas, venenos o por causas externas.
- ii. Trastornos mentales de adaptación y de conducta (trastornos adaptativos).
- iii. Enfermedades digestivas.

No se detecta correlación estadística de significancia en variables como el sexo, la edad o los motivos de evacuación. Los servicios más necesitados dentro del ROLE 4 por el personal evacuado desde zona de operaciones son los de traumatología, psiquiatría y cardiología, en ese orden. El motivo de la evacuación es independiente del año estudiado, los motivos de evacuación predominantes son por necesidad de cirugía general, gastroenterología y cardiología.

De estos resultados se puede concluir la necesidad de adaptar y mejorar la psicología asistencial; la mejora del sistema de reconocimiento médico previos a la misión en la especialidad digestiva y cardiológica, al igual que aquellos médicos militares desplegados tengan una adecuada formación sobre estas áreas.

4.3 Planeamiento despliegue sanitario

4.3.1 Introducción necesidades generales

El método utilizado para realizar el planeamiento logístico a nivel sanitario incluirá:

- i) Identificación de necesidades.
- ii) Análisis de la misión.
- iii) Elaboración y Análisis del modo de operación.
- iv) Adoptar la decisión estratégica.
- v) Desarrollo de planes.

El planeamiento en detalle es vital para poner en marcha el despliegue médico, dotándolo de medios humanos, materiales y logísticos, y poder sostenerlos en el tiempo. Encontrándose con el muro de la violencia en un terreno alejado del territorio nacional.

Este estudio se centrará en el análisis de datos obtenidos por apoyos asistenciales de tipo ROLE 2, sus condiciones higiénico-sanitarias, la estructuración de sus almacenes, necesidades mínimas sanitarias y de personal. Estudiaremos más en profundidad las necesidades materiales a nivel ROLE 1, que dotarán de la asistencia básica en la operación de la fuerza, en caso de estar emplazado en zonas a más de 2 horas de la posición del segundo escalón. A la hora de activar la operación debemos definir claramente:

- Tipo de operación y misión: Mantenimiento de la paz y apoyo a unidades Fuerzas Armadas de Senegal en diferentes puntos de tensión del país. Ejercer presencia militar en la zona y disuadir a los grupos armados del MFDC.
- Zona de despliegue: Zona de alta concentración y dispersión de conflictos al sur de Senegal y norte de Gambia.
- Numero de personal que compone la fuerza: 15
- Población local de responsabilidad: Despliegue ROLE 2 en la zona de operaciones que ofrece apoyo a nivel conjunto. Madrid nivel ROLE 4 de atención médica hospital General “Gómez Ulla”, transporte de bajas mediante MEDEVAC.
- Estimación de asistencia sanitaria requerida: ROLE 1 y hasta nivel ROLE 2 en zona de operaciones, evacuación mediante MEDEVAC y posibilidad de telemedicina.
- Nivel de amenaza hostil: Probable. Existen traficantes y una amenaza terrorista alta. Se han producido recientemente casos de secuestro y/o asesinato a miembros de las Fuerzas Armadas de Senegal.
- Fecha de comienzo despliegue y tiempos para alcanzar la capacidad operativa del ROLE 2: Julio 2022.
- Duración de la operación: 5 meses con relevos de personal cada 15 días por vía aérea.

Conocidas las características del despliegue, se estudiará de forma pormenorizada, sin obviar ningún dato importante:

4.3.2 Especialidades fundamentales sanitarias

Para cubrir con las necesidades mínimas sanitarias requeridas para un ROLE 2 en el teatro de operaciones, esto es debido a que necesitaremos de capacidad quirúrgica, sumado a el alto riesgo de bajas y las grandes distancias entre Territorio Nacional y la zona de operaciones (dificultad para evacuación), deberemos contar con la asistencia de los siguientes profesionales en medicina de combate:

- i) Médico general.
- ii) Cirujano.
- iii) 2 enfermeros.
- iv) Psicólogo.
- v) Farmacéutico.
- vi) Técnico especialista en análisis laboratorio.

Cabe destacar que el despliegue del ROLE 2 tendrá como fin soportar bajas presentes en un gran radio de acción mínimo de 50 km, sirviendo en casos de atención a bajas civiles por heridas de guerra, bajas del ejercito senegalés, y posibles contingentes en despliegue en zonas cercanas. Las capacidades básicas serán:

- i) Mínima capacidad de hospitalización.
- ii) Odontología.
- iii) Farmacia.
- iv) Laboratorio de diagnósticos.
- v) Radiología básica.
- vi) Telemedicina.
- vii) Atención psicológica.

4.3.3 Despliegue de medios

A su vez se contempla la necesidad de formación previa en ámbito de asistencia inicial a heridos de combate, primeros auxilios, medicina preventiva.

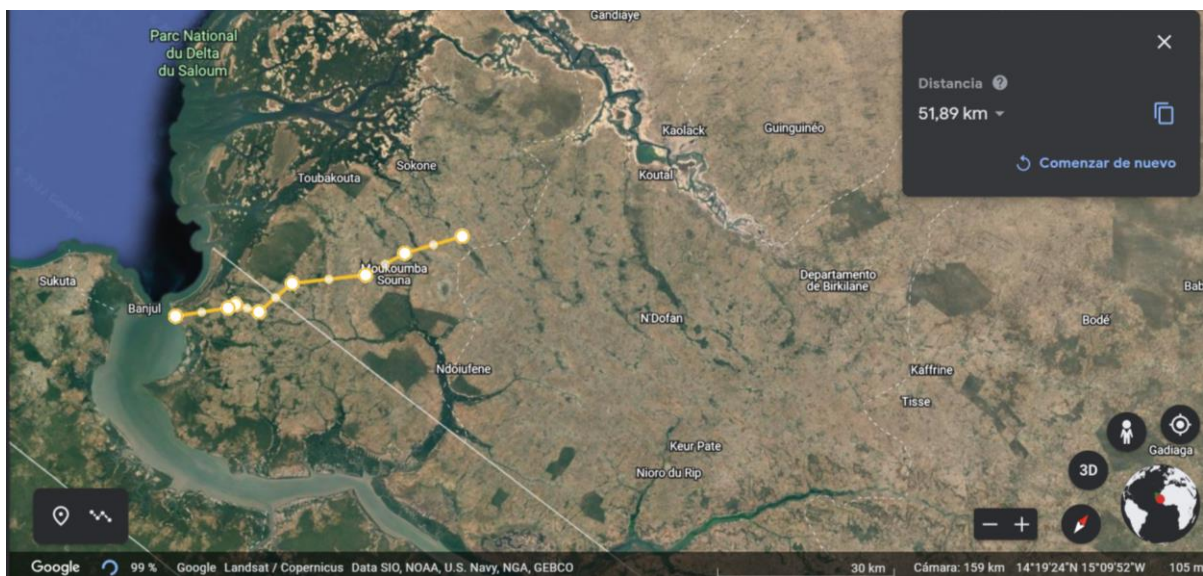


Figura 4-6 Recorrido desde playa hasta el punto de despliegue ROLE 2 [Fuente: Google Earth]

Con respecto a la información que conocemos de la situación estratégica y la seguridad local, debemos tener en cuenta que el despliegue se realizará usando como medio de transporte hasta 3 vehículos que transportarán al contingente y el personal sanitario necesario. Por motivos de seguridad,

la situación elegida para desembarcar el ROLE 2 será en una playa en Essau en la desembocadura del río Gambia, perteneciente a Gambia, este país se encuentra entre las dos zonas en conflicto y al norte de éste es dónde, según los informes de inteligencia recogidos, se encuentran los grupos terroristas partidarios de la separación de Casamance y su independencia de Senegal. El principal motivo es la existencia de una gran diversidad de recursos naturales en la zona sur (Casamance) en contraste con el árido norte de Sahel.

La base desplegada será protegida por fuerzas tanto de la Armada de Senegal como del contingente, los cuáles velarán por su seguridad en todo momento con un sistema de guardias armadas y mediante patrullas en pueblos colindantes en un radio de 50km alrededor de la base del ROLE 2. Portando un sanitario que procurará las necesidades básicas de ROLE 1.

El lugar donde se ubicará la instalación sanitaria será al norte de Casamance y de Gambia, coincidiendo con el centro de las zonas dónde se han estado perpetuando los ataques más recientes de las bandas terroristas del MFDC (Movimiento de Fuerzas Democráticas de Casamance). El buque anfibio LPD Galicia realizará el transporte de 1LCM-1E (lancha de desembarco anfibio), que servirá como medio de desembarco tanto de la fuerza como para los medios logísticos, pudiendo portar hasta 3 VAMTACS que desembarcarán en la playa, que coincide en la desembocadura del río de Gambia en la provincia de Essau, con coordenadas 13° 28' 32" N y 16° 31' 45" W.



Figura 4-7 LCM-1E lancha de desembarco anfibio de medios mecanizados de la Armada. [37]

Con posterioridad al desembarco se realizará el recorrido de aproximadamente 52km hasta la zona de despliegue que se encontrará en territorio no habitado en el punto 13° 50' 10" N y 16° 14' 57" W, dónde un grupo de operaciones del ejército senegalés auxiliará al contingente español en el montaje del dispositivo, proporcionando cobertura y protección durante esta operación. La zona de despliegue se considera con un nivel bajo de amenaza por la ausencia de miembros partidarios del MFDC.

Cabe destacar que los grupos de patrulla armada se desplegarán en equipos de 4 miembros más el sanitario, los cuales vigilarán las zonas colindantes con un radio de 50km, proporcionando cobertura a las ciudades y puntos de interés, en los cuáles se han estado llevando a cabo actos de violencia y terrorismo contra al gobierno de Senegal, durante los últimos meses.

A su vez se dispondrá, en una zona próxima al ROLE 2, de una aeronave de ala fija Airbus A400M (T.23), perteneciente al ejército del Aire.



Figura 4-8 Airforce Airbus español. [28]

Su misión primordial será la de asistir en caso de necesidad de evacuación sanitaria y de transporte de material entre el territorio nacional y la zona de operaciones, a pesar de que su misión principal es la de transporte, necesitaremos de este tipo de medio debido a la incapacidad de operar con helicópteros a una distancia tan grande del territorio nacional. En caso de emergencia podrá llegar a una velocidad máxima de 825 km/h, pudiendo llegar al siguiente escalón hospitalario en un tiempo inferior a las 4 horas. Tiene capacidad de reabastecer en vuelo y carece de armamento. En este caso se encuentran a una distancia algo superior a los 3000km del ROLE 4 (Madrid). Presentará una autonomía de vuelo máxima de 8700 km disminuyendo a unos 3298 km a plena carga, suficientes para poder servir en caso de necesitar transportar material sanitario y pudiendo aportar servicios de MEDEVAC al contingente, aunque será necesario portarlo de los medios sanitarios, por ende, podríamos calificarlo como CASEVAC. La distancia que deberá recorrer, en caso de evacuación hasta Madrid es de aproximadamente 3060km, por ende, este medio es completamente válido para realizar la misión. Las capacidades deberán estar disponibles en todo momento en caso de necesidad de evacuación estratégica urgente. [29]

La tripulación sanitaria será constituida por: Un Oficial Médico de vuelo, un Oficial Enfermero y un sanitario, encuadrados en la plantilla del Hospital ROLE 2. Además, con respecto al material asistencial a bordo y los dispositivos de electromedicina necesarios, se conforma el equipo necesario para dotar al medio de capacidad de asistencia en soporte vital avanzado de combate, el principal material con el que se deberá contar en el medio:

Descripción	Cantidad
Monitores constantes vitales	2
Ventilador	2
Bomba de perfusión	1

Aspirador	1
Manguito presurizado para fluidoterapia	1
Desfibrilador	1
Capnógrafo (medidor de CO ₂)	1
Camilla OTAN	2

Tabla 4-1 Principal material sanitaria para aeroevacuación España [30]

La formación y adiestramiento con respecto a la asistencia inicial al trauma a nivel prehospitalario, la asistencia a bajas en combate, soportes vitales cardiológico y traumatológico en combate son de gran importancia en el contexto del ambiente aeronáutico y enfermería en vuelo real. Las evacuaciones sanitarias MEDEVAC ofrecen rapidez de asistencia y traslado desde el momento del suceso, es vital el correcto control del daño de la víctima y su diagnóstico rápido. Así, se logra aumentar las capacidades de asistencia del equipo sanitario, siendo vital la estandarización de este tipo de procedimientos, según se ha ido ratificando en misiones anteriores como el despliegue español en Afganistán. [31]

4.4 Lesiones en combatientes

4.4.1 Clasificación de patologías

Clasificaremos las lesiones de combate más probables en función a la amenaza que vamos a encontrar, para poder simplificar el caso. Las distintas lesiones serán diagnosticadas mediante anamnesis o exploración clínica, y la necesidad instrumental será de un estetoscopio y un pulsímetro.

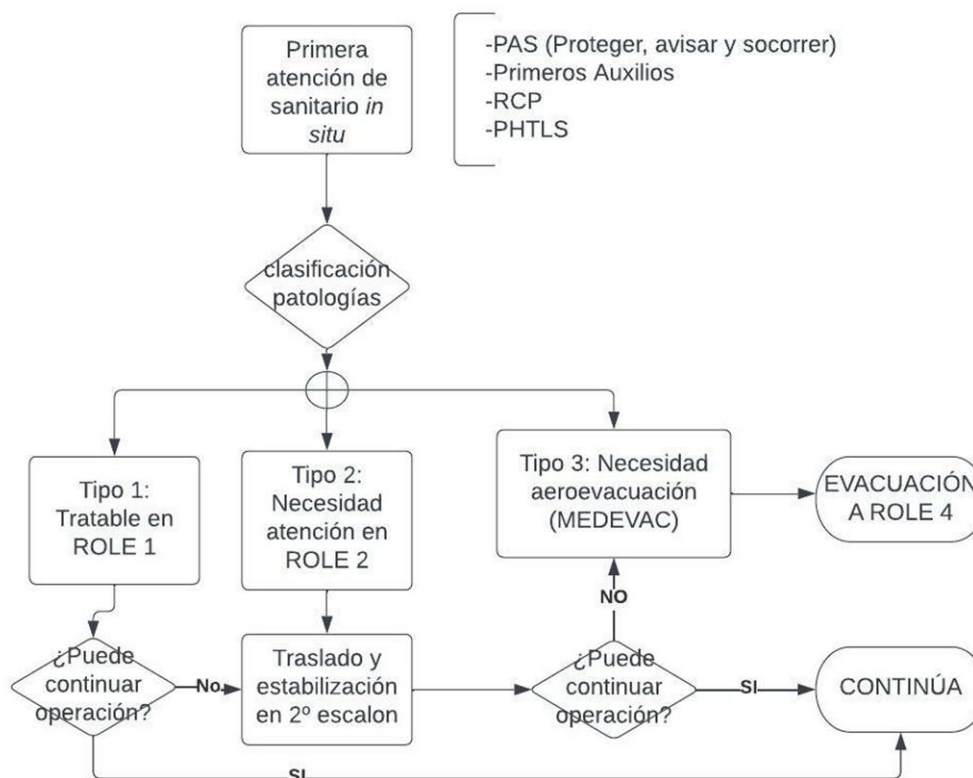


Figura 4-9 Diagrama decisión ante baja de combate. [Elaboración propia]

Las dividiremos en relación con el origen de la lesión (traumática o no traumática) y dentro de éstas por zonas afectadas. Existirán bajas que podrán ser atendidas por el nivel ROLE 1, clasificadas en el momento del incidente como: Tipo 1, aquellas que puedan ser tratadas en el momento y lugar por el sanitario y el material portado. Otras de mayor gravedad o necesidad quirúrgica serán catalogadas como

tipo 2, deberán ser trasladadas a la base dónde operará el segundo escalón para su adecuado tratamiento, o que se tome la decisión del transporte a territorio nacional.

A continuación, podremos ver una clasificación de aquellas bajas que serán capaces de tratarse en el territorio operacional

Al producirse una emergencia debemos tener en cuenta que los primeros minutos son la clave para salvar la vida. Los enfermeros profesionales deberán tener conocimientos teóricos y prácticos para poder estar a la altura de la situación. Los manejos iniciales y eficaces de pacientes traumatizados presentan particularidades que exigen de planes específicos para la actuación para abordar la situación preservando la seguridad y la actuación. Esto exige de la elaboración de protocolos de actuación teniendo en cuenta las múltiples circunstancias en las que se puede encontrar un herido de guerra, pudiéndose presentar necesidades como:

- i) Metodología PAS, ante situaciones de emergencia como accidentes o heridos en combate, consiste en Proteger a la víctima, llevándolo a lugar seguro, Avisar si es posible y Socorrer en caso necesario a las víctimas, son las primeras medidas hasta llegar la atención sanitaria, o poder mantener la situación bajo control.
- ii) Primeros Auxilios. Consiste en el tratamiento más temprano ante cualquier accidente o enfermedad imprevista, sus esfuerzos se concentran en salvar la vida, reducir el sufrimiento o mejorar las condiciones de los pacientes. Es imprescindible la instrucción y el adiestramiento en el ámbito sanitario de los combatientes para poder atender en primera instancia tanto como para un compañero como para él mismo. A su vez, debe conocerse y aplicarse el *soprote vital básico*, que encaminará la supervivencia del herido.
- iii) RCP (Resucitación Cardiopulmonar) la muerte por fibrilación muscular del corazón es la causa más frecuente de muerte súbita, pero remediable si se aplican adecuadamente las técnicas de resucitación cardiopulmonar.
- iv) PHTLS (*Pre-Hospital Trauma Life Support*), consiste en un programa de educación médica que ofrece ayuda ante el manejo prehospitario.

A continuación, vemos una clasificación de las lesiones traumáticas o no más probables producidas en combate, mostrando aquellas que deberán ser atendidas por un ROLE 1 en color azul y con un asterisco (*).

Lesiones traumáticas	
Cabeza	Traumatismo craneoencefálico cerrado (TCE) sin pérdida de conciencia (TO)*
	TCE abierto (herida cuero cabelludo) (TO)*
	TCE cerrado con pérdida de conciencia
	Traumatismo en área maxilofacial sin afectación de vía aérea
	Lesión ocular
	Quemadura facial
	Herida en área maxilofacial
	Herida en área maxilofacial con compromiso de la vía aérea
Cuello	Traumatismo cerrado sin afectación de vía aérea (TO)*
	Herida no sangrante (TO)*
	Herida sangrante compresible (TO)*

	Herida con pérdida de sustancia cutánea
	Herida con hemorragia de grandes vasos
	Herida con afectación de vía aérea

Tabla 4-2 Lesiones traumáticas en combate cabeza. [Elaboración propia]

Raíz de extremidades superiores	Contusión muscular *
	Herida abierta en región axilar/hombro no sangrante
	Herida sangrante en región axilar/hombro
Extremidad superior	Fractura (Fx) de húmero*
	Luxación de húmero*
	Fx de tercio distal de húmero*
	Fx de cubito/radio*
	Luxación cubito/radio*
	Herida en brazo sin afectación vascular*
	Herida en antebrazo sin afectación vascular *
	Herida en antebrazo con afectación vascular
	Herida en brazo con afectación vascular (sangrante)
	Amputación traumática
	Tórax
Herida no penetrante en cavidad torácica*	
Contusión en pared torácica*	
Sospecha de neumotórax simple o a tensión	
Volet costal	
Contusión pulmonar	
Blast pulmonar	
Herida penetrante en cavidad torácica	
Herida penetrante en corazón o grandes vasos	
Abdomen	
	Herida en pared abdominal penetrante
	Shock hemorrágico de origen abdominal
	Traumatismo cerrado abdominal

Tabla 4-3 Clasificación heridas traumáticas en combate tren superior. [Elaboración propia]

Cintura pélvica	Herida abierta en cintura pélvica no sangrante
	Herida abierta en cintura pélvica sangrante
	Traumatismo con Fx de pelvis

Extremidad inferior	Herida no sangrante en muslo*
	Fx de tibia y/o peroné*
	Lesión ligamentaria de rodilla*
	Esguince de tobillo*
	Congelación*
	Lesión muscular*
	Luxación de rodilla
	Herida exanguinante en muslo
	Luxación de tobillo
	Herida sangrante en pierna
	Amputación traumática
	Fx de fémur (proximal)
	Luxación de cadera
	Otras
Picadura de insecto/arácnido*	
Mordedura de animal	
Quemaduras graves	
Mordedura de serpiente o arácnido venenosa	

Tabla 4-4 Clasificación heridas de combate traumáticas tren inferior. [Elaboración propia]

ENFERMEDADES NO TRAUMÁTICAS
Hipotermia*
Golpe de calor*
Deshidratación*
Diarrea*
Vómitos*
Dolor lumbar*
Cólico nefrítico*
Dolor dental*
Cefalea*
Shock anafiláctico*
Colapso vascular
Dificultad respiratoria
Dolor abdominal

Tabla 4-5 Clasificación heridas en combate no traumáticas. [Elaboración propia]

El sanitario que en primera instancia atienda una baja e identifique la lesión, las clasificará de la siguiente manera:

Prioridad	Descripción:
P1	Requieren tratamiento inmediato por hallarse en peligro de muerte inminente. El plazo operatorio es inferior a tres horas. Representan el 5% del total de las bajas sanitarias y deben ser tratadas en las formaciones de tratamiento que despliegan más a vanguardia.
P2	Heridos en peligro de muerte por la aparición, en breve espacio de tiempo, de alteraciones fisiopatológicas irreversibles, pérdida de miembros, etc. Su tratamiento quirúrgico no debe retrasarse más de seis horas. Representan el 25% del total de las bajas sanitarias. Deben ser tratadas en formaciones hospitalarias del teatro de operaciones.
P3	Su tratamiento puede esperar hasta diez horas, ya que no existe riesgo vital inmediato. Representan el 30% del total de las bajas. Deben ser tratadas en formaciones hospitalarias del teatro de operaciones.
P4	Su tratamiento puede diferirse más de diez horas. Representan el 40% restante.

Tabla 4-6 Clasificación inicial de bajas por prioridad de atención. [Elaboración propia]

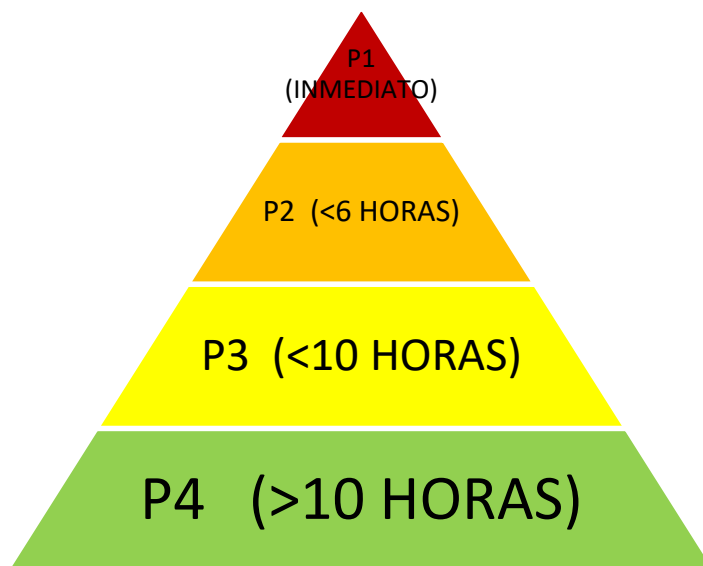


Figura 4-10 Pirámide visualización prioridad atención sanitaria de bajas. [Elaboración propia]

4.4.2 Conocimientos y materiales sanitarios *ROLE 1*

El sanitario que atienda a las víctimas deberá tener conocimientos y materiales sanitarios suficientes y estar capacitado para realizar las siguientes maniobras en el sitio del incidente. Siempre que estemos ante el caso de que la baja presente alguna de las patologías marcadas en azul en las tablas Tabla 4-2, Tabla 4-3, Tabla 4-4, Tabla 4-5, con posterioridad a su clasificación estará capacitado para realizar las siguientes maniobras:

- Colocación de un torniquete de extremidades.
- Taponamiento de una herida sangrante.

- Colocación de un tubo de tórax.
- Taponamiento de un tórax abierto.
- Cierre de heridas.
- Colocación de un tubo nasofaríngeo.
- Apertura de vía aérea.
- Reparación de luxación de hombro y cadera.
- Inmovilización de una fractura de huesos largos.
- Analgesia IM o IV.
- Administración de medicación IV o intraósea.
- Administración de fluidoterapia.
- Cobertura de heridas.
- Taponamiento de una herida sangrante con material hemostático.
- Inmovilización de tórax.

El sanitario necesitará contar con los siguientes materiales sanitarios para la atención *in situ*, portados en una mochila.

MATERIAL	CANTIDAD
Vendas de Crepe 5 cm.	2
Vendas de Crepe 10 cm	2
Vendaje Israelí	1
Vendaje para quemaduras	2
Esparadrapo 5 cm.	1
Gel antiséptico	1
Autoinyectable de Adrenalina	2
Autoinyectable de Ketamina	4
Ibuprofeno ampollas	10
Ampollas metamizol	10
Colirio oftálmico	2
Vendaje elástico compresivo	1
Torniquete CAT	2
Guantes estériles	4
Abbochat núm. 14	4
Tubo torácico	1
Cánula naso laríngea	1
Tubo de Guedel	2

Férulas neumáticas de estabilización	1
Vendaje de yeso	2
Sutura de Vicryl núm. 0	4
Tijeras	1
Bisturí hoja núm. 15	2
Pinzas de disección con dientes	1
Portaagujas	1
Clamps vasculares	2
Gasas 10 x 10	10
Compresas 45 x 45	5
Set de cricitiroidotomía	1
Válvula de Heimlich	1
Jeringa de 10 cc	10
Agua oxigenada	1
Estetoscopio	1
Dispositivo de punción intraósea (IO)	1
Bolsa de Ringer lactado	1
Línea para perfusión IV	2
Pulsioxímetro	1

Tabla 4-7 Lista materiales necesarios para el sanitario ROLE 1 [Elaboración: Antonio Güemes]

Prestaremos especial atención a aquellas heridas que presentan necesidades especiales y cortos tiempos de reacción, y que como hemos visto anteriormente, tienen mayor prevalencia en situaciones de combate como son:

- Heridas con fractura abierta.
- Herida penetrante en tórax con perforación de pulmón.
- Herida en abdomen con salida visceral.
- Herida por arma de fuego.

4.4.3 Políticas de inventario almacén ROLE 2

Para garantizar el éxito de la misión, es necesario establecer una correcta política de inventario que preserve las condiciones sanitarias del contingente desplegado. Las actividades en relación con el despliegue y repliegue de los recursos en la zona de operaciones serán correctamente supervisadas, garantizando la correcta disposición y el cumplimiento de las condiciones.

La organización elegida para el almacenaje del ROLE 2 será de tipo modular, permitiendo la flexibilidad y agilidad. Debemos tener en cuenta la correcta gestión de caducidades y la rotación de

artículos. Como ya hemos estudiado, la demanda de artículos sanitarios no es homogénea, presenta en su mayoría una gran aleatoriedad, por lo tanto, los almacenes deben ser capaces de amortiguar la variabilidad. Se implementarán métodos de control continuo y registro de los recursos. Se deben considerar los siguientes aspectos:

- i) Minimizar los lotes de reabastecimiento.
- ii) Determinar el *lead time* (tiempo desde pedido hasta llegada al destino).
- iii) Productos perecederos.
- iv) La posible estacionalidad de productos.
- v) Determinar un correcto stock de seguridad.

Dividiremos los materiales sanitarios en 3 tipos de artículos. Con el fin de distribuir eficientemente las necesidades, como ya vimos con anterioridad, categorizaremos los artículos sanitarios en función de la prioridad y de las cantidades necesarias con el modelo de gestión de stocks ABC.

- i) Artículos tipo A: Son aquellos de menor valor, representan el 5% de éste, pero suponen el 60% de los artículos del almacén, presentan el mayor índice de salida de almacén.
- ii) Artículos tipo B: Representarán un stock medio, con el 15% del valor total y suponiendo el aproximadamente el 30% del volumen de almacén. Dentro de éstos se encontrarán los componentes sanguíneos y todo el equipamiento necesario para su almacenamiento y conservación.
- iii) Artículos tipo C: Supondrán el 15% del material en volumen, y a su vez el 80% del valor total del stock. Son aquellos materiales de alta importancia e indispensables, pero con menor índice de salida.

Artículos A	Artículos B	Artículos C
Vendajes	Bolsas transfusión de sangre (500ml)	Camillas transporte bajas
Apósitos	Inmovilizador cervical	DESA (semiautomático)
Gasas estériles	CELOX	Botellas de O ₂
Tiritas	Torniquetes	Arnés <i>Hasty Hardness</i>
Suero fisiológico (500ml)	Bolsas de ventilación manual	Sondas de aspiración
Esparadrapo	Bisturí	Aspirador de secreciones eléctrico
Vendas elásticas	Tijeras	Ventilador mecánico

Tabla 4-8 Ejemplos tipos de artículos ABC en almacén ROLE 2 [Elaboración Propia]

Para lograr implementar el método ABC, debemos desarrollar reglas de decisión para clasificar el inventario en base a una serie de criterios múltiples, estudiando detalladamente aspectos como, si el artículo es crítico, es decir si su carencia ocasiona problemas sanitarios, incapacidades de tratamiento o en cambio podemos reemplazarlo por otros, si existen riesgos en su suministro, variabilidades en entregas o por ejemplo qué impacto puede tener la falta de este tipo de artículo en la calidad de la atención médica. [32]

Emplearemos como técnica de optimización y control de los procedimientos el uso de hojas de registro de traumas militares, los cuales aumentaron la supervivencia de las bajas de combate en conflictos como el de Irak y Afganistán. A su vez, son útiles para levantar una base de datos que registre la información de los pacientes que se atienden en zona de operaciones, pudiendo implementar

previsiones de demanda futuras. El sistema monitoriza datos acerca de las bajas desde la primera asistencia sanitaria hasta la atención definitiva en un ROLE 2, o en su caso con la ayuda del transporte MEDEVAC al ROLE 4. Estos procedimientos fueron empleados por EE. UU. a partir del 2008 demostrándose una mejora en la eficiencia y rapidez del sistema de bajas. Este método de registro aporta una gran cantidad de beneficios, ayuda a reducir costes y a mejorar los cuidados frente a las lesiones producidas en las operaciones, facilidades en el manejo de heridos y escalar la gravedad de la baja.

La logística empresarial en los últimos años ha sufrido cambios muy grandes, en una búsqueda continua de la eficiencia como método para lograr la superioridad estratégica en un ambiente competitivo. Las ventajas competitivas se logran fundamentalmente actuando sobre los eslabones del sistema logístico, y uno de ellos es la gestión eficiente de inventarios. Tenemos la necesidad de administrarlas y controlarlas, el objetivo es mantener el nivel de inventarios sin que se produzca una rotura de stock, procurando un almacenamiento mínimo, así reduciendo el espacio y la complejidad del almacén.

Definimos una estrategia de protección frente a incertidumbres, ya que en un ambiente tan variable es difícil determinar que necesidades vamos a tener en cada momento. Para solventar el problema que deriva del desconocimiento e incertidumbre que genera el escenario, se cuenta con un apoyo logístico quincenal por vía aérea. En estos viajes se transportará tanto al relevo de personal del contingente como aquellos materiales que se consideren de necesidad por caducidad próxima, repuestos de material para mantener el stock de seguridad o algún tipo de necesidad que se observe durante la operación.

Se crea una base de datos que organizará en todo momento los niveles de inventario, todos los artículos sanitarios estarán registrados en esta base de datos y serán actualizados en el momento de su uso por el personal médico. Se usarán SKU (*Stock Keeping Unit*), son referencias de almacén, ampliamente utilizadas en el sector empresarial, permitiendo lograr mejorar la precisión del inventario, los plazos de reaprovisionamiento y evitar la ruptura de stock.

Se generará un código de barras, identificador para cada material, que al escanearlo descontará ese material de la base de datos. Este sistema ayudará a mejorar la eficiencia de los inventarios, mediante su implementación se conseguirá de forma inequívoca comprobar su estado, para poder realizar futuras previsiones, con técnicas de previsión de demanda basadas en datos históricos. Aporta datos de gran valor para el futuro, como puede ser las tendencias de consumo y la estacionalidad. En estas bases de datos se recogerá la información más importante de los artículos, como son:

Nombre	Vendas de Crepe 10cm
Tipo de artículo (A B C)	A
Código	000001
Nivel de stock actual	42
Nivel de stock mínimo	30
Ubicación en almacén	A-1-1
Caducidad	No perecedero
Características de almacenamiento	>1 m del suelo

Tabla 4-9 Ejemplo de descripción de los materiales sanitarios (ABC) [Elaboración propia]

La correcta recolección de datos es vital para optimizar las previsiones sucesivas, existen aplicaciones y programas informáticos que permiten llevar un registro histórico y la obtención de estadísticas útiles en el proceso de planificación de las necesidades.

- ii. Manejo de los heridos inadecuado y tiempos de evacuación exagerados, superando el tiempo de seguridad de 2 horas, hasta tratarlo en el quirófano.



Figura 4-12 Torniquete tipo CAT (Combat Application Tourniquet) [38]



Figura 4-13 Aplicación torniquete Afganistán [29]

Estudios recientes muestran que la causa más frecuente de uso de estos dispositivos es la asistencia a bajas masivas, atención sanitaria en “situación de fuego”, amputaciones traumáticas, lesiones con sangrado múltiple, y que contribuyen a la mejora de la supervivencia de la víctima.

Por este motivo el torniquete tipo CAT será el único material sanitario que deberá portar cada soldado durante la operación. A su vez, deberán haber sido correctamente instruidos en su correcta manipulación y empleo.

La colocación correcta depende directamente de la formación del individuo que lo aplique y su capacidad de control de la situación, lo cual se dificulta ante una situación de elevado estrés. Es vital mantener la calma mientras se actúa de la forma más rápida y eficaz posible. [33]

Se considera correcta la colocación del dispositivo cuando se cumple con una serie de requisitos. Un ejemplo de estandarización de actividades pueden ser los pasos que se deben seguir en una correcta colocación de un torniquete, lo que incrementará notablemente las probabilidades de supervivencia del afectado, y aumentará considerablemente el tiempo de reacción hasta poder ser atendido por un profesional.

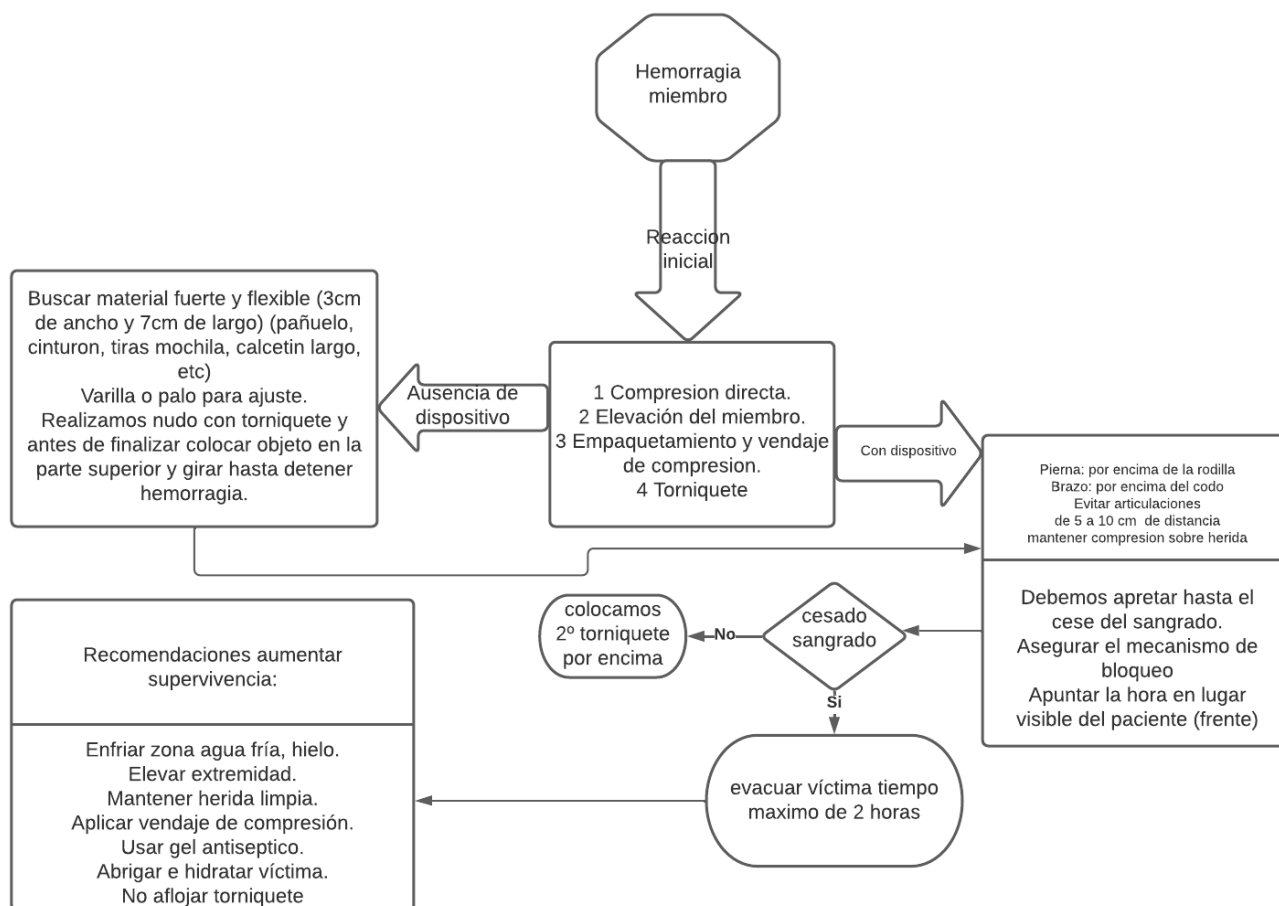


Figura 4-14 Estandarización colocación torniquete en emergencia. [Elaboración propia]

4.4.5 Previsión de la demanda

Para estudiar el planeamiento de la operación y la misión sanitaria, se deberá pronosticar con la mayor exactitud posible la demanda de los artículos que portaremos a la zona. De esta manera, se estiman las necesidades para planificar los ciclos de reabastecimiento desde territorio nacional. Existen múltiples métodos, técnicas y modelos y todos ellos dependerán de la existencia o no de datos históricos y su antigüedad. En nuestro supuesto, usaremos métodos basados en series de tiempo, ya que no se disponen de mediciones anteriores. Optimizaremos de esta manera, el nivel del inventario adaptándolo al contexto operacional.

Para poder elaborar la curva seguiremos estos pasos:

- Listar los recursos.
- Previsión de la demanda de cada recurso.
- Construir tabla de orden de importancia.
- Trazamos curva y dividimos en zonas.
- Analizamos resultados.

Se basará la previsión en el modelo de suavización exponencial simple, en el que usaremos pronósticos de periodos anteriores y comenzará a ser válido a partir de la observación de los gastos producidos en la primera quincena transcurrida, de esta manera podremos cada quincena tener un pronóstico más certero, ya que irá al compás de la tendencia de necesidades médicas que vaya experimentando el sistema, sin presentar estacionalidades. Se considerará este método como el más correcto ya que en un ambiente tan variable, se deberá dar prioridad a los datos más recientes que al aquellos que ya ocurrieron con anterioridad...Asumiendo que los consumos de materiales son directamente dependientes del nivel de tensión que existe en la zona.

Se propondrá un ejemplo de consumos de artículo de tipo A, como puede ser el consumo de vendajes durante cada quincena (periodos en los que realizamos los pedidos desde territorio nacional), usando la suavización exponencial tendremos en cuenta el consumo del mes anterior. Se darán valores a α entre 0 y 1, para lograr la mayor eficiencia, usaremos la herramienta de Excel “*Solver*”, que permitirá calcular el valor de α óptimo. Este valor será el que aporte el mínimo valor del error absoluto medio (MAE), siempre que α esté entre 0 y 1. El valor óptimo obtenido para este caso es de 0,705. Se podrá ver la semejanza de los datos obtenidos y como la tendencia del consumo anterior influye en la del siguiente.

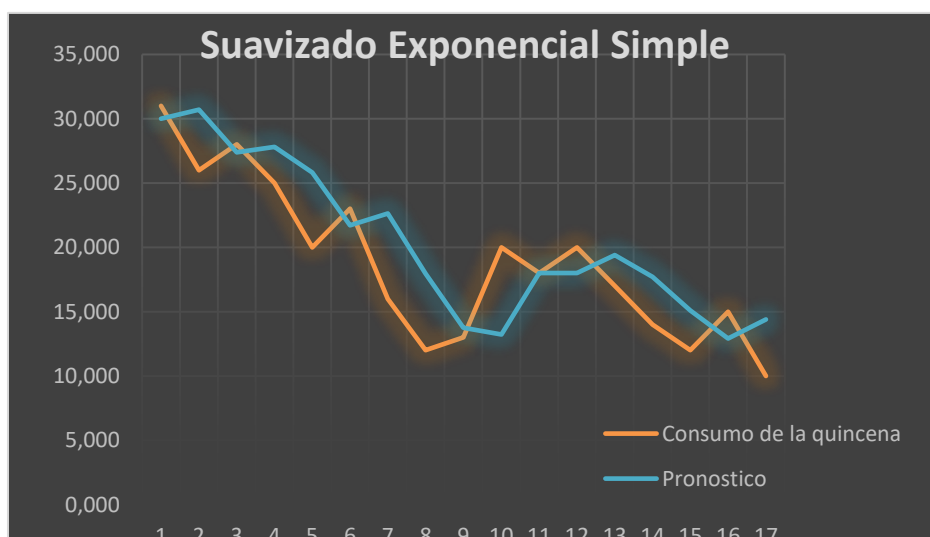


Figura 4-15 Gráfico SES con valor óptimo de alfa [Elaboración propia]

Suavizado Exponencial Simple α optimizado								
Quincena Nº	Consumo Gasas	Pronostico temporal	$e_t = x_t - \hat{x}_t$	Abs(e_t)	e_t / x_t	Abs(e_t / x_t)	e_t^2	$(x_t - x_{t-1})^2$
	x_t	\hat{x}_t						
1	30,000							
2	31,000	30,000	1,000	1,000	0,032	0,032	1,000	1,000
3	26,000	30,705	-4,705	4,705	-0,181	0,181	22,136	25,000
4	28,000	27,389	0,611	0,611	0,022	0,022	0,374	4,000
5	25,000	27,820	-2,820	2,820	-0,113	0,113	7,950	9,000
6	20,000	25,832	-5,832	5,832	-0,292	0,292	34,014	25,000
7	23,000	21,721	1,279	1,279	0,056	0,056	1,635	9,000
8	16,000	22,623	-6,623	6,623	-0,414	0,414	43,859	49,000
9	12,000	17,955	-5,955	5,955	-0,496	0,496	35,457	16,000
10	13,000	13,757	-0,757	0,757	-0,058	0,058	0,574	1,000
11	20,000	13,224	6,776	6,776	0,339	0,339	45,920	49,000
12	18,000	18,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000
13	20,000	18,000	2,000	2,000	0,100	0,100	4,000	4,000
14	17,000	19,410	-2,410	2,410	-0,142	0,142	5,807	9,000
15	14,000	17,711	-3,711	3,711	-0,265	0,265	13,773	9,000
16	12,000	15,095	-3,095	3,095	-0,258	0,258	9,581	4,000
17	15,000	12,914	2,086	2,086	0,139	0,139	4,353	9,000
18	10,000	14,384	-4,384	4,384	-0,438	0,438	19,221	25,000
19		11 294						

Tabla 4-10 Análisis Excel, suavizado exponencial simple $\alpha=0,7$ [Elaboración Propia]

En nuestra previsión de artículos sanitarios, podremos observar una tendencia en descenso de los consumos en general para todos los artículos. Esto se debe a que la presencia militar en la zona produce una desescalada de tensión, consiguiendo reducir el número de conflictos, a la par que nuestro personal está cada vez más instruido en el terreno, tiene más conocimientos de la amenaza, y el personal sanitario cada vez hace un uso más eficiente de los materiales. A su vez, aquellos artículos catalogados como C presentarán muy bajo índice de flujo de salida del almacén.

4.4.6 *Gestión de almacenes de recursos sanitarios del ROLE 2.*

El objetivo para conseguir una mayor fluidez en el sistema sanitario es su parametrización. Los procesos de los que consta el sistema son la recepción, su almacenamiento y el control de inventario, para esto se hará uso de diagramas de flujo e indicadores en la nave. Existen problemas que retrasan y hacen gastos innecesarios de material, haciendo el sistema ineficiente.

Las herramientas que ofrecen la filosofía Lean permiten establecer cierto orden y disciplina en el uso de la nave de almacenamiento. El primer objetivo es normalizar las ubicaciones de los artículos, en función del criterio ABC ya descrito en apartados anteriores. Permite una fácil visualización, ordenación y mapeo dentro de la nave. Para facilitar el almacenaje de los artículos se propondrá un módulo que gestione los almacenes *Warehouse Management System* (WMS) que eliminará la parte manual del sistema, digitalizando las tareas con códigos asignados a cada artículo que permita obtener información de su estado, ubicación, ciclo de vida, nivel de stock, etc.

Para mejorar el almacenaje de recursos estudiaremos desde su recepción, hasta la manipulación de artículos y distribución. Como herramientas utilizaremos un mapeo de zonas, rediseño de la nave, protocolo de manejo de inventario y ordenación del espacio eficiente.

Con respecto a la recepción de material cabe destacar la llegada de este por medio aéreo desde Territorio Nacional cada 15 días, es decir es dependiente del tiempo y no de las necesidades, realizándose un parte de necesidades materiales y cantidades, previo a la recepción de materiales. El control de calidad conforme a los estándares marcados se realizará en territorio nacional.

El material ingresará a la nave en ubicaciones específicas lo cual permitirá su fácil localización en caso de necesidad. Este almacenamiento dependerá principalmente del tipo de material, ABC. Todos los procesos que ocurran en el almacén deberán ser registrados en la base de datos, donde se dispondrá de la información actualizada en todo momento de artículos, cantidades, fechas de caducidad, necesidades ambientales... Sirviendo como herramienta principal en el control de las existencias para realizar revisiones periódicas, sin necesidad de comprobación física por parte del personal, el cuál es muy reducido. Permitiendo que estos puedan desempeñar otras labores sanitarias.

El espacio se diseñará de manera sencilla y de fácil manejo, reduciendo al máximo los tiempos empleados en obtener los materiales (recorridos mínimos). Aquellos materiales de mayor necesidad serán los de mayor facilidad de obtención y se aprovechará al máximo el espacio disponible en la nave.

artículos antes de sacarlos del almacén mediante dispositivos lectores de códigos de barras o RFID. De esta manera se descontarán automáticamente de los niveles existentes en la base de datos, manteniéndose el control del stock y automatizando el conteo de inventario. Una vez al mes, se deberá realizar un conteo manual por parte del personal sanitario, con el fin de comprobar la fiabilidad del inventario real con respecto al registrado virtual, detectando posibles fallos en el sistema y buscar así las causas de estos.

A su vez, cabe la posibilidad de aplicación de sistemas ERP, (Planificación de recursos empresariales) consiste en una estrategia empresarial mediante la cual se implementa el seguimiento y control de procesos mediante un sistema informático, optimizando los procedimientos y la atención médica; pudiéndose hacer seguimiento de las actividades sanitarias, inventarios y personal desde territorio nacional; posibilitando y aportando calidad a la telemedicina; mejorando la recopilación de datos e historiales médicos y optimizando las previsiones de demanda. En definitiva, unificar todos los procesos y la información en un software optimizando la gestión de la logística médica a distancia.

4.4.7 Sistemas de información y telemedicina desde territorio nacional

La creciente implantación de sistemas digitales en las Fuerzas Armadas y sistemas de telecomunicación permiten cada día explotar más y más capacidades en el ámbito del Mando y Control. En el ámbito sanitario supone un apoyo importante en casos de despliegue, tanto para el registro de la actividad llevada a cabo en zona de operaciones, la transmisión de información relevante como los recursos necesarios, capacidades debilitadas o situaciones en las que sea necesaria la intervención de un especialista que no se encuentre disponible, etc. El seguimiento de la situación sanitaria desde Territorio Nacional permite una mejor dirección y coordinación del comandante de la Fuerza. Se establecerán como necesidades CIS para el despliegue:

- i) Integración en el sistema de Mando y Control.
- ii) Registros de actividad sanitaria, historiales clínicos.
- iii) Telemedicina (en diferido o en tiempo real). Que incluyen videoconferencia en tiempo real; exploración visual; diagnóstico a partir de imágenes; envío de datos vitales y teletutorización.
- iv) Control y gestión de bases de datos de almacenes.
- v) Recogida de datos para elaborar estadística.

La sanidad militar española es precursora del empleo de los sistemas de Telemedicina en nuestro país. Cabe destacar la capacidad de disponer de apoyo y asesoramiento sanitario vía telemática, permitiendo consultas con profesionales que no se dispongan en la zona de despliegue. Las conexiones son proporcionadas por la Red TM-64, que permiten envío y recepción de datos, video e imágenes. Trabaja con protocolos y sistemas encriptados que hacen independiente el sistema, impidiendo el acceso a los datos a posibles intrusos. Las consultas pueden ser síncronas, al ser en tiempo real, o asíncronas, en el caso de que utilicen medios como el correo electrónico.

La tendencia es intentar mejorar la calidad y flexibilidad del sistema. Un ejemplo es poder realizar la consulta desde la primera asistencia de la baja, por personal no competente ayudado por el sistema de telemedicina. El poder hacer uso del sistema de telemedicina en estos primeros minutos tras producirse una baja, aportaría una gran mejora de la calidad del servicio y de garantía de supervivencia de los heridos. Esto es así, como hemos visto en apartados anteriores (3.1.8), muchas de las complicaciones de los heridos son derivadas del desconocimiento al prestar una primera atención sanitaria.

Una correcta gestión de la información garantiza el adecuado apoyo sanitario, la correcta trazabilidad y respuesta ante cualquier incidente sanitario. Gracias a todo esto se podrá almacenar y estudiar la detección de fallos de los sistemas, aquellos procesos que no aportan valor y lecciones aprendidas, logrando un mayor control operativo.

Los principales inconvenientes encontrados en su empleo derivan de la incertidumbre que generan. Como son, la falta de cobertura, la necesidad de rediseñar la logística asistencial y planeamientos y la ausencia de estudios económicos que evidencien el beneficio que genera.

El estudio de las lecciones aprendidas aportará una mayor consciencia de los factores que afectan a las operaciones, mejorará las previsiones de demanda, los espacios de almacenaje necesarios, creandose un sistema más fluido y eficiente. [30]

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo permite exponer las siguientes conclusiones que resumen la información descrita en los apartados anteriores.

Conforme a los objetivos iniciales que se establecieron en el presente TFG, se ha cumplimentado la realización de un estudio pormenorizado de las herramientas logísticas que se emplean en la actualidad en despliegues sanitarios en zonas de operaciones alejadas de territorio nacional. A su vez, se ha desarrollado un supuesto de caso práctico en el cuál hemos aplicado estas herramientas con el objetivo de incrementar la eficiencia y eficacia de la logística durante un despliegue.

El trabajo de investigación ha necesitado de un contraste de diferentes informaciones, estudio de casos similares previos, estadísticas (que en su mayoría fueron extraídas de publicaciones científicas realizadas por fuentes de calidad como es la Revista de Sanidad Militar de España), y datos obtenidos por publicaciones militares o gubernamentales no confidenciales.

Se aprecia un claro y fuerte crecimiento en las técnicas logísticas aplicadas, por las empresas de todo el mundo. En este sentido se aprecia el empleo de técnicas de logística de aprovisionamiento y almacenamiento y de métodos de distribución y métodos de distribución y transporte, los cuales deben servir de inspiración para la logística que implementemos en nuestras Fuerzas Armadas en el futuro. Mejorando así la calidad, la eficiencia y la eficacia de la sanidad militar en operaciones alejadas del Territorio Nacional. La importancia radica de la incertidumbre que provoca el futuro, pues el ambiente es cambiante e imprevisible, y las amenazas que se enfrentarán en un futuro son desconocidas, además las distancias a las que será necesario realizar los despliegues militares, son más que motivo para cuestionar e intentar mejorar los sistemas logísticos a la hora de garantizar el éxito en una operación.

La necesidad de mejorar las técnicas, procedimientos y ejecución de los protocolos sanitarios, la necesidad de la estandarización de actividades y la formación del personal, asegurarán la rapidez de actuación, que suponen la garantía de éxito ante las bajas.

A su vez, la adquisición de datos e históricos de los acontecimientos y bajas producidas en combate son de gran importancia, ya que proporcionan información de gran valor a la hora de la realización y estimación de demandas futuras en operaciones de características parecidas. No obstante, se ha podido apreciar una gran dificultad para acceder a datos históricos normalizados de operaciones, solo existiendo buenas bases de datos y estudios del despliegue en Herat (Afganistán). Una buena previsión de la demanda y el establecimiento de un correcto ciclo de reaprovisionamiento permiten poder diseñar un almacén de la forma más eficiente, logrando el máximo aprovechamiento de los espacios disponibles,

aunque las características de un hospital de esta índole presentan gran índice de arbitrariedad y siempre se deberá contar con un resguardo en casos extraordinarios, como ante la posibilidad de bajas masivas.

La informatización y robotización de los sistemas deben estar cada vez más presentes, pues la automatización de almacenes garantiza las mínimas tasas de error, al mismo tiempo que reducen los tiempos de ejecución al mínimo. Eliminando el fallo humano y los registros manuales ahorramos tiempo a esos profesionales a emplear en otras tareas, garantiza el cumplimiento de los protocolos establecidos. Estas tareas implican desde la informatización del seguimiento de las bajas (permitiendo la generación de historiales clínicos que puedan ser accesibles y operables desde territorio nacional) hasta los registros de material que presentan los almacenes en tiempo real (recuento y registro con técnicas RFID o códigos de barras). Por otra parte, el desarrollo del presente trabajo ha puesto de manifiesto los siguientes aspectos técnicos:

- El enfoque Lean permite identificar todo tipo de desperdicios gracias a las herramientas 5S estudiadas,
- La aplicación de la gestión de stocks mediante la herramienta ABC, establece un criterio de ordenación de los artículos sanitarios y distribución de ubicaciones en almacén, logrando un mayor orden, disciplina y limpieza de estos.
- Evitando al máximo los movimientos y traslados innecesarios, reducimos el tiempo de búsqueda y los errores.
- La información deberá ser cada vez más clara, precisa y fiable, e implicar a todo el sistema (movimientos de bajas, seguimiento de historial, localización, estado operativo de la unidad médica, estado del personal y de los materiales).

Así mismo, el desarrollo del supuesto práctico creado y reflejado en el presente trabajo permite concluir:

- La optimización de la logística es algo que está en nuestras manos con la aplicación de los conocimientos aportados por la filosofía del *Lean Manufacturing*.
- Logramos crear un teórico ROLE 2 en zona de operaciones en disposición de un almacén logístico.
- Alcanzamos un máximo aprovechamiento de la superficie de almacenaje mediante la compartimentación por zonas.
- Uso de estanterías para *picking* manual se considera adecuado (aunque no sería económicamente eficiente la implantación de tecnologías avanzadas estudiadas para un almacén de pequeñas dimensiones).
- El diseño de un sistema de control de stock automatizado en tiempo real debería de valorarse.
- Los reaprovisionamientos programados mediante SRP (Sistema de revisión periódica cada 15 días) ofrece la garantía de reaprovisionamiento en casos en los que los tiempos de vida son limitados.
- En el caso de los fármacos cabe destacar la gran diversidad de la que se puede disponer en un almacén y la dificultad para su localización y control.
- Es de interés la implementación de SKU, que podría brindar métodos de preparación de dosis unitarias automatizadas que salgan directamente de los almacenes gracias a que permite una personalización, reduciendo espacios y gastos innecesarios (pocas veces un paciente requiere de todas las dosis que contiene un pack de fábrica).

5.2 Futuras líneas de trabajo

Destacando la época en la que estamos envueltos, ante la gran incertidumbre social y política actual y el nacimiento de nuevas amenazas, tecnologías, armamentos y procedimientos, nos encontramos ante

la evidente obligación de valorar los riesgos y procesos en el aprovechamiento de las habilidades sanitarias.

Tras las líneas que hemos dedicado al concepto de logística sanitaria en el presente trabajo podemos destacar la necesidad de aplicación de aquellos conceptos modernos, que hoy en día aplican cada vez mayor número de empresas de gran éxito. Como bien se puede intuir de la lectura del documento *ETID 2020*, el futuro debe enfocarse en lograr un aprovechamiento del empuje tecnológico civil, adaptándolo a un entorno contingente y complejo, como es el escenario bélico. De esta manera, conseguiremos incrementar el desarrollo de la tecnología que permita la automatización de actividades y la estandarización de procesos.

La mayor dificultad para incorporar y poner en marcha los proyectos tecnológicos radica de las altas necesidades económicas que suponen para el ministerio de Defensa.

Como líneas futuras al presente trabajo se proponen las siguientes:

- Aplicar la filosofía *Lean Management* en el desarrollo del ámbito sanitario militar. (2.5 Aplicación de principios Lean3.2.4) Profundizar en la mejora continua de los conceptos, doctrinas y procedimientos sanitarios en otros tipos de operaciones militares. Pudiéndose tomar como referencia la aplicación de los conceptos estudiados usados en el sector empresarial.
- Estudiar el desarrollo de los sistemas CIS (Sistemas de comunicación e información), como medio que potencie las capacidades de logística sanitaria en las Fuerzas Armadas.
- Diseño de una base de datos que mejore la calidad de las futuras previsiones de la demanda. Aportando claridad y facilidad a la hora de crear estadísticas; detectar tendencias y estacionalidades e identificar lecciones.
- Profundizar en el diseño y organización del inventario dentro del almacén en un despliegue, logrando un sistema que maximice la fluidez y operatividad de estos. (4.4.6)
- Estudiar la posibilidad de implantar un sistema RFID, optimizando el control logístico del material sanitario, la visualización de los niveles de inventario y la gestión de recepción de materiales. (4.4.7)
- Profundizar el estudio del empleo de la telemedicina, prestando mayor atención a aquellos casos en los que el traslado de las bajas es inviable.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. G. d. A. y. Material, «Plan de Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID,» Ministerio de Defensa, 2020.
- [2] «Apuntes Fundamentos de Organización de la Empresa (CUD-ENM),» de *Tema 7. Funciones de las existencias o inventarios*, Marín. Pontevedra., 2021.
- [3] «Fundamentos de Organización de la Empresa (CUD-ENM),» de *Tema 5.2. Métodos de Previsión de la Demanda*, Marín, Pontevedra, 2021.
- [4] L. M. Guzmán Condori Daniela, «Aplicación de Lean Manufacturing en el Sector,» Valladolid, 2020.
- [5] J. C. H. Matías y Antonio Vizán Idoipe, «Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación,» 2013. [En línea].
- [6] B. N. W. R. C. y. M. C. Helen, *Lean Six Sigma: some basic concepts*. NHS Institute for Innovation and Improvement, 2005.
- [7] X. Z. C. C. Miguel Mediavilla. Ander Errasti, *Logística sanitaria. Retos y nuevas tendencias World-Class Hospital Logistics*, Anaya, 2014.
- [8] D. L. S. Restrepo, «Modelos de Gestión de Inventarios para Demandas Aleatorias,» de *Gerencia, Planeación y Control de Inventarios*, 2013.
- [9] ENM, «Apuntes funciones de las existencias e inventarios,» de *tema 7 FOE*, Marín, 2020.
- [10] R. Angeles, "RFID Technologies: Supply Chain Application and Implementation Issues", *Information System Management*, Vol. 22(1), pp 51-65," 21 December 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1201/1078/44912.22.1.20051201/85739.7>.
- [11] Grupo SPEC, «www.grupospec.com,» Grupo SPEC, 2017. [En línea]. Available: <https://www.grupospec.com/es/blog/79-tecnologia-rfid>.
- [12] L. Scconini, *Lean Manufacturing. Paso a paso.*, Marge Books, 2019.
- [13] Lean Enterprise Insitute, «Lean Enterprise Institute,» 2021-2022. [En línea]. Available: <https://www.lean.org/>.

- [14] J. S. G. S. d. mercado., «economipedia.com,» 27 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/segmentacion-de-mercado.html>.
- [15] M. Mediavilla, «hospitecna.com,» 30 10 2014. [En línea]. Available: <https://hospitecna.com/servicios-hospitalarios/logistica-sanitaria-retos-y-nuevas-tendencias/>.
- [16] Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica, «Catologo general de publicaciones oficiales,» diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>.
- [17] «www.zonatactica.es,» [En línea]. Available: <https://www.zonatactica.es/blog/role-niveles-de-apoyo-sanitario/>.
- [18] C. Á. Leiva, Logística sanitaria en emergencias, Madrid: Arán, 2009.
- [19] E. B. F. R. Chereguini Pavon, «La Sanidad Militar Operacional, en el contexto multinacional vol.71 no.2,» Madrid, 2015.
- [20] Estado Mayor de la Defensa, «PDC-4.10. Doctrina Sanitaria en Operaciones,» 2021.
- [21] D. M. G. Rosario, «Causas Médicas de Evacuación Estrategica de las FFAA españolas 2007-2017,» Alcalá de Henares, 2019.
- [22] R. N. Suay, «Capacidades y asistencia sanitaria realizada por el ROLE-2 español en la FSB de Herat (Afganistán) desde febrero a julio del 2007,» *Revista de Sanidad Militar*, 2008.
- [23] M. B. C. Giannou, Cirugía de guerra. Trabajar con recursos limitados en conflictos armados y otras situaciones de violencia. vol. 1, Ginebra, Suiza: CICR, 2011.
- [24] N. F. S. F. Ñ. M., «Valoración de los conocimientos en primeros auxilios en combate que tienen los soldados españoles,» *Sanidad Militar*, vol. 71, nº 1, 2015.
- [25] I. M. López, «El conflicto olvidado de Senegal,» 17 septiembre 2021. [En línea]. Available: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEEO100_2021_IGNMAD_Senegal.pdf.
- [26] NATO, "Medical Support. Role Support," in *NATO Logistics Handbook*, 1997.
- [27] R. N. S. ., P. C. R. ., J. S. G. ., E. L. S. J. Navarro Castellón, «Despliegue y capacidades sanitarias en la Operación EUTM-Malí (European Union Training Mission in Mali) desde octubre hasta diciembre del 2016,» *Sanidad Militar*, vol. 73, nº 3, 2017.
- [28] G. O. C. T. B. R. B. C. E. G. R. F. Navarro Suay R. Hernandez-Abadía de Barbará A., «Análisis del agente lesivo en la baja de combate. Experiencia de la Sanidad Militar española desplegada en Herat (Afganistán),» *Sanidad Militar*, vol. 1, p. 7, 2011.
- [29] Ministerio de defensa, «ejercitodelaire.defensa.gob.es,» 2022. [En línea]. Available: <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/aeronaves/avion/Airbus-Helicopter-AS.332-Super-Puma-y-AS.532-Cougar-HD.21-HT.21-HT.27/#>. [Último acceso: 27 febrero 2022].
- [30] Estado Mayor de la Defensa, «PDC-4.10 Doctrina Sanitaria en Operaciones,» Ministerio de Defensa, Madrid, 2021.
- [31] N. S. R. d. N. Á. M. Munayco Sánchez A.J., «Modelo español de MEDEVAC. Experiencia en Afganistán,» *Sanidad Militar* vol.68 no. 3, Madrid, 2012.
- [32] Ó. Parada Gutierrez, «Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios.,» 2022. [En línea]. Available:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922009000100009&lng=en&nrm=iso.

- [33] A. J. M. Sánchez, A. C. Díaz y M. R. M. Castaño, «Aplicación del torniquete. Experiencia en Afganistán,» 2012. [En línea]. Available: http://media.zonates.com/01-01/PDF/Aplicacion_del_torniquete_Experiencia_en_Afganistan.pdf.
- [34] «Web de La Moncloa,» [En línea]. Available: <http://www.lamoncloa.gob.es>. [Último acceso: 13 enero 2015].
- [35] «Introduccion a los Sistemas Sanitarios,» de *El Sistema Sanitario Español*, 2011.
- [36] J. A. M. Tebas, «Terrorismo en el Sahel: ataque a la base de la EUTM (Koulikoro. Mali)... ¿un salto cualitativo?,» Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2019.
- [37] ArmadaEspañola,«<http://armada.defensa.gob.es>,»2020.[Enlínea].Available: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/multimedialgaleria/prefLang-es/05BAnfibios--01-LCM-1E>. [Último acceso: 13 marzo 2021].
- [38] Bizkaiko Foru Aldundiak, «www.iesmedical.es,» Bizkaia, 2021. [En línea]. Available: <https://www.iesmedical.es/producto/torniquete-cat-gen-7/>. [Último acceso: 13 marzo 2022].

ANEXO I: ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
BCO	Baja sanitaria producida por causa de combate
BNCO	Baja sanitaria no producida por causa de combate
CASEVAC	Traslado de bajas sin requisitos establecidos en MEDEVAC
CEST	Célula de Estabilización
CICR	Comité Internacional de la Cruz Roja
CIS	Sistemas para la Información Clínica
CMOPS	Comandante del Mando de Operaciones
CMS	Cuerpo Militar de Sanidad
DIH	Derecho Internacional Humanitario
DISAN	Dirección de Sanidad Ejército Nacional.
DOW	Died Of Wounds
ERP	Enterprise Resource Planning (Planificación recursos empresariales)
FMS	Formaciones Sanitarias de Despliegue
FST	Formación Sanitaria de Tratamiento desplegable
GDP	Good Distribution Practice
IED	Artefacto Explosivo Improvisado
IM/IO	Intramuscular/ Intraóseo
ISAF	Fuerza Internacional de Asistencia a la Seguridad
IV	Intravenosa
LAMPS	Lecciones aprendidas y mejores prácticas
LIMS	Laboratory Information Management System
MAE	Error Medio Absoluto
MEDEVAC	Medical Evacuation
PAS	Proteger, Avisar y Socorrer
PCR	Paro Cardio Respiratorio
PECC	Centro de Coordinación de Evacuación de Pacientes

RFID	Radio Frequency Identification
ROLE	Capacidad asistencial que proporciona una FST
SKU	Stock Keeping Unit
SMED	Single Minute Exchange of Die
SVA	Soporte Vital Avanzado
SVB	Soporte Vital Básico
TCE	Traumatismo craneoencefálico cerrado
TIC	Tecnologías de la información y las comunicaciones
OCM	Objetivo de Capacidad Militar
OFPL	Objetivo de Fuerza a Largo Plazo
TN	Territorio Nacional
UAMER	Unidad Medica de Aeroevacuación
UMAAD	Unidad Médica de Apoyo al Despliegue
WMS	Warehouse Management System (Sistema de Gestión de Almacenes)
ZO	Zona de Operaciones