



XIII MÁSTER EN LOGÍSTICA Y GESTIÓN ECONÓMICA DE LA DEFENSA

ESTUDIO DEL PLAN DE SOSTENIMIENTO DE LOS HELICÓPTEROS MH-60R: EL FUTURO SEAHAWK DE LA ARMADA

**Trabajo Fin de Máster
Curso académico 2023 – 2024**

APELLIDOS Y NOMBRE: GALLEGO BERNAL, Iván

CONVOCATORIA: Junio

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	5
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	8
1 INTRODUCCIÓN	9
2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL	11
2.1 EL SOSTENIMIENTO EN LA ARMADA.....	12
2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS AERONAVES DE LA FLOAN.....	13
2.3 PROCESO DE ADQUISICIÓN MEDIANTE FMS (<i>FOREIGN MILITARY SALES</i>) (VENTAS MILITARES EXTRANJERAS).....	19
2.4 CICLO DE VIDA DE UN PROGRAMA EN LAS FAS.....	24
2.5 SOSTENIMIENTO DE UN SISTEMA AÉREO EN LA ARMADA.....	28
2.6 SOSTENIMIENTO DEL ACTUAL SH-60B Y PREVISIONES.....	34
2.7 SOSTENIMIENTO MEDIANTE LOGÍSTICA BASADA EN LAS PRESTACIONES. [<i>PERFORMANCE BASED LOGISTICS (PBL)</i>]	38
3 ANALISIS DEL MÉTODO DE SOSTENIMIENTO PARA EL FUTURO MH-60R.44	
3.1 EL HELICÓPTERO MH-60R: FUTURO <i>SEAHAWK</i> DE LA ARMADA.....	44
3.2 MÉTODO DE APOYO AL SOSTENIMIENTO BASADO EN ELEMENTOS DE SOPORTE DE PRODUCTO INTEGRADO. [<i>INTEGRATED PRODUCT SUPPORT (IPS) ELEMENTS</i>].	46
3.3 MÉTODO DE APOYO AL SOSTENIMIENTO BASADO EN MEJORA CONTINUA DEL PROCESO. [<i>CONTINUOUS PROCESS IMPROVEMENT (CPI)</i>].	50

3.4	MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN. [CONDITION BASED MAINTENANCE (CBM)].....	53
3.4.1	EL CBM APLICADO A AERONAVES DE LA MARINA DE LOS ESTADOS UNIDOS.....	58
4	METODOLOGIA Y RESULTADOS.....	61
4.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	63
4.2.1	MATRIZ DAFO.....	72
4.2.2	ESTRATEGIAS DE APOYO AL SOSTENIMIENTO.....	73
5	CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	79
6	BIBLIOGRAFÍA.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cronograma Modelos helicópteros FLOAN.....	14
Figura 2. Número de unidades de SH-60B y MH-60R (2024-2027).....	17
Figura 3. Fases del proceso FMS.....	20
Figura 4. Lista de comprobación de la Carta de Solicitud (LOR).....	21
Figura 5. Ciclo de vida de un producto.....	25
Figura 6. Fases de un Programa o Sistema.....	27
Figura 7. Modelo de contratación PBL.....	40
Figura 8. Los elementos de Soporte de Producto Integrado.....	47
Figura 9. Pasos del ciclo del CPI.....	51
Figura 10. Definición del Concepto de CBM.....	55
Figura 11. Beneficios del SHUM.....	59
Figura 12. Arquitectura del HUMS.....	60
Figura 13. Grado de familiarización con los medios de apoyo al sostenimiento de sistemas aéreos.....	64
Figura 14. Grado de familiarización con los medios de apoyo al sostenimiento de sistemas aéreos en combinación con el PBL actual.....	64
Figura 15. Métodos de apoyo al sostenimiento según eficiencia y costes.....	65
Figura 16. Método de apoyo al sostenimiento con mayor potencial para ser adaptado a la Armada.....	65
Figura 17. Grado de acuerdo sobre la aplicación y ventajas del IMDS/HUMS aplicado al CBM para la flota de MH-60R.....	68
Figura 18. Comunidad MH-60R.....	70
Figura 19. Matriz DAFO.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen Modelos Helicópteros FLOAN.....	17
Tabla 2. Vida operativa de helicópteros de enseñanza.....	18
Tabla 3. Vida operativa de helicópteros ligeros.....	18
Tabla 4. Vida operativa de helicópteros medios.....	18
Tabla 5. Lista de principales categorías de FMS.....	24
Tabla 6. Tipos de Aeronavegabilidad.....	30
Tabla 7. Escalones de mantenimiento.....	32
Tabla 8. Componentes de apoyo al Aprovisionamiento.....	35
Tabla 9. Generaciones contratos PBL.....	42
Tabla 10. Evolución ILS a IPS.....	48
Tabla 11. Descripción encuestados.....	62

LISTA DE ACRÓNIMOS

AAD	Autoridad de Aeronavegabilidad de la Defensa
AECA	Arms Export Control Act (Ley de control de la exportación de armas)
AJAL	Almirante Jefe de Apoyo Logístico de la Armada
AL	Apoyo Logístico
ALARDIZ	Almirante del Arsenal de Cádiz
ALFLOT	Almirante de la Flota
AHM	Aircraft Health Management (Gestión de la Salud de la aeronave)
AJEMA	Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada
AR	Armada
ARA	Almacén de repuestos de aeronaves
ASUW	Anti Surface Warfare (Guerra antisuperficie)
ASW	Anti Submarine Warfare (Guerra antisubmarina)
CAL	Concepto de Apoyo Logístico
CBM	Condition Based Maintenance (Mantenimiento basado en la condición)
CCB	Configuration Control Boards (Juntas de Control de Configuración)
CCMD	Combatant Command (Mando de Combate)
CFA	Cognizant Field Activity (Actividad de Campo Conocido)
CLSSA	Cooperative Logistic Supply Support Arrangements (Acuerdos de cooperación para el apoyo al suministro logístico)
COMFLOAN	Comandante de la Flotilla de Aeronaves
CPI	Continuous Process Improvement (Mejora Continua del Proceso)
DGAM	Dirección de Gestión de Armamento y Material
DIGAM	Director de Gestión de Armamento y Material
DISCS	Defence Institute of Security Cooperation Studies (Instituto de Estudios de Cooperación en materia de Seguridad de la Defensa)
DISOS	Dirección de Sostenimiento
DLA	Defense Logistics Agency (Agencia Logística de Defensa)
DMSMS	Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages (Fuentes de Fabricación y Escasez de Materiales Obsoletos/Disminuyentes)
DOD	Department of Defense (Departamento de Defensa)
DSCA	Defense Security Cooperation Agency (Agencia de Cooperación para la Seguridad de la Defensa)
EA	Ejército del Aire y del Espacio
ECP	Engineering Change Proposal (Propuestas de Cambio de Ingeniería)
EI	Engineering Investigations (Investigaciones de Ingeniería)

EMA	Estado Mayor de la Armada
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas Españolas
FIM	Fuerza de Infantería de Marina
FLOAN	Flotilla de Aeronaves
FMS	Foreign Military Sales (Ventas Militares Extranjeras)
GFE	Government Furnished Equipment (Equipo Suministrado por el Gobierno)
GMM	Grupos Móviles de Mantenimiento
GALIA	Gestión de apoyo logístico integrado de la Armada
HUMS	Health and usage monitoring systems (Sistema de Monitorización de la salud y el uso)
INTA	Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales
ILS	Integrated Logistic Support (Soporte Logístico Integrado)
GAS	Grupo de apoyo al Sosténimiento
IPS	Integrated Product Support (Soporte de Producto Integrado)
JSF	Joint Strike Fighter (Avión de combate conjunto)
KPI	Key Performance Indicators (Indicadores clave de rendimiento)
LOA	Letter of Offer and Acceptance (Contrato de aceptación)
LOR	Letter of Request (Carta de Solicitud)
MMI	Maintenance Managed Items (Artículos Gestionados de Mantenimiento)
MTBF	Mean Time Before Failure (Tiempo medio antes de fallos)
MTTR	Mean Time To Repair (Tiempo medio de reparación)
NDT	Pruebas No Destructivas
MRO	Maintenance Repair & Overhaul (Mantenimiento, reparación y revisión)
NAMP	Naval Aviation Management Program (Programa de Gestión de la Aviación Naval)
NAVAIR	Naval Air Systems Command (Mando de Sistemas Aéreos Navales)
OCS	Operational Contract Support (Apoyo a los contratos operativos)
OP	Oficina de Programa
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PBL	Performance Based Logistics (Logística basada en las prestaciones)
PEM	Programa Especial de Modernización
PMR	Program Management Reviews (Revisiones de Gestión del Programa)
QDR	Quality Deficiency Reports (Informes de Deficiencia de Calidad)
RAE	Real Academia de la Lengua Española

RAMEC	Rapid Action Minor Engineering Changes (Cambios de Ingeniería Menores de Acción Rápida)
RAD	Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa
RD	Real Decreto
RIRO	Repairable Item Replacement Option (Opción de sustitución del artículo reparable)
ROR	Repair of reparaibles (Reparación de Reparables)
SAMM	Security Assistance Management Manual (Manual de Asistencia y Ventas Militares)
SE	Support Equipment (Equipo de Apoyo)
SEDEF	Secretario de Estado de Defensa
SHUM	Structural Health and using monitoring (Monitorización de la salud estructural)
SME	Significant Military Equipment (Equipamiento militar significativo)
SRR	Sustainment Readiness Reviews (Revisiones de Preparación de Sostenimiento)
SPM	Strategic Performance Measures (Medidas estratégicas de rendimiento)
TFM	Trabajo Fin de Master
TIM	Technical Interchange Meetings (Reuniones de Intercambio Técnico)
TRR	Training Readiness Reviews (Revisiones de Preparación de Entrenamiento)
SEDEF	Secretario de Defensa
TDP	Technical Data Packages (Paquetes de datos técnicos)
TLC	Total Life Cycle (Ciclo de vida total)
UTE	Unión Temporal de Empresas
UNAEMB	Unidad Aérea Embarcada
UNADEST	Unidad Aérea Destacada

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Máster se centra en el estudio de un plan de sostenimiento adaptado para el futuro helicóptero MH-60R, una aeronave que se considera esencial para mantener las capacidades aeronavales antisubmarina y antisuperficie de la Armada, una vez que sustituya al obsoleto modelo SH-60B “*Seahawk*”. En un entorno donde la eficiencia operativa y el sostenimiento son cruciales, este estudio aborda cómo optimizar el mantenimiento y la operatividad del helicóptero MH-60R a través de estrategias de sostenimiento, como consecuencia de los nuevos sistemas y tecnologías que porta esta aeronave de última generación. Mediante un análisis detallado, se exploran métodos de apoyo al sostenimiento para prolongar la vida útil de la aeronave y mejorar la seguridad y la aeronavegabilidad. El trabajo evalúa los desafíos técnicos y logísticos implicados en la implementación de estrategias, destacando la importancia de la formación continua del personal y la integración efectiva del mantenimiento predictivo. A través de colaboraciones dentro de la comunidad MH-60R y con aliados internacionales, se promueve un modelo de sostenimiento que cumpla con los estándares operacionales. Este análisis contribuye significativamente al campo de la logística y mantenimiento en el área de la Defensa, garantizando la disponibilidad del futuro helicóptero MH-60R y su fiabilidad a largo plazo.

PALABRAS CLAVE

SOSTENIMIENTO, MANTENIMIENTO, CICLO DE VIDA, PREDICTIVO, MH-60R

ABSTRACT

This Master's Thesis focuses on the study and development of a tailored sustainment plan for the future MH-60R helicopter, an aircraft that is considered essential to maintain the Navy's anti-submarine and anti-surface naval aviation capabilities, once it replaces the obsolete SH-60B ‘*Seahawk*’. In an environment where operational efficiency and sustainment are crucial, this study addresses how to optimize the maintenance and operability of the MH-60R through innovative sustainment strategies, due to the new systems and technologies carried by this state-of-the-art aircraft.

Through a detailed analysis, it explores methods of sustainment support to extend the service life of the aircraft and improve safety and airworthiness. The paper assesses the technical and logistical challenges involved in implementing strategies, highlighting the importance of continuous personnel training and effective integration of predictive maintenance. Through collaborations within the MH-60R community and with international partners, a sustainment model that meets operational standards is promoted. This analysis contributes significantly to the field of defence logistics and maintenance, ensuring the future availability of the MH-60R helicopter and its long-term reliability.

KEY WORDS

SUSTAINMENT, MAINTENANCE, LIFECYCLE, PREDICTIVE, MH-60R

1 INTRODUCCIÓN

La Armada, con el objeto de cumplir eficientemente con las funciones y misiones operativas establecidas por su Estado Mayor, requiere disponer de una amplia variedad de equipos y sistemas clave que puedan ser empleados en todo tipo de entornos marítimos y aéreos. Dentro de estas plataformas, las aeronaves desempeñan un papel crucial, proporcionando capacidades vitales para la ejecución de operaciones de transporte de personal, de guerra antisubmarina y antisuperficie, entre otras. Estos sistemas aeronavales no solo aumentan el alcance operativo de la Armada, sino que también potencian su capacidad para responder de manera efectiva y eficiente en diversos escenarios de conflicto.

Durante los últimos años, la Armada ha estado realizando una serie de actualizaciones en sus aeronaves mediante la sustitución de estas por nuevos modelos, debido a la llegada a su fin de ciclo de vida operativa, o bien por alcanzar una obsolescencia en sus equipos que le impiden continuar con sus principales misiones encomendadas.

La Armada ha dispuesto, desde finales de la década de los 80, del modelo de helicóptero SH-60B “*Seahawk*”, como principal activo aeronaval para la guerra

antisubmarina y antisuperficie. Este modelo de helicóptero representa un claro ejemplo de cómo los sistemas y equipos necesarios que porta esta aeronave para cumplir sus funciones han quedado obsoletos. Por ello, la Armada ha decidido adquirir la última versión de esta aeronave de fabricación estadounidense, el MH-60R, para así poder mantener la capacidad que ha prestado durante más de 30 años el obsoleto helicóptero SH-60B.

Pero con la llegada de este nuevo modelo a la Flotilla de Aeronaves (FLOAN) de la Armada, y con el objeto de mantener su operatividad durante todo su ciclo de vida, emerge la necesidad de adaptar el plan de sostenimiento existente de los actuales helicópteros SH-60B al moderno MH-60R, el cual lleva incorporado nuevos sistemas, equipos y tecnologías, que actualmente no se encuentran en uso en la FLOAN.

Por ello, el presente Trabajo Fin de Máster (TFM) va a centrarse en el estudio del plan de sostenimiento de la futura incorporación clave del helicóptero MH-60R a la Armada. Para llevarlo a cabo, se comenzará exponiendo un marco teórico definiendo el concepto de sostenimiento y las actividades que lo componen. Seguidamente, se mostrará la situación actual de los helicópteros de la FLOAN, destacando las 9 unidades del modelo SH-60B que causarán baja en los próximos años, las cuales serán reemplazadas por 8 unidades de su versión más moderna, esto es, el helicóptero MH-60R, para que, con esta operación de sustitución, las capacidades de la Armada no se vean mermadas.

La adquisición de estas aeronaves se va a realizar mediante el sistema de ventas militares extranjeras (*Foreign Military Sales, FMS*) al Gobierno de los Estados Unidos, cuyo complejo procedimiento y particularidades se expondrán en detalle. A continuación, se presentará un análisis del sistema de sostenimiento aplicado a las aeronaves actuales, tales como el helicóptero SH-60B. Además, se examinarán nuevos métodos que apoyen y beneficien al sostenimiento del futuro MH-60R, mejorando las prácticas de mantenimiento actual, como la incorporación del mantenimiento predictivo, aprovechando los nuevos sistemas incorporados en esta aeronave.

Para alcanzar el propósito de este estudio, se empleará una metodología de análisis cualitativo, utilizando datos provenientes de encuestas a personal experto, además de la revisión de distintos estudios y artículos académicos, noticias obtenidas de fuentes

abiertas, así como de reglamentación del Ministerio de Defensa de España (MDEF) y de Organismos del Gobierno de los Estados Unidos.

Con posterioridad, una vez procesada y analizada toda esa información, se elaborará una matriz DAFO, a partir de la cual se proporcionarán una serie de recomendaciones y estrategias que permitan optimizar el sostenimiento del futuro helicóptero MH-60R, así como su disponibilidad y seguridad en las operaciones. Esto resultará en una mayor alineación con los estándares internacionales y prácticas de sostenimiento avanzadas, lo que, a su vez, fortalecerá las capacidades de la Armada y su colaboración con países aliados.

Por último, el trabajo finaliza identificando las principales limitaciones encontradas durante la realización del mismo, la propuesta de futuras líneas de investigación, así como el listado de las referencias bibliográficas utilizadas, las cuales sustentan este trabajo.

2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL

El presente epígrafe comienza con la definición del concepto de sostenimiento, algunas ideas básicas sobre el mismo, así como la identificación y definición de las funciones que lo componen, para pasar a describir la situación actual de las aeronaves de la Armada.

Seguidamente, se abordará el proceso de adquisición a través de ventas militares extranjeras *Foreign Military Sales* (FMS), destacando cómo se llevan a cabo las compras de equipos y tecnología a través del Gobierno de los Estados Unidos.

Además, se examinará el ciclo de vida completo de un programa en las Fuerzas Armadas, desde la adquisición hasta la baja del servicio, resaltando las fases de ejecución y servicio.

El sostenimiento de los sistemas aéreos en la Armada se discutirá en detalle, enfocándose en las estrategias y prácticas que aseguran la operatividad y eficiencia de las aeronaves a lo largo del tiempo. Esto incluye una evaluación del sostenimiento actual del helicóptero SH-60B.

Finalmente, a lo largo de este epígrafe se abordará el enfoque de la metodología de sostenimiento mediante prestaciones *Performance Based Logistics* (PBL), y cómo se

aplica en el entorno de la Armada para mejorar la gestión de sus recursos aeronáuticos.

2.1 EL SOSTENIMIENTO EN LA ARMADA.

Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), el sostenimiento se define como “*Acción y efecto de sostener o sostenerse*” y “*Mantenimiento o sustento*” (RAE, 2024).

Como viene reflejado en la Norma Permanente de Organización NÚM. 01/2021, del Almirante Jefe de Apoyo Logístico de la Armada (AJAL), “*El Apoyo Logístico (AL) en la Armada abarca los cometidos relacionados con la dirección, gestión, administración y control del recurso de material, bajo el mando único del AJAL, quien asesora al Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada en las materias de su competencia*”, y que “*el AL en la Armada atiende al sostenimiento, al transporte y a la infraestructura. Asimismo, proporciona apoyo técnico de ingeniería a los sistemas de armas, sistemas de simulación, sistemas de información y telecomunicaciones y a las construcciones, así como al apoyo en arsenales y bases. También incluye la adquisición y mantenimiento de los sistemas de información y telecomunicaciones no asignados a otros organismos*” (AJAL, 2021).

El sostenimiento es el “*conjunto de actividades logísticas necesarias para mantener y reparar los sistemas de armas y sus elementos asociados, de forma que se garantice la correcta operación de estos cuando y donde sean requeridos, así como el mantenimiento y actualización de sus capacidades a lo largo de su ciclo de vida.*”

El sostenimiento de las unidades se desarrolla mediante tres funciones logísticas fundamentales: Mantenimiento, Aprovisionamiento e Ingeniería del Ciclo de Vida” (AJEMA, 2017).

La instrucción 5/2008 del Secretario de Estado de Defensa también recoge unos criterios básicos así como unas normas de aplicación del sostenimiento a los distintos sistemas, tanto ya en servicio como los que estén en fase de obtención o se vayan a adquirir en el futuro. Además, define al mantenimiento, el suministro o aprovisionamiento de repuestos, y la ingeniería de ciclo de vida como las actividades que integran el sostenimiento. Finalmente, recalca la necesidad de afrontar el sostenimiento desde un punto de vista de las familias de sistemas, abandonando el

actual de sostenimiento por ejércitos, de manera que se aprovechen sinergias, optimicen recursos y se creen economías de escala (SEDEF, 2008).

El SEDEF (2008) define las tres actividades del Sostenimiento de la siguiente manera:

- **Mantenimiento.** Conjunto de actividades encaminadas a que un sistema de armas conserve la capacidad que le permita el cumplimiento de las misiones para la que fue concebido. Son actividades del mantenimiento todas aquellas que permitan mantener el material y los equipos en condición operativa o devolverlos a esa condición desde cualquier otra, así como la realización de las modificaciones necesarias con el fin de actualizar sus capacidades.
- **Aprovisionamiento.** Conjunto de actividades relacionadas con la determinación de necesidades, la adquisición, recepción, almacenamiento y distribución del material necesario para mantener los sistemas de armas. Incluye las piezas de repuesto, el equipamiento, las herramientas y el utillaje necesario.
- **Ingeniería del ciclo de vida.** Conjunto de actividades necesarias para la adecuación de los sistemas de armas a los requisitos operativos de los ejércitos, el control de su configuración y la determinación, evaluación y mejora del apoyo que los sistemas de armas y los equipos que lo componen requieren a lo largo de su vida operativa.

Tras haber delineado las definiciones y características del sostenimiento, se procederá a describir la situación actual de las aeronaves de la Armada, y cómo se ha llevado a cabo el proceso de actualización de las mismas a lo largo del tiempo por nuevos modelos.

2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS AERONAVES DE LA FLOAN.

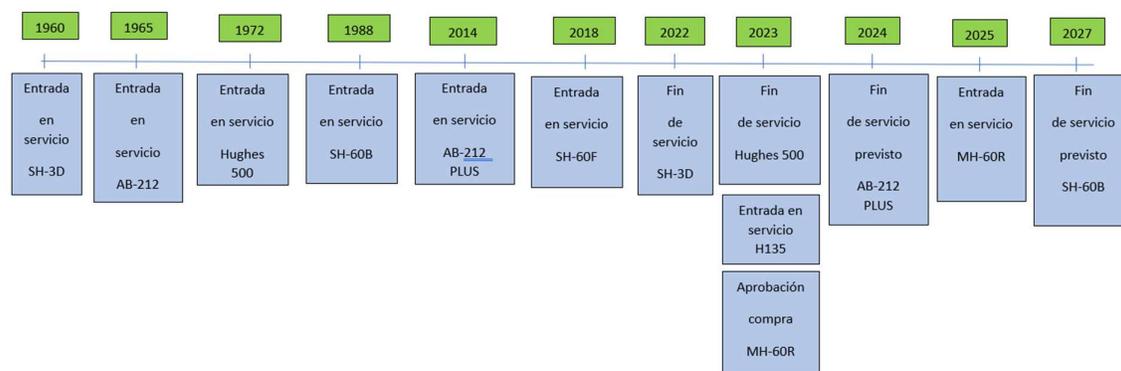
A lo largo de los últimos años, las aeronaves del Arma Aérea de la Armada han estado sufriendo un “relevo generacional” debido a la obsolescencia alcanzada por algunos de estos modelos durante su ciclo de vida operativa (figura 1).

Durante todo este tiempo, el sostenimiento de los sistemas aéreos ha representado una función clave, desde su entrada en servicio hasta el periodo de baja, permitiendo cumplir con las misiones que le caracteriza a cada una de ellas.

Por ello se considera reseñable mencionar las diferentes aportaciones de modelos de aeronaves en el ámbito de la Armada, y ese punto de inflexión que representa la modernización de la Flotilla de Aeronaves, localizada en la Base Naval de Rota (Cádiz), con la adquisición de nuevos sistemas aéreos.

Para reemplazar las capacidades existentes y necesarias aportadas por estas aeronaves, desde la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), se iniciaron diversos Programas Especiales de Modernización (PEM), cumpliendo con las directivas impuestas por parte del Estado Mayor de la Armada (EMA) (DGAM, 2014).

Figura 1. Cronograma Modelos helicópteros FLOAN.



Fuente: Elaboración Propia

En el año 2018 entra en servicio el primer helicóptero SH-60F de segunda mano procedente de la Marina de los Estados Unidos, adquirido a través del Programa Foreign Military Sales (FMS). La llegada de estos helicópteros se encuadra en el Programa de adquisición de la DGAM para mantener la capacidad de transporte táctico entre la baja de los helicópteros SH-3D Sea King y la entrada en servicio del futuro helicóptero Naval de Transporte NH-90 (InfoDefensa, 2018).

El 27 de junio de 2022, la Armada retiró oficialmente el último helicóptero Sikorsky SH3-D “Sea King” perteneciente a la Flotilla de Aeronaves, marcando el fin de su

servicio que se extendió por más de medio siglo, desde su entrada en servicio en el año 1960 (Defensa y Aviación, 2022).

Además, los Agusta Bell 212 (AB212) de la Armada, encuadrados en la Tercera escuadrilla de Aeronaves, sufrieron una modernización para extender su ciclo de vida operativa. Como resultado de este proceso, el día 17 de diciembre de 2013, el helicóptero AB212, como parte de un programa de modernización de la Armada, completó su primer vuelo de prueba, siguiendo el protocolo del Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA). Este evento marcó el fin de tres años de desarrollo, liderado por la Armada y ejecutado por Unión Temporal de Empresas (UTE) Sener-Inaer AB212. La colaboración entre la Armada, UTE y el INTA fue crucial para cumplir con los estándares de seguridad. El proyecto, pionero en España, incluía mejoras tecnológicas avanzadas para extender la vida útil de estos helicópteros hasta más allá de 2025, con un enfoque en la modernización de la cabina y la integración de sistemas de misión y autoprotección avanzados. La entrega del prototipo a la Armada se programó para 2014, tras lo cual se modernizaron otros seis helicópteros (Defensa.com, 2013).

La Armada ha anunciado que disolverá la 3ª Escuadrilla del Arma Aérea en 2024, tras más de cincuenta años de servicio desde su entrada en servicio en el año 1965, lo que conllevará la retirada inmediata de los helicópteros de transporte AB-212 Plus. A pesar de que se había anunciado previamente que la vida operativa de estos helicópteros se extendería al menos quince años, la decisión de retirarlos parece anticiparse a este plazo. La baja de estos helicópteros parecía prevista para finales de la década, coincidiendo con la incorporación de nuevos helicópteros NH-90 y la llegada de los SH-60F. La retirada de los AB-212 Plus sigue a la baja de los SH-3 Sea King, lo que plantea preocupaciones sobre la capacidad de la Armada para llevar a cabo operaciones de transporte y otras funciones esenciales de helicópteros embarcados. La baja de los AB-212 Plus es sorprendente, especialmente teniendo en cuenta que tuvo un coste de 21 millones de euros. Sin embargo, efectuándose la baja en 2024, algunos helicópteros habrán estado en servicio durante solo seis años de los quince previstos. Esto plantea cuestiones sobre la rentabilidad de la inversión y el uso eficiente de los recursos empleados y disponibles (Defensa.com, 2023).

En junio del 2023, el modelo de helicóptero Hughes 500 perteneciente a la Sexta Escuadrilla de Aeronaves realizó su último vuelo, siendo sustituido por el modelo

H135, y finalizando de esta manera su servicio en la Armada tras más de medio siglo, desde su entrada en servicio en el año 1972 (Defensa y Aviación, 2023).

Se puede considerar que el hito más importante ocurrió en abril de 2023, cuando el Ministerio de Defensa recibe la aprobación para la adquisición del helicóptero MH-60R para sustituir a la aeronave SH-60B de la Décima Escuadrilla de Aeronaves de la FLOAN, en servicio desde el año 1988, manteniendo de esta manera la capacidad de guerra antisubmarina (ASW) y antisuperficie (ASUW) de la Armada desde una plataforma aérea (InfoDefensa, 2023).

Esta adquisición se tramitó a cabo a través del programa FMS con el Gobierno de los Estados Unidos, mediante un contrato de aceptación *Letter of Offer and Acceptance* (LOA). Este acuerdo incluye la entrega de 8 aeronaves MH-60R, incluyendo un listado de sistemas de armas, armamento y de repuestos para su sostenimiento. La entrega de la primera unidad se estima que sea entregada el próximo año 2025, y el resto de las ocho unidades a lo largo de los años 2026 y 2027 (Departamento de Estado de los Estados Unidos, 2023).

A partir de la información aportada referente a los modelos de helicópteros que han conformado la FLOAN hasta finalizar su ciclo de vida así como las provisiones de futuros reemplazos, y la vida operativa marcada por el DGAM en su “Plan Director de Helicópteros”, la tabla 1 muestra, de manera esquematizada, la cronología asociada a la adquisición y la baja en servicio. Esto permite una mejor comprensión del relevo generacional de modelos de helicópteros que se está produciendo en la Armada.

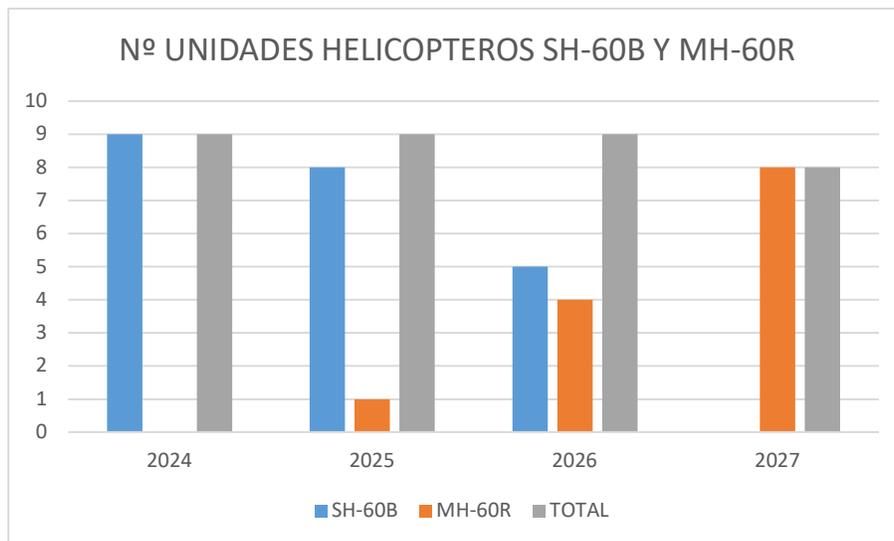
Tabla 1. Resumen Modelos Helicópteros FLOAN.

MODELO	ENTRADA EN SERVICIO	FIN DE SERVICIO / REEMPLAZO	VIDA OPERATIVA ESTIMADA
SH-3D Sea King	Año 1960	Año 2022	Hasta Año 2027 (con Plan de modernización)
Agusta Bell-212	Año 1965	Año 2024	Hasta Año 2027 (modernizado a Plus)
Hughes 500	Año 1972	Año 2023	Hasta Año 2024
SH-60B	Año 1988	Año 2027	Hasta Año 2027
SH-60F	Año 2018	Hasta entrada en servicio del NH-90 Naval	No disponible
H135	Año 2023	-	30 años
MH-60R	Año 2025	-	30 años

Fuente: Elaboración Propia

Hasta la entrada en servicio de todas las unidades del helicóptero MH-60R, que tendrá lugar en el año 2027, la Armada seguirá operando las 9 unidades operativas existentes del modelo SH-60B de la Décima Escuadrilla de Aeronaves, momento en el que tendrá lugar su fin de servicio (figura 2). Cabe reseñar que la Armada será el único usuario del SH-60B en el mundo hasta su baja definitiva.

Figura 2. Número de unidades de SH-60B y MH-60R (2024-2027).



Fuente: FLOAN. Jefatura de Órdenes (2024)

A partir del análisis de situación de la DGAM en su “Plan Director de Helicópteros”, se pueden observar las siguientes previsiones de ciclo de vida para las unidades de Ala Rotatoria de la Armada, (tablas 1,2 y 3):

Tabla 2. Vida operativa de helicópteros de enseñanza.

			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
ET	Enseñanza	HE.26 EC-135	[Green]												
AR	Enseñanza	HS.3 HUGHES 500M	[Green]											[White]	[White]
EA	Enseñanza	HE.25 EC-120	[Green]												
EA	Enseñanza	HE.24 S-76C	[Green]												

Fuente: DGAM (2014)

Tabla 3. Vida operativa de helicópteros ligeros.

			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
ET	Tte. Ligero	HU.10 UH-1H	[Green]	[Green]	[Green]	[White]									
ET	Tte. Ligero	HU.18 AB-212	[Green]	[White]	[White]	[White]	[White]	[White]							
ET	Tte. Ligero	HE.26 EC-135 (UME)	[Green]												
AR	Tte. Ligero	HU.18 AB-212	[Green]												

Fuente: DGAM (2014)

Tabla 4. Vida operativa de helicópteros medios.

			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
ET	Tte. Medio	HU.21 SUPERPUMA	[Green]												
ET	Tte. Medio	HU.27 COUGAR	[Green]												
ET	Tte. Medio	HU.27 COUGAR (UME)	[Green]												
AR	Tte. Medio	HS.9 SEA KING*	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Orange]						
AR	Tte. Medio	HS.9 SEA KING AEW*	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Orange]						
AR	Tte. Medio	HS.23 SH-60B	[Green]												
EA	Tte. Medio	HD.19 PUMA	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[Green]	[White]						
EA	Tte. Medio	HD.21 SUPERPUMA	[Green]												
EA	Tte. Medio	HT.21 SUPERPUMAVIP	[Green]												
EA	Tte. Medio	HT.27 COUGARVIP	[Green]												

*Sin programa de modernización [Green]

*Con programa de modernización [Orange]

Fuente: DGAM (2014)

Como puede observarse en la tabla 1, el modelo SH-60B puede extender su ciclo de vida hasta el año 2027. Esto supone que la progresiva llegada del futuro MH-60R irá relevando las capacidades actualmente aportadas por el obsoleto "Seahawk" (figura 2).

Una vez se reciban todas las unidades operativas del helicóptero MH-60R, será necesario establecer un Plan adecuado y eficiente de Sostenimiento para acomodar los mantenimientos y suministros, para una correcta planificación acorde con las demandas operativas de la Flota de la Armada.

No obstante, conviene resaltar que, en el contexto de la Armada este proceso de adquisición alcanza una dimensión particularmente crítica debido a la complejidad, el coste y la sensibilidad de sus equipos, y este hecho es particularmente sensible en las aeronaves. Es por ello que, en el siguiente subepígrafe, se pasarán a explicar los aspectos más relevantes de dicho proceso de adquisición.

2.3 PROCESO DE ADQUISICIÓN MEDIANTE FMS (*FOREIGN MILITARY SALES*) (VENTAS MILITARES EXTRANJERAS).

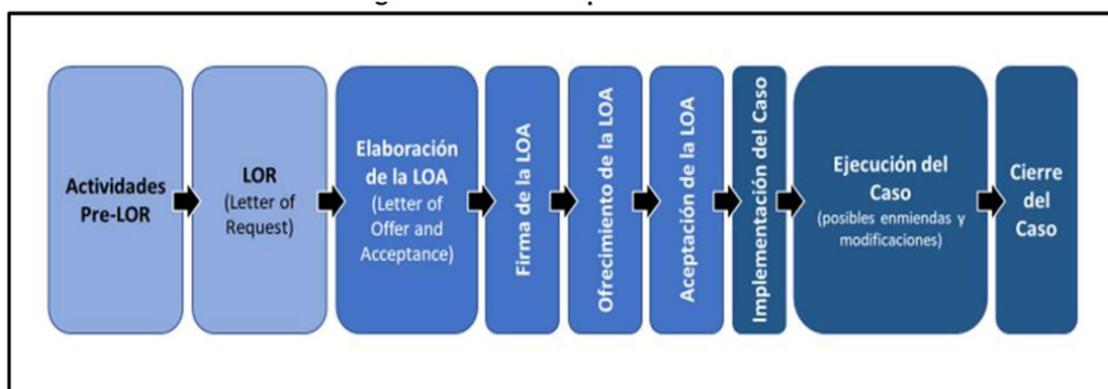
La adquisición de la mayoría de las aeronaves pertenecientes a la Armada se ha llevado a cabo mediante contratos con el Gobierno de los Estados Unidos, a través de su Departamento de Defensa (DoD). Entre ellas se incluye la compra del MH-60R, y el procedimiento seguido debe ser entendido, ya que representa la fase previa a la entrada en servicio dentro de la Armada.

Para garantizar una implementación efectiva de los contratos FMS, Estados Unidos ha desarrollado un marco normativo específico, principalmente basado en la *Arms Export Control Act* (AECA) de 1976 y el Manual de Asistencia y Ventas Militares (SAMM) de 2012, publicado por la *Defense Security Cooperation Agency* (DSCA). Según destaca Santos (2022), aunque esta legislación es detallada, ofrece "*suficiente flexibilidad para adaptarse a las particularidades de cada caso y a las necesidades específicas del país adquirente*".

Para el análisis de la adquisición, se utiliza como referencia principal el *Security Cooperation Management*, conocido comúnmente como "*Green Book*" debido al color

de su cubierta. Este manual, publicado y actualizado anualmente por la *Defense Security Cooperation University* (DSCU), aborda en su capítulo 5 el proceso de FMS. En este capítulo se detallan las diversas fases y "subfases" del proceso FMS (figura 3), las cuales se describen a continuación (DSCU, 2012).

Figura 3. Fases del proceso FMS.



Fuente: Elaboración propia a partir de DSCU (2022)

El procedimiento FMS se inicia cuando un aliado internacional evalúa distintas alternativas para alcanzar sus metas de seguridad nacional. En este proceso, busca activamente información del Gobierno de los Estados Unidos. Comúnmente, recurre al apoyo del *Operational Contract Support* (OCS) en su propio país, que también puede asistir en la documentación de las necesidades específicas y en la formulación de solicitudes de manera que sean comprensibles para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Una vez que el socio internacional ha determinado con precisión los artículos, equipos o servicios que se alinean con sus necesidades de defensa, da un paso significativo al presentar la Carta de Solicitud o *Letter of Request* (LOR). Este documento es fundamental en el proceso de adquisición, ya que no solo enumera los requisitos específicos del país solicitante, sino que también establece formalmente su interés en proceder con la compra bajo el programa de FMS.

Aunque la presentación de la LOR no exige un formato estandarizado, es esencial que esté bien documentada y se aconseja que incluya todos los detalles que faciliten una respuesta rápida y precisa por parte del Gobierno de los Estados Unidos. Para asegurar que la solicitud sea lo más completa y clara posible, se recomienda seguir una lista de verificación que abarque diversas categorías esenciales. La figura 4 ilustra

una de estas listas de verificación genéricas, ofreciendo una guía útil sobre qué tipo de información debe ser proporcionada.

Esta lista de verificación suele incluir aspectos como la identificación precisa del equipo o servicio solicitado, las especificaciones técnicas detalladas, la cantidad requerida, el propósito y la utilidad esperada de la compra, así como cualquier requisito de compatibilidad con sistemas existentes. También es importante incluir detalles sobre la logística, como las preferencias de entrega, la infraestructura de soporte necesaria y consideraciones de formación o entrenamiento para el personal.

Figura 4. Lista de comprobación de la Carta de Solicitud (LOR).

<p>General Info / Special Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Purchaser • Related purchases / MOU or MOA • Commercial negotiations • Transparency / special reports • Interoperability • Acceptance time frame • International solicitation <p>Major Item Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantity • Item identification / description • Intended end use • Model / configuration • Desired delivery date <p>Acquisition Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pre-negotiations • Sole source • Offsets <p>Financial Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funding source / availability • Payment Schedule/Initial Deposit • Financial Waivers 	<p>Services Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Description / type of service • Period of performance / location • DoD or U.S. contractor • Case/program reviews <p>Training Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Type / level of training • Number / skill level of students • Proposed location and dates • DoD or U.S. contractor • Training program concept <p>Support Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operations Concept • Maintenance Concept • Supply Concept • Initial Spares • Support Equipment • Facilities / Site Survey • Publications • Warranties • Follow-on Support <p>Delivery Considerations</p> <ul style="list-style-type: none"> • Freight forwarder • Pilot pickup • DTS Port of Debarkation (POD) • Air or surface movement
---	--



Fuente: DSCU (2022)

Las LOR deben ser dirigidas a la agencia implementadora adecuada, como se detalla en el SAMM (2012), y a la Agencia de Cooperación para la Seguridad de la Defensa (*Defense Security Cooperation Agency, DSCA*). Asimismo, es importante enviar copias de estas solicitudes tanto a la Embajada de Estados Unidos como al Mando de Combate (*Combatant Command, CCMD*) relevante.

Es crucial considerar que, una vez presentada la LOR, pueden generarse dos tipos de respuestas por parte de las autoridades pertinentes: un Precio y Disponibilidad (*Price and Availability, P&A*) o un Contrato de Aceptación (*Letter of Offer and Acceptance, LOA*).

En el primer caso, la información de Precio y Disponibilidad proporciona una evaluación preliminar del coste y la disponibilidad de los bienes o servicios solicitados

en la LOR. Esta estimación se suministra al potencial comprador exclusivamente con propósitos de estimación o planificación. Es importante destacar que los datos proporcionados en esta etapa no son definitivos ni obligatorios para la elaboración de un Contrato de Aceptación (LOA) futuro, como se especifica en el SAMM (2012).

Por otro lado, la LOA representa la propuesta formal de un contrato entre gobiernos. En esta se especifican detalladamente los bienes y servicios que se proporcionarán, ajustándose a los requerimientos previamente establecidos en la LOR. Incluye también información detallada sobre el coste total y el plan de pagos, como indica Santos (2022). Este fue precisamente el formato de oferta utilizado en la adquisición de los helicópteros MH-60R.

Además, en lo que respecta a la clasificación de los tipos de LOA, la utilizada para la adquisición de los helicópteros MH-60R corresponde a la categoría de Pedido Definido (*Defined Order*). Este tipo de LOA se emplea cuando los artículos de defensa o servicios solicitados están claramente especificados en la LOR, incluyendo detalles como la cantidad necesaria y el período de ejecución del contrato.

Los artículos suministrados bajo la modalidad de "*Defined Order*" incluyen aquellos clasificados como Equipamiento militar significativo (*Significant Military Equipment*, SME), junto con su paquete inicial de soporte. Esta categoría también abarca explosivos y municiones, servicios específicos, material clasificado, y los Paquetes de datos técnicos (*Technical Data Packages*, TDP).

Según Sanabria (2004), la LOA representa el contrato de suministro definitivo y se compone de siete secciones clave: las obligaciones del Gobierno de los Estados Unidos, las obligaciones del gobierno comprador, las cláusulas de indemnización y asunción de riesgos, las condiciones de entrega del material, los términos y condiciones financieras, las garantías, y las disposiciones para la resolución de controversias.

Dentro del contenido de la LOA, es notable destacar en lo que respecta a las obligaciones del vendedor, que "*el Gobierno de los Estados Unidos se compromete a realizar todas las actividades necesarias para efectuar el suministro, independientemente de si este se lleva a cabo o si por el contrario se cancela*". Además, en la misma cláusula, "*se establece que el Gobierno de los Estados Unidos se reserva el derecho de rescindir el contrato en cualquier momento, sin obligación de*

compensar al comprador, si se presentan circunstancias que afecten a la seguridad nacional", según indica Sanabria (2004).

En relación con las obligaciones del país comprador, es importante resaltar la responsabilidad de indemnizar al Gobierno de Estados Unidos por cualquier daño o perjuicio causado a material del Departamento de Defensa (DoD), independientemente de que haya culpa o negligencia por parte del país comprador.

Una vez que la LOA ha sido firmada, se envía al país extranjero para su aceptación. Es importante destacar que el siguiente paso crucial es la realización del depósito inicial requerido, el cual es una condición esencial para iniciar la fase de implementación del caso.

Cuando se completa la entrega de los artículos o la prestación de los servicios estipulados en la LOA, el Responsable del Contrato (*Case Manager*) tiene la responsabilidad de iniciar el proceso de cierre del caso. Este procedimiento incluye la liquidación financiera y, en caso de que sea pertinente, la devolución de cualquier fondo sobrante al país comprador.

Mediante todo el proceso indicado en este punto, se llevó a cabo la adquisición de los helicópteros MH-60R, y el contrato fue anunciado por DSCA, especificando la inclusión de 8 unidades más apoyo y equipos al precio de 950 Millones de USD. (DSCA, 2022). Este artículo militar se encuentra definido dentro de la *FMS Only List* (Listado de artículos y capacidades, para venta únicamente por FMS), como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5. Lista de principales categorías de FMS.

FMS Only List	
Determinados radares	Sistemas de Mando y Control
Misiles	Sistemas de planeamiento
Helicópteros de ataque	Bases de datos de inteligencia
Aviones de combate	Determinados equipos de guerra electrónica
Equipos de aeronaves de propósito especial	Equipos COMSEC
Sistemas aéreos no tripulados y sus componentes	Equipos GPS/PPS
Sistemas de armas autónomos	Sistemas LADAR/LIDAR
Armas nucleares/propulsión nuclear	Sónar
Armas dotadas de sensores	Equipos de visión nocturna
Determinados torpedos	Sistemas de defensa aérea
Equipos contramedias	Elementos de defensa contra misiles balísticos

Fuente: *Elaboración propia a partir de DSCU (2022)*

El Programa FMS es un pilar clave en el fortalecimiento de las alianzas internacionales y la seguridad global, al permitir a las FAS adquirir capacidades avanzadas y mantener interoperabilidad con aliados. Este proceso no solo abarca la adquisición de sistemas de defensa sino también el soporte continuo y la formación necesaria para su operación eficiente.

Es esencial reconocer cómo el FMS facilita una transición fluida desde la adquisición hasta la entrada en servicio y mantenimiento de los sistemas de defensa, asegurando que estos cumplan con las necesidades operativas a largo plazo y mantengan la eficacia operativa. Este enfoque integrado resalta la importancia de considerar no solo la compra inicial, sino también el sostenimiento y la evolución de las capacidades a lo largo de todo el ciclo de vida del programa.

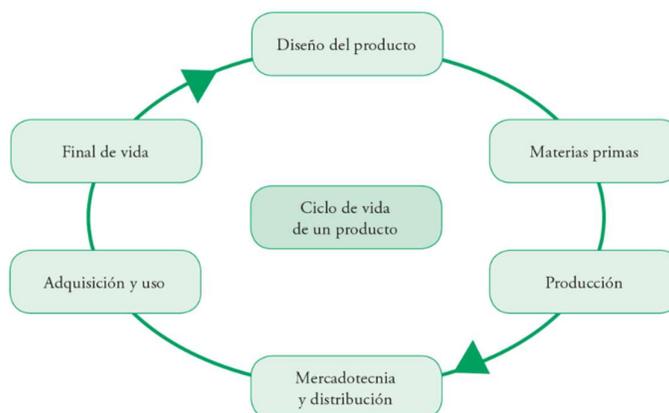
2.4 CICLO DE VIDA DE UN PROGRAMA EN LAS FAS.

Tras haber examinado el proceso de FMS y su papel crítico en la adquisición de equipos militares avanzados como el MH-60R, es fundamental comprender cómo se

divide el proceso del ciclo de vida de un sistema en las FAS, centrándonos principalmente en las Fases de Obtención/Ejecución y de Servicio/Vida Operativa.

“El ciclo de vida de un producto nace con su diseño, de acuerdo con la utilidad final de dicho producto, con sus objetivos económicos y de rentabilidad y, por supuesto, con el mayor o menor acierto en su presentación para el cliente y, por último, para el consumidor final” (figura 5) (Cabeza, 2012).

Figura 5. Ciclo de vida de un producto.



Fuente: Cabeza (2012)

Esta definición es extrapolable a la industria de Defensa cuando nos referimos a un Programa o Material diseñado a partir de las necesidades oportunas, desarrollado para un cliente (FAS) y para un consumidor final que estaría representado por el propio país y /o los aliados de este mismo.

La Instrucción 72/2012, de 2 de octubre, del SEDEF, regula el proceso de obtención del armamento y material y la gestión de sus programas. Esta normativa está relacionada con la programación del helicóptero MH-60R desde su obtención hasta su puesta en servicio y futura baja (SEDEF, 2012). En dicho proceso se pueden distinguir las siguientes fases:

Fase de Ejecución/Obtención.

La fase de gestión y desarrollo de programas de obtención o modernización de armamento y material para las Fuerzas Armadas se divide en diseño y producción/adquisición. Es en este momento donde se comienzan a ejecutar todos los contratos acordados, en los cuales se han definido las características y requisitos que debe cumplir el Sistema correspondiente.

Con el inicio de la producción, se definen las pruebas operativas o funcionales para evaluar los sistemas antes de finalizar la garantía, asegurando que cumplen con los requisitos establecidos. Además, en esta etapa se desarrolla el Concepto de Apoyo Logístico (CAL), que determina procedimientos de mantenimiento, suministro y gestión de repuestos.

Fase de Servicio/vida operativa.

En la etapa de Vida Operativa, la operación de los sistemas o equipos es responsabilidad del organismo usuario, en este caso la Armada, y su mantenimiento recae en las entidades definidas en el CAL. El CAL se revisa y actualiza durante toda la vida útil del sistema, particularmente si hay cambios en los requisitos operativos o en las capacidades de mantenimiento. Cualquier modificación del CAL debe contar con la aprobación del DIGAM. Si se requiere modernizar el sistema o equipo durante su vida operativa, se inicia un nuevo ciclo de obtención desde la fase conceptual, lo cual podría resultar en un programa de modernización.

Los pasos correspondientes a cada fase se ilustran en la figura 6:

Figura 6. Fases de un Programa o Sistema.



Fuente: Elaboración propia a partir de SEDEF (2012)

Al explorar el ciclo de vida de sistemas y programas en las FAS, destacamos la importancia de una gestión y planificación cuidadosas desde la adquisición hasta su baja en servicio. Este enfoque asegura que cada etapa, desde el diseño inicial hasta su operación final, maximiza la eficiencia y efectividad operativa. Al avanzar hacia el sostenimiento específico de sistemas aéreos en la Armada, este marco cobra aún más relevancia.

La correcta planificación del ciclo de vida de un Sistema contribuye directamente a un sostenimiento efectivo, garantizando que aeronaves como el MH-60R mantengan su capacidad operativa óptima a lo largo de su servicio, subrayando la continuidad y la importancia de estrategias de sostenimiento bien fundamentadas.

2.5 SOSTENIMIENTO DE UN SISTEMA AÉREO EN LA ARMADA.

Tras haber comentado el ciclo de vida de sistemas en las Fuerzas Armadas, comprendemos la trascendencia de cada fase mencionadas. Ahora corresponde enfocarse en el sostenimiento de sistemas aéreos en la Armada, un aspecto vital que garantiza la operatividad y fiabilidad continuas de estos complejos medios.

Durante la fase operativa de un sistema adquirido, es responsabilidad de cada Ejército, y en el caso del helicóptero MH-60R, la Armada, establecer unas directrices de sostenimiento para un correcto empleo durante su servicio en las FAS.

Las especificaciones que afectan al sostenimiento de las aeronaves de la Armada, están recogidas en la Norma Permanente de logística NÚM. 01/2023, del AJAL (AJAL, 2023).

La gestión, ejecución y supervisión de la aeronavegabilidad y el mantenimiento de las aeronaves en la Armada requieren atención a características distintivas que están influenciadas de manera directa por las disposiciones contenidas en el Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa (RAD).

El DIGAM ejerce como la Autoridad de Aeronavegabilidad de la Defensa (AAD), y es el encargado de aprobar los programas de sostenimiento para las distintas aeronaves de la Armada, incluyendo la aprobación de cualquier modificación que se realice a estos planes.

Una particularidad destacada en el mantenimiento de las aeronaves de la Armada es la necesidad de asegurar que las unidades aéreas embarcadas (UNAEMB) mantengan su capacidad operativa durante prolongados despliegues fuera del territorio nacional, preservando su aeronavegabilidad en todo momento. La seguridad de las aeronaves y sus tripulaciones es el principio fundamental que rige este proceso. Para ello, se requiere un mantenimiento coherente y una certificación explícita a lo largo de todas las fases del mantenimiento, incluyendo el diseño de modificaciones, las reparaciones y el reemplazo de componentes.

Las tareas de mantenimiento deben estar centralizadas bajo la dirección de una única entidad, ejecutadas por personal que posea las calificaciones exigidas y conforme a los procedimientos y directrices estipulados por la Autoridad competente o aquellos a quienes la Autoridad delegue estas responsabilidades. Además, es imperativo que

todas las labores de mantenimiento sean certificadas por personal habilitado. La Armada, por su parte, debe mantener un registro detallado de la fiabilidad de los componentes, lo que facilitará la implementación de prácticas de mantenimiento más rigurosas que las especificadas por los fabricantes o la autoridad técnica cuando la situación lo requiera.

El apoyo al ciclo de vida de las aeronaves se realiza mediante el mantenimiento de su aeronavegabilidad.

El mantenimiento de la aeronavegabilidad se desdobra en dos ámbitos:

- Aeronavegabilidad Continuada.
- Aeronavegabilidad Continua.

La aeronavegabilidad continuada asegura que las condiciones originales de diseño que posibilitan el vuelo seguro de una aeronave perduren a lo largo del tiempo. Estas acciones están destinadas a asegurar que los requisitos que dieron lugar a la emisión de un Certificado de Tipo o una Prueba Equivalente para una aeronave o motor (modelos) sigan cumpliéndose constantemente durante su periodo de vigencia. Por su parte, la aeronavegabilidad continua se preserva a través del diseño y la aprobación de modificaciones y reparaciones (tales como Boletines de Servicio y Directivas de Aeronavegabilidad), las cuales tienen como finalidad mantener, incrementar o recuperar las condiciones de seguridad establecidas en el diseño inicial (tabla 6).

Tabla 6. Tipos de Aeronavegabilidad.

	AERONAVEGABILIDAD CONTINUADA	AERONAVEGABILIDAD CONTINUA
DEFINICIÓN	Asegura que las condiciones de diseño original para un vuelo seguro persistan a lo largo del tiempo.	Mantiene las condiciones bajo las cuales se otorgó el Certificado de Tipo o Prueba Equivalente.
MÉTODOS	A través del diseño y aprobación de modificaciones y reparaciones como Boletines de Servicio y Directivas de Aeronavegabilidad.	Similar, incluye el diseño y aprobación de cambios que preservan, mejoran o restablecen las condiciones de seguridad originales.
OBJETIVO	Garantizar que los requisitos de diseño que permitieron la emisión de un Certificado de Tipo sigan cumpliéndose.	Preservar continuamente las condiciones de aeronavegabilidad necesarias para la operación segura de la aeronave.

Fuente: Elaboración propia

Para administrar este procedimiento, se utiliza GALIA AERONAVES como sistema de gestión integral para supervisar todas las modificaciones y reparaciones efectuadas en las aeronaves. Esto asegura la preservación del diseño de tipo o, en caso de que se produzcan cambios, que exista una supervisión adecuada sobre estos.

El mantenimiento de la aeronavegabilidad engloba todas las prácticas y procesos de mantenimiento o producción requeridos para certificar que, durante todo el ciclo de vida operativo, tanto la aeronave como el motor cumplen con los estándares de aeronavegabilidad vigentes y se encuentran en estado apto para un funcionamiento seguro.

El mantenimiento aeronáutico engloba todas las actividades llevadas a cabo para mantener o restaurar la utilidad del material aéreo. Esto abarca la inspección, verificación, evaluación del estado, prevención, reparación, modificación, conservación y pruebas de los equipos.

Estas operaciones deben ejecutarse siguiendo fielmente el manual de mantenimiento autorizado y conforme a un plan predefinido que garantice el uso eficiente del personal, las instalaciones y el equipo disponible.

La aplicación "GALIA AERONAVES" se establece como el instrumento clave para la administración del mantenimiento de aeronaves, facilitando un seguimiento riguroso requerido para el mantenimiento de la aeronavegabilidad.

Este sistema se basa en el principio de que todo el personal involucrado en el proceso cuenta con las credenciales, educación y experiencia necesarias en el producto específico, garantizando así que las tareas de mantenimiento puedan ser debidamente certificadas mediante el correspondiente Certificado de Aptitud.

El mantenimiento de Aeronaves en la Armada se organiza en tres escalones claramente definidos (tabla 7):

- Primer Escalón: Es el *“conjunto de acciones de tipo de comprobación, preventivo y correctivo, e incluso, en ciertos casos, de rehabilitación y de modificación, a que se somete el material por la propia dotación de una escuadrilla”* (AJEMA, 1981). Incluye todas las acciones de mantenimiento realizadas en las Escuadrillas de la FLOAN, bajo la dirección de sus Jefes de Escuadrilla, o en la Fuerza de Infantería de Marina (FIM), bajo la supervisión de su mando orgánico. Este nivel abarca también las actividades de las unidades aéreas embarcadas o desplegadas. Los Jefes de Escuadrilla reportan al Almirante de la Flota (ALFLOT) a través del Comandante de la Flotilla de Aeronaves (COMFLOAN).

- Segundo Escalón: Representan las *“acciones más complejas y que consiste en el conjunto de acciones de tipo preventivo, correctivo, de rehabilitación y de modificación que, por su complejidad y magnitud, se ejecutan en establecimientos de la Armada fuera de las escuadrillas”* (AJEMA, 1981). Comprende las acciones de mantenimiento llevadas a cabo por el Grupo de Apoyo al Sostentamiento de la FLOAN (GAS FLOAN), bajo la responsabilidad del Jefe del Grupo (JEGAS FLOAN). Este nivel está bajo la autoridad del Almirante del Arsenal de Cádiz (ALARDIZ).

- Tercer Escalón: Son el *“conjunto de acciones de mantenimiento que, bien por su complejidad y magnitud, o bien por exceder la carga de trabajo de las*

posibilidades del Segundo Escalón, efectúan empresas civiles (estatales o privadas)” (AJEMA, 1981). En otras palabras, consiste en las actividades de mantenimiento ejecutadas por entidades externas a la Armada, ya sea en instalaciones de la Armada o fuera de ellas. Estas actividades están controladas por el JEGAS FLOAN.

Tabla 7. Escalones de mantenimiento.

ESCALÓN	UNIDAD RESPONSABLE DE REALIZAR EL MANTENIMIENTO	TAREA DE MANTENIMIENTO	NIVEL DE COMPLEJIDAD
PRIMERO	Escuadrillas	Preventivo/Correctivo	Sencillo
SEGUNDO	Grupo de Apoyo	Preventivo/Correctivo	Complejo
TERCERO	Industria	Preventivo/Correctivo	Complejo

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento asignado a un escalón específico puede ser llevado a cabo por un escalón de mayor nivel. El mantenimiento de la aeronavegabilidad continua se gestiona a través del GAS FLOAN, las Escuadrillas y las Unidades de Infantería de Marina, quienes son los encargados de las tareas de mantenimiento en cada uno de los tres niveles. Sin embargo, el control de la aeronavegabilidad continuada se realiza exclusivamente desde el GAS FLOAN.

El proceso de producción abarca todas las actividades de mantenimiento que tienen como objetivo suministrar horas de vuelo a las escuadrillas. Dentro de este proceso, las Escuadrillas, UNAEMB y UNADEST llevan a cabo una serie de tareas de mantenimiento, además de los trabajos asignados al personal de línea de vuelo. Estas actividades siempre se realizan en coordinación con el GAS FLOAN (AJAL, 2023):

- “- Revisiones.*
- Inspecciones (fases de mantenimiento, especiales, calendas, etc.).*
- Reparaciones menores.*
- Reemplazo de equipos (motores, aviónica etc.).”*

El GAS FLOAN se encarga de las tareas de mantenimiento del segundo escalón y brinda soporte al primer escalón. Para ello, está estructurado en diferentes talleres, laboratorios y una sección de ingeniería que cubre varias áreas.

Cualquier trabajo que exceda sus capacidades operativas es transferido al Tercer Escalón por el GAS FLOAN, que se encarga de la gestión y supervisión de estos mantenimientos, ya sea que se realicen en sus propias instalaciones o fuera de ellas.

Además, el GAS FLOAN puede formar Grupos Móviles de Mantenimiento (GMM) para proporcionar apoyo especializado a las escuadrillas cuando sea necesario, tanto en la Base Naval de Rota como en operaciones embarcadas o desplegadas.

Por otro lado, el Jefe de la Sección de Aeronaves de la Subdirección de Mantenimiento (DISOS-JAL) cumple las funciones de Jefe de Programa del Ciclo de Vida de las Aeronaves. Esta sección es responsable de proveer los elementos de contratación necesarios para los apoyos de mantenimiento requeridos, ya sea debido a que se superen las capacidades técnicas del GAS FLOAN o por limitaciones de personal y/o material, tanto cuantitativas como cualitativas.

La función de Aprovisionamiento de Aeronaves en el ámbito del soporte logístico se centra en llevar a cabo todas las actividades relacionadas con la planificación, adquisición, almacenaje y distribución de los materiales aeronáuticos esenciales. Este proceso tiene como finalidad garantizar la eficacia operativa de las unidades aéreas de la Armada.

Este material requiere una gestión especializada, no solo para mantener la configuración adecuada de las aeronaves en las que se instala, sino también para asegurar su utilidad de acuerdo con las exigencias del Plan de Mantenimiento respectivo. Cada elemento o componente que se monta en una aeronave debe estar en conformidad con lo establecido en su Certificado de Tipo y acorde con el RAD. Para lograr esto, es esencial contar con la documentación pertinente que proporcione trazabilidad completa del elemento, desde su fabricación hasta su instalación en la aeronave.

Cada una de las escuadrillas de la FLOAN, así como el GAS FLOAN, dispone de un Primer Escalón de Aprovisionamiento encargado de abastecer los mantenimientos realizados en sus aeronaves. Las necesidades de material de estas unidades son satisfechas por el Almacén de Repuestos de Aeronaves (ARA).

Considerando la necesidad de que todas las labores efectuadas en las aeronaves sean debidamente certificadas y que el material empleado sea completamente trazable, la interacción entre los primeros escalones de aprovisionamiento y ARA se lleva a cabo mediante la aplicación GALIA AERONAVES. Esta aplicación se establece como el único medio utilizado para certificar todas las acciones de mantenimiento realizadas en las aeronaves y sus componentes.

La configuración se refiere a la especificación detallada de todas las partes, componentes y equipos que constituyen una aeronave. La Documentación de Configuración es el conjunto de documentos que describen las características físicas y funcionales de un producto, así como los requisitos de aeronavegabilidad que cumple y la manera en que lo hace. Por otro lado, la Configuración Aprobada consiste en la configuración del Diseño de Tipo original más todas las modificaciones que han sido aprobadas por la AAD, ya sea de manera directa o a través de delegación.

Al profundizar en el sostenimiento de sistemas aéreos en la Armada, se abordan las prácticas efectivas para asegurar la operatividad y eficiencia de estos. Esta comprensión sirve de puente hacia el análisis del sostenimiento del SH-60B, donde exploraremos no solo la gestión actual sino también las previsiones futuras.

2.6 SOSTENIMIENTO DEL ACTUAL SH-60B Y PREVISIONES.

Una vez desarrolladas las características principales del concepto de sostenimiento en los medios aéreos en la Armada, a continuación, se va a describir cómo se aplica en el helicóptero SH-60B con los conceptos de Mantenimiento, Aprovisionamiento e Ingeniería del Ciclo de Vida. Recordemos que el SH-60B es el modelo que está actualmente operando en la Armada y que va a ser reemplazado por el futuro MH-60R “*Seahawk*”, con el objetivo de mantener las capacidades de guerra antisubmarina y antisuperficie de la Armada desde plataforma aérea.

El mantenimiento de la aeronave SH-60B en la Armada se rige por la doctrina de la Marina de los Estados Unidos, específicamente siguiendo el *Naval Aviation Maintenance Program* (NAMP). Este enfoque se puede describir como tradicional. En esencia, implica un mantenimiento preventivo y correctivo que incluye una serie de tareas, revisiones e inspecciones que se programan según las horas de vuelo

acumuladas o el tiempo transcurrido desde el último mantenimiento o inspección. (NAVAIR, 2017)

Para llevar a cabo el mantenimiento indicado anteriormente y asegurar la disponibilidad operativa de las aeronaves, es esencial contar con los repuestos, publicaciones técnicas y equipos necesarios.

Al abordar el aprovisionamiento para una aeronave, es importante diferenciar entre distintos tipos de componentes que apoyan a la misma, tal como se describe en las directrices de la DISCS (2019) (tabla 8):

- Piezas para Reparaciones y Consumibles: Estos artículos son componentes de sistemas más grandes y generalmente se adquieren para el mantenimiento durante el ciclo de vida de la aeronave. Ejemplos de estos serían tarjetas electrónicas, tornillos y otros elementos similares.
- Reparables: Estos son elementos diseñados para ser duraderos y que, en caso de avería, pueden ser reparados y reutilizados de manera rentable. Algunos ejemplos incluyen turbinas, cajas de transmisión principales y equipos de radio.
- Equipo de Apoyo: Herramientas especiales y equipos de prueba, así como vehículos de arrastre, que se utilizan directa o indirectamente en el soporte y mantenimiento de la aeronave.
- Documentación Técnica: Manuales y guías que proporcionan instrucciones y especificaciones técnicas para el mantenimiento y operación de la aeronave.

Tabla 8. Componentes de apoyo al Aprovisionamiento.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
REPARACIONES Y CONSUMIBLES	Componentes para mantenimiento ciclo de vida de la aeronave.	Tarjetas electrónicas, tornillos.
REPARABLES	Elementos pueden ser reparados y reutilizados.	Turbinas, cajas de transmisión principales.
EQUIPO APOYO	Herramientas y equipos especiales para mantenimiento de la aeronave.	Herramientas especiales, equipos de prueba.
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	Manuales y guías para operación y mantenimiento.	Manuales de mantenimiento, guías operativas.

Fuente: Elaboración propia

El contrato de adquisición de componentes y repuestos actual que abastece al helicóptero SH-60B está apoyado por las LOA SP-P-GOJ y SP-P-KQM. Estos contratos se renuevan periódicamente con el objeto de aumentar los fondos necesarios para poder seguir abasteciendo a la flota de helicópteros en su ciclo de vida (Departamento de Estado de los Estados Unidos, 2022).

Conforme a la LOA SP-P-SDE que apoyará al futuro *Seahawk* MH-60R, el apoyo logístico viene descrito de la siguiente manera (Departamento de Estado de los Estados Unidos, 2023):

“El soporte de integración logística incluye los requisitos de actividades de logística y de sostenimiento, esfuerzos de planificación de mantenimiento, integración de datos técnicos y gestión de fabricación. La línea 45 incluida en la LOA también proporciona apoyo para la gestión de configuración, preparación de manuales técnicos y publicaciones únicas para el cliente, desarrollo de informes relacionados con el ciclo de vida, requisitos de Support Equipment (SE) (Equipos de Apoyo) y repuestos, y selección de los mismos, monitorización e informe de obsolescencia; y gestión y resolución de problemas logísticos relacionados. También incluye los esfuerzos de Soporte Logístico Integrado (Integrated Logistic Support, ILS) de la sede del Naval Air Systems Command (NAVAIR) y las actividades de campo de NAVAIR para revisar y probar el Equipo Suministrado por el Gobierno (Government Furnished Equipment, GFE) antes de proporcionarlo a los contratistas y procesar los Informes de Deficiencia de Calidad (Quality Deficiency Reports, QDR).”

Aquí se destaca la importancia del soporte de integración logística en el contexto de un contrato FMS. Este apoyo abarca una amplia gama de actividades esenciales para el ciclo de vida de los sistemas de defensa, incluyendo la planificación de mantenimiento, la gestión de datos técnicos, y la resolución de problemas logísticos.

“Los servicios incluyen apoyo logístico de contratistas para la gestión de repuestos y piezas de reparación, Reparación de Reparables (Repair of repairables, RoR), mantenimiento de la base de datos de medios de apoyo electrónico, Propuestas de Cambio de Ingeniería (Engineering Change Proposal, ECP) y otros elementos de soporte logístico. Esta línea también proporciona Artículos Gestionados de Mantenimiento (Maintenance Managed Items, MMI) para cada aeronave y servicios

planificados y asistencia técnica logística para todo el entrenamiento asociado al MH-60R, ayudas y dispositivos de entrenamiento.

Los servicios incluyen soporte logístico del Gobierno de los Estados Unidos, la Actividad de Campo Conocido (Cognizant Field Activity, CFA) y los contratistas principales para el MH-60R. El Gobierno de los Estados Unidos proporcionará información sobre todas las ECPs relacionadas con el MH-60R de los compradores, Investigaciones de Ingeniería (Engineering Investigations, EI), Cambios de Ingeniería Menores de Acción Rápida (Rapid Action Minor Engineering Changes, RAMEC), informes de peligro y cambios en los procedimientos de mantenimiento de la Marina de Estados Unidos (USN). Estos esfuerzos cubrirán los requisitos logísticos para la integración de equipos y armas. Esta línea también incluye servicios necesarios para realizar modificaciones únicas.”

En estos apartados mencionados, se resalta la amplitud de servicios logísticos que apoyan la operatividad y mantenimiento del MH-60R, abarcando desde la gestión de repuestos hasta la implementación de cambios de ingeniería propuestos. Incluye también un enfoque en la optimización continua del apoyo mediante el mantenimiento de bases de datos y la actualización técnica. La colaboración entre el Gobierno de los Estados Unidos, contratistas principales y actividades de campo específicas subraya un esfuerzo integrado para asegurar que el MH-60R se mantenga a la vanguardia tecnológica y operativa.

“Las Actividades de Gestión Logística, Revisiones y Reuniones de Grupos de Trabajo que apoyan la ejecución exitosa de este caso incluyen, pero no se limitan a:

- Revisiones de Preparación de Sostenimiento (Sustainment Readiness Reviews SRR).*
- Revisiones de Preparación de Entrenamiento (Training Readiness Reviews, TRR).*
- Reuniones de Intercambio Técnico (Technical Interchange Meetings, TIM).*
- Revisiones del Estado del Programa.*
- Revisiones de Gestión del Programa MH-60R (incluyendo revisiones de soporte relacionadas como PMR (Program Management Reviews) de Logística Basada en Rendimiento y Revisiones del Programa de Fuentes de Fabricación*

y Escasez de Materiales Obsoletos/Disminuyentes (Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages, DMSMS)).

- Revisiones del Programa y Proceso Logístico (Logistics Program & Process Reviews, LPPRs).

- Conferencias de Aprovisionamiento.

- Juntas de Control de Configuración (Configuration Control Boards, CCB).

La línea incluye la participación y recomendaciones para casos de sostenimiento posteriores para apoyar los requisitos de mantenimiento ampliados y los requisitos de destacamento a bordo de buques.”

Las actividades citadas subrayan la importancia de una serie de hitos diseñados para asegurar el sostenimiento efectivo del MH-60R. Desde revisiones de preparación hasta juntas de control de configuración, estas iniciativas son cruciales para mantener la aeronave en óptimas condiciones operativas y preparadas para el adiestramiento. La inclusión de recomendaciones para futuros casos de sostenimiento resalta el compromiso continuo con la mejora y adaptación de estrategias de mantenimiento, asegurando que el MH-60R pueda cumplir con los requisitos de la misión de manera efectiva.

A día de hoy, se están realizando reuniones periódicas presenciales y por videoconferencia, para alinear los detalles del envío inicial de apoyo logístico de repuestos que puedan abastecer durante los primeros años de operación el helicóptero MH-60R.

Al analizar el sostenimiento del actual SH-60B y las previsiones futuras, hemos identificado estrategias clave que han modelado su operación efectiva. Esta reflexión nos sirve de base para adentrarnos en el análisis del sostenimiento actual de sistemas aéreos en la Armada, subrayando la importancia de adaptar y actualizar continuamente nuestras prácticas de mantenimiento.

2.7 SOSTENIMIENTO MEDIANTE LOGÍSTICA BASADA EN LAS PRESTACIONES. [PERFORMANCE BASED LOGISTICS (PBL)] .

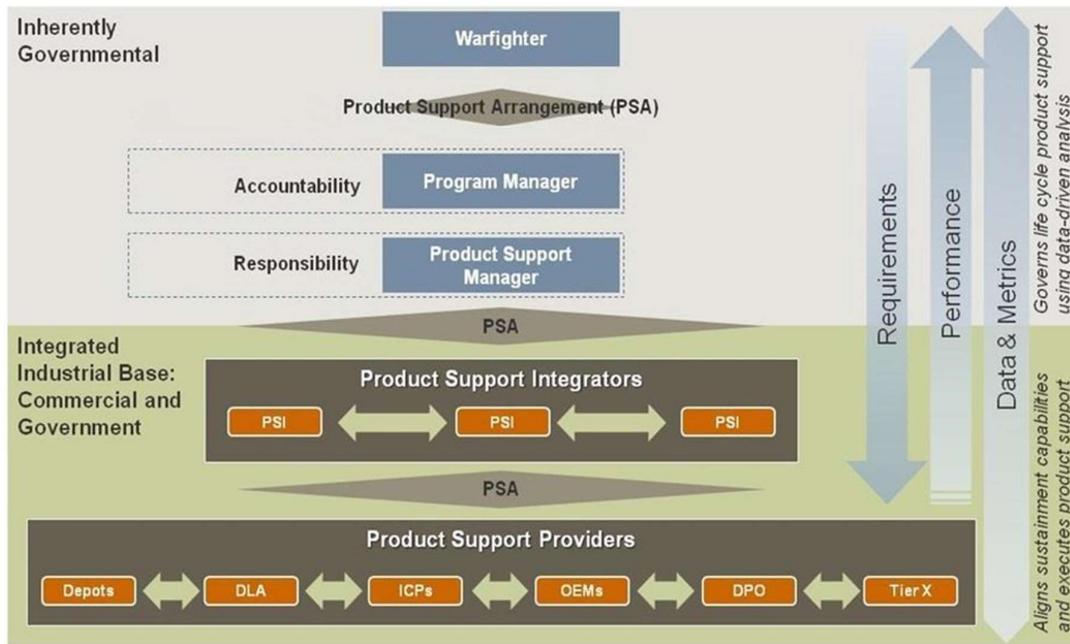
Para apoyar el sostenimiento de las aeronaves de la “Comunidad H-60” para su ciclo de vida, la Marina de los Estados Unidos emplea principalmente el sistema PBL, que

es sinónimo del apoyo al ciclo de vida del producto basado en las prestaciones. Este sistema es bastante común en el ámbito de la Defensa, y también se ha trasladado a otros países aliados de los Estados Unidos como Reino Unido y Australia.

Para abordar este tema, comenzaremos por definir el PBL, tal como lo describe el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD). El PBL se entiende como un enfoque de apoyo al ciclo de vida de un producto, enfocado en el rendimiento, donde dicho rendimiento se asegura mediante contratos que buscan satisfacer las necesidades del personal militar y motivar al proveedor a minimizar costes a través de la innovación. Estos acuerdos pueden ser contratos con entidades industriales o acuerdos entre gobiernos (Departamento de Defensa de los Estados Unidos, 2016).

La estrategia del PBL se orienta hacia la promoción de resultados óptimos a lo largo del ciclo de vida de un producto o sistema. A diferencia de los sistemas de sostenimiento tradicionales, que se basan en la adquisición de repuestos y servicios de mantenimiento, donde el proveedor se beneficia del aumento de reparaciones y mantenimiento, el PBL se alinea de manera diferente con las necesidades de las Fuerzas Armadas. Bajo el PBL, el contratista es incentivado para disminuir tanto el número de reparaciones como el costo de las piezas y la mano de obra necesarias, asegurando así que el sistema permanezca operativo con el mínimo tiempo de inactividad. Los incentivos para el contratista pueden variar desde beneficios económicos hasta la ampliación de los contratos, ya sea en términos de duración o en la cantidad de servicios proporcionados. En la figura 7 se ilustra un diagrama del sistema de contratación PBL utilizado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos:

Figura 7. Modelo de contratación PBL.



Fuente: Departamento de Defensa de los Estados Unidos (2016)

El diagrama presenta un modelo de integración logística para el soporte del producto, mostrando cómo se estructura y fluye la responsabilidad y la gestión dentro de un marco típico de apoyo al ciclo de vida del producto en el contexto del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Este enfoque contractual se centra en los resultados y conlleva una gama de repercusiones tanto financieras como no financieras para el contratista, que dependen de su capacidad para cumplir con una serie de requisitos de rendimiento que son tanto medibles como alcanzables.

Esta modalidad contractual está enfocada en lograr resultados específicos y conlleva una serie de recompensas o sanciones, tanto financieras como no financieras, para el contratista, basadas en la consecución de criterios de rendimiento claramente medibles y alcanzables. El diseño de estos contratos requiere una definición precisa y detallada de los requisitos, que son fundamentales para su éxito. Según Jacopino (2018) un contrato de este tipo debe incorporar cinco elementos esenciales:

1. Especificaciones orientadas a los resultados acordados, sin centrarse en los métodos específicos de ejecución del trabajo.

2. Parámetros de medición vinculados directamente a los resultados esperados.
3. Niveles de rendimiento realistas y alcanzables para cada parámetro de medición.
4. Un sistema eficaz para la recopilación, análisis y reporte de datos correspondientes a cada indicador de rendimiento.
5. Un esquema de incentivos y penalizaciones, tanto financieras como no financieras, basado en el nivel de rendimiento alcanzado.

De acuerdo con Jacopino (2018), se pueden diferenciar tres evoluciones en la implementación de los contratos PBL (tabla 9).

La primera generación de contratos PBL, que data de finales de la década de 1990 hasta la primera década de los 2000, consistía en acuerdos personalizados en los que los *Key Performance Indicators* (KPI) variaban según el sistema específico que se estaba apoyando, lo que significaba que no había una estandarización de estos indicadores. Además, los KPI estaban más orientados a imponer sanciones económicas en lugar de ofrecer incentivos. Un ejemplo de KPI de esta generación es la disponibilidad del sistema.

Durante la segunda generación de PBL, entre 2010 y 2013, se comenzó a estandarizar los contratos, lo que trajo mejoras en la orientación y capacitación para la formulación de estos acuerdos, así como en la integración de las condiciones de la oferta y del propio contrato PBL. Aunque todavía existían diferencias en la medición del rendimiento, las variaciones en los términos comerciales se redujeron. Sin embargo, estas diferencias todavía presentaban desafíos al comparar contratos y proveedores debido a la falta de un estándar uniforme. Además, se empezó a observar y gestionar el rendimiento de manera interna, lo que a menudo resultaba en discrepancias entre las métricas del contrato y el rendimiento real del sistema.

Con la llegada de la tercera generación de PBL, a partir de 2013, se introdujeron nuevas métricas conocidas como *Strategic Performance Measures* (SPM). Estas nuevas métricas brindan al proveedor una perspectiva más holística y la oportunidad de ser recompensado por el éxito general del cliente, ya sea el Ejército o la Armada. El papel del proveedor se transforma de ser simplemente un ente que entrega un servicio a convertirse en un colaborador esencial del cliente, alineando así los

objetivos del proveedor con los del cliente de manera similar a una relación de cooperación entre el proveedor y el cliente en el sector privado. Por lo tanto, los contratos de tercera generación no solo miden el rendimiento del contrato sino también el rendimiento y el éxito del cliente. Un ejemplo de SPM es la evaluación de la relación entre el proveedor y el cliente.

Tabla 9. Generaciones contratos PBL.

GENERACIÓN	CARACTERÍSTICAS
1ª (FINALES AÑOS 90 – 2010)	Acuerdos personalizados sin estandarización de KPI's, orientados más a sanciones que a incentivos.
2ª (2010-2013)	Inicio de la estandarización de contratos y mejoras en la orientación y capacitación. Aunque se redujeron las variaciones en términos comerciales, persistieron desafíos por la falta de estándares uniformes.
3ª (2013- ACTUALIDAD)	Introducción de <i>Strategic Performance Measures</i> (SPM), ofreciendo una visión holística y alineando los objetivos del proveedor con los del cliente.

Fuente: Elaboración propia

El objetivo es que todas las partes implicadas se beneficien de una relación de reciprocidad positiva ("*win-win*"). Al estructurar un contrato de esta naturaleza, es crucial considerar los tres elementos fundamentales:

1. Requisitos del Cliente: Esto implica entender y documentar lo que el cliente necesita en términos de uso, optimización y mantenimiento continuo del producto o sistema.
2. Intereses del Proveedor: Se deben tener en cuenta las expectativas del proveedor, que pueden incluir incentivos económicos y beneficios adicionales como la prolongación de contratos o la mejora de su prestigio en el mercado.
3. Condiciones Comerciales: El contrato debe reflejar y equilibrar estas necesidades, fomentando una relación más sólida y colaborativa entre cliente y proveedor.

La complejidad de los contratos de sostenimiento basados en el rendimiento radica en la necesidad de definir objetivos y expectativas claros. Además, para fomentar relaciones cercanas y asegurar que el acuerdo sea beneficioso para todas las partes, estos contratos suelen requerir un compromiso a largo plazo.

Los estudios indican que los beneficios de este enfoque son significativos. Según el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, la implementación del PBL ha reducido el coste por unidad de rendimiento (como la hora de vuelo) y ha mejorado la disponibilidad de los sistemas, resultando en ahorros de entre un 5% y un 20% durante la vida de los contratos PBL en comparación con los métodos de sostenimiento tradicionales (Boyce & Banghart, 2012).

La Marina de los Estados Unidos ha adoptado ampliamente los contratos PBL para el mantenimiento de numerosos sistemas, incluyendo el helicóptero SH-60B, que ha estado operando bajo este modelo desde el año 2002. Para este caso en particular, la Armada ha estado empleando la herramienta disponible para suministro de repuestos de este sistema conocido como *Repairable Item Replacement Option* (RIRO) (Inspector General de la Oficina del Departamento de Defensa, 2006).

Este tipo de adquisición se lleva a cabo mediante un contrato FMS en el que se tiene que incluir un acuerdo CLSSA (*Cooperative Logistic Supply Support Arrangements*), el cual es un sistema diseñado para suministrar apoyo de repuestos y componentes reparables a sistemas de fabricación norteamericana comprados por gobiernos extranjeros, siempre y cuando estén en servicio en las Fuerzas Armadas estadounidenses. Normalmente se utiliza para el apoyo al sistema una vez que ya está en servicio y para un nivel de operación determinado. Mediante este proceso se invierte en el sistema de aprovisionamiento de los Estados Unidos, convirtiéndose el gobierno extranjero, en nuestro caso España, en copropietario proporcional del stock de repuestos con un trato similar a la Marina de los Estados Unidos “doméstica”. Es imprescindible definir el listado de artículos y la cantidad que queremos incluir en nuestro stock (en función del nivel de operación del sistema). Cuando la Marina de los Estados Unidos deja de operar el sistema en cuestión, se mantiene el componente “compartido” hasta fin de stock.

De esta manera, cuando se necesita reparar un repuesto inoperativo, este se envía por la cadena de suministro a los Estados Unidos y se reemplaza por otro que esté

reparado y disponible. Y una vez que el repuesto se encuentre reparado de nuevo, queda disponible recuperando el nivel de stock acordado.

Explorando el sostenimiento del SH-60B mediante el enfoque del PBL, se muestra cómo este modelo puede mejorar la eficiencia y efectividad del mantenimiento. Este conocimiento prepara el escenario para abordar el futuro sostenimiento del MH-60R, anticipando un enfoque similar pero adaptado a sus especificidades técnicas y operativas. La transición hacia el MH-60R no solo refleja una evolución en la tecnología aeronáutica, sino también en las estrategias de sostenimiento.

3 ANALISIS DEL MÉTODO DE SOSTENIMIENTO PARA EL FUTURO MH-60R.

Previo a la llegada del futuro MH-60R a la Armada, es crucial desarrollar un análisis de las metodologías y herramientas disponibles para el sostenimiento eficiente de aplicación a sistemas aéreos, aparte del actual PBL. Este análisis no solo abarcará la evaluación de métodos tradicionales y emergentes en el ámbito del mantenimiento aeronáutico, sino que también explorará cómo la integración de tecnologías avanzadas puede mejorar la operatividad, seguridad, y eficiencia de costes a lo largo del ciclo de vida del MH-60R.

A través de este análisis, se busca identificar las estrategias óptimas que aseguren un sostenimiento efectivo, considerando las especificidades y los desafíos asociados al mantenimiento de este avanzado helicóptero.

Primeramente, se describirá la aeronave sobre la que se va a desarrollar el caso, y cuál es su contexto en el entorno aeronaval militar en el mundo.

A continuación, se analizarán diferentes métodos de apoyo al sostenimiento que se consideran de aplicación al helicóptero MH-60R, en los que se describirá sus características principales y los procesos de implementación en un sistema complejo como es esta aeronave. Además, se expondrán diversas consideraciones, retos e inconvenientes encontrados tras el análisis realizado para cada uno de los métodos.

3.1 EL HELICÓPTERO MH-60R: FUTURO SEAHAWK DE LA ARMADA.

El helicóptero MH-60R *Seahawk*, también conocido como "Romeo", es el resultado de un esfuerzo de la Marina de los Estados Unidos por desarrollar un helicóptero

avanzado antisubmarino (ASW)¹ y de guerra antisuperficie (ASUW)². Fue diseñado para reemplazar a los modelos más antiguos SH-60B y SH-60F con una plataforma más versátil y tecnológicamente avanzada. El desarrollo del MH-60R comenzó en la década de 1990, con el objetivo de integrar capacidades mejoradas de sensores, sistemas de armas y aviónica, permitiendo operaciones tanto de día como de noche en cualquier condición meteorológica. *Sikorsky Aircraft Corporation*, junto con Lockheed Martin, fueron los principales contratistas para el desarrollo de este helicóptero, que combinó las mejores características de sus predecesores con tecnologías nuevas y mejoradas. Desde su introducción en la flota, el MH-60R se ha convertido en un componente clave de las operaciones navales, ofreciendo capacidades sin precedentes en roles que van desde la guerra antisubmarina hasta el apoyo de fuerzas de operaciones especiales. Está equipado con el radar AN/APS-147, que proporciona capacidades de detección y seguimiento avanzadas, así como el sistema de sonar AN/AQS-22, el más avanzado para helicópteros en el mundo. También dispone de un sistema de misiles “*Hellfire*”, torpedos MK-54 y una ametralladora M240 para operaciones de combate. Estas especificaciones le permiten llevar a cabo misiones en una amplia gama de entornos operativos (DSCA, 2022; Lockheed Martin, 2024).

Además del envío de los 8 helicópteros que recibirá la Armada en los próximos años, mediante el Programa FMS el Gobierno de los Estados Unidos ha entregado a una serie de países aliados diferentes remesas desde que el Programa está en vigor, y dando resultados satisfactorios por la Marina de los Estados Unidos. A día de hoy, el número de unidades fabricadas y entregadas en todo el mundo por la empresa Lockheed Martin, asciende al número de 330 unidades (Lockheed Martin, 2024).

Los diferentes países que han adquirido este modelo hasta ahora son Grecia, República de Korea, Dinamarca, Noruega, Australia, Qatar, Arabia Saudí, México, India, además de España (DSCA, 2024).

Con esto se quiere reflejar el potencial de este helicóptero alrededor del mundo, además del ámbito de los Estados Unidos, y las posibilidades de tipos de

¹ Helicóptero ASW. Helicóptero con capacidad para detectar, localizar, realizar seguimiento y atacar a un submarino.

² Helicóptero ASUW. Helicóptero con capacidad para detectar, localizar, realizar seguimiento y atacar a un buque de superficie.

sostenimiento que pueden adaptarse para cada cliente, según sus necesidades y características, y por consiguiente todas las sinergias que pueden emerger dentro de toda esta comunidad.

Además, cabe reseñar la influencia cercana en España de este tipo de helicópteros a raíz del traslado del Escuadrón HSM-79 de helicópteros MH-60R de la Marina de los Estados Unidos a la Base Naval de Rota, iniciado en el año 2021 (Defensa.com, 2021).

Concluyendo la descripción del MH-60R, este helicóptero se destaca por su integración de tecnologías avanzadas y capacidades multifuncionales, lo que lo posiciona como un activo valioso para la Armada. La comprensión detallada de sus especificaciones y roles operativos sienta una base sólida para el siguiente paso: el análisis crítico de los métodos y herramientas de apoyo al sostenimiento. Este análisis es crucial para garantizar que el MH-60R pueda cumplir de manera efectiva y eficiente con sus misiones a lo largo de su ciclo de vida operativo.

3.2 MÉTODO DE APOYO AL SOSTENIMIENTO BASADO EN ELEMENTOS DE SOPORTE DE PRODUCTO INTEGRADO. [INTEGRATED PRODUCT SUPPORT (IPS) ELEMENTS].

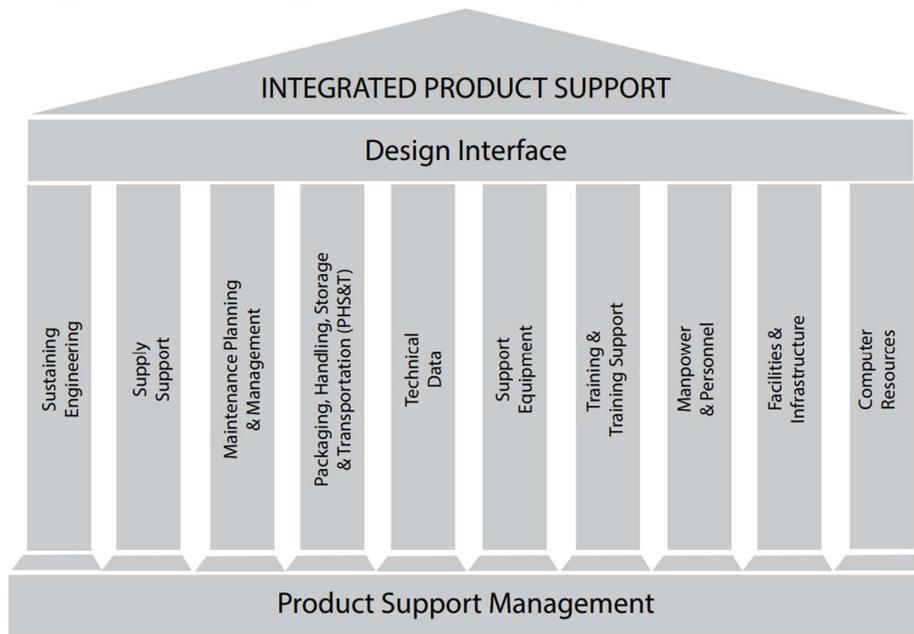
Según indica la Oficina de apoyo del Secretario de Defensa de los Estados Unidos para el sostenimiento, el Apoyo al Producto es *“El paquete de funciones de apoyo requerido para desplegar y mantener la preparación y la capacidad operativa de sistemas, subsistemas y componentes apoyados, incluyendo todas las funciones relacionadas con la preparación del sistema apoyado”* (ODASD, 2024).

Un ejemplo reciente de la aplicación del IPS se ha visto expuesto como una aplicación innovadora en el Programa Conjunto de la aeronave F-35 *Joint Strike Fighter* (JSF) (Floyd & Reyes, 2014), y se centra en integrar todas las funciones de apoyo necesarias para asegurar la operatividad y sostenibilidad de los sistemas a lo largo de su ciclo de vida.

Tradicionalmente, han existido 10 elementos dentro del Soporte Logístico Integrado (ILS), pero con el IPS se han implementado dos nuevos conceptos, *“Product support management* (Gestión de apoyo al Producto) *and sustaining engineering* (ingeniería

de sostenimiento)”, como se muestran en la figura 8 y se detalla en el documento (Defense Technical Information Center, 2011):

Figura 8. Los elementos de Soporte de Producto Integrado.



Fuente: Defense Technical Information Center (2011)

Conforme indican Floyd y Reyes (2014) el elemento de Soporte de Producto Integrado (IPS) de ingeniería de sostenimiento, que comparten las comunidades de logística e ingeniería de sistemas, se enfoca en el apoyo de sistemas en servicio en su entorno operativo. Abarca tanto tareas técnicas como investigaciones y análisis de ingeniería y logística para garantizar la operación continua y el mantenimiento de un sistema con riesgo gestionado. Esto incluye:

- La recopilación y análisis de datos de uso y mantenimiento.
- Análisis de riesgos de seguridad, causas y efectos de los fallos, tendencias de fiabilidad y mantenibilidad.
- Cambios en los perfiles de uso operativo.
- Análisis de la raíz de la causa de los problemas en servicio.
- Desarrollo de cambios de diseño necesarios para resolver problemas operativos y otras actividades necesarias para asegurar un apoyo rentable que

cumpla con los requisitos de rendimiento y preparación en tiempos de paz y guerra a lo largo del ciclo de vida del sistema.

Además, se incluye una evolución de enfoque y aplicación a elementos tradicionales del ILS. Por ejemplo, la "planificación de mantenimiento" se amplía a "planificación y gestión del mantenimiento" para integrar actividades de gestión y ejecución junto con la planificación. La "Formación y equipo de entrenamiento" se convierte en "formación y soporte de entrenamiento", destacando un enfoque en el ciclo de vida completo de la estrategia y la implementación de formación. "Instalaciones" se transforma en "instalaciones e infraestructura", resaltando que las instalaciones abarcan más que solo edificaciones. Finalmente, "soporte de recursos informáticos" se actualiza a "recursos informáticos", poniendo más énfasis en los aspectos de tecnología de la información de los recursos informáticos. Estos cambios reflejan una adaptación a las necesidades actuales y una visión más amplia de los componentes del soporte logístico (tabla 10) (Floyd & Reyes, 2014).

Tabla 10. Evolución ILS a IPS.

ILS TRADICIONAL	EVOLUCIÓN A IPS
PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	Ampliada a " PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO ", integrando actividades de gestión y ejecución.
FORMACIÓN Y EQUIPO DE ENTRENAMIENTO	Transformada en " FORMACIÓN Y SOPORTE DE ENTRENAMIENTO ", con un enfoque en el ciclo de vida completo de la estrategia y implementación.
INSTALACIONES	Modificada a " INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA ", indicando que las instalaciones van más allá de las edificaciones.
SOPORTE DE RECURSOS INFORMÁTICOS	Actualizada a " RECURSOS INFORMÁTICOS ", con mayor énfasis en la tecnología de la información.

Fuente: Elaboración propia

De manera holística el IPS funcionaría como un equipo de soporte técnico para sistemas que ya están en uso. Se concibe como un grupo de expertos que se asegura

de que todo funcione correctamente y de manera segura. Ellos recogen información sobre cómo se usan y mantienen estos sistemas, analizan problemas, y buscan soluciones para mantenerlos funcionando correctamente. Además, este enfoque ha evolucionado para incluir no solo el mantenimiento, sino también la formación, las instalaciones y los recursos informáticos, asegurándose de que todo esté actualizado y funcione de la mejor manera posible. Este sistema se considera como una mejora continua para asegurar que los sistemas sean fiables y estén listos tanto en tiempos de paz como en guerra.

Para aplicar el Soporte de Producto Integrado (IPS) al futuro helicóptero MH-60R de la Armada, se podría desarrollar un plan integral que abarcara todos los aspectos del apoyo del helicóptero a lo largo de su vida útil. Esto incluiría una evaluación detallada de la fiabilidad y mantenibilidad del MH-60R, usando datos de monitorización de condición para prevenir fallos antes de que ocurran. También implicaría la actualización y mejora continua de los procedimientos de mantenimiento, basándose en análisis de datos y *feedback* operativo. La formación del personal y la actualización de equipos y software serían claves para mantener la aeronave a la vanguardia tecnológica, asegurando que todas las instalaciones y recursos informáticos apoyen eficazmente las operaciones. Este enfoque no solo mejoraría la disponibilidad y seguridad del MH-60R, sino que también optimizaría los costes de mantenimiento a largo plazo.

Como desafíos o inconvenientes en la implementación del Soporte de Producto Integrado (IPS) al sostenimiento del MH-60R en la Armada, nos podríamos encontrar con la adaptación a las complejidades tecnológicas específicas del MH-60R, la necesidad de una formación continua del personal para mantenerse al día con las innovaciones, y la integración de nuevos procedimientos dentro de las estructuras logísticas existentes. Estos inconvenientes requieren una planificación meticulosa y recursos dedicados para asegurar que el sistema IPS cumpla con los objetivos de sostenimiento de manera efectiva.

3.3 MÉTODO DE APOYO AL SOSTENIMIENTO BASADO EN MEJORA CONTINUA DEL PROCESO. [CONTINUOUS PROCESS IMPROVEMENT (CPI)].

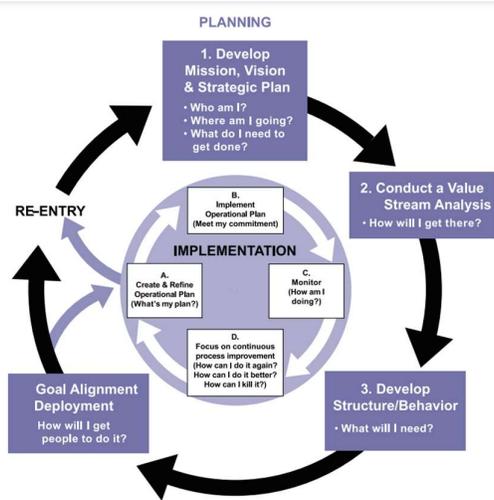
La mejora continua del proceso (CPI) proporciona métodos, herramientas y filosofías para mejorar la forma en que trabajamos. Se aplica de manera ininterrumpida, lo que resulta en una mayor eficiencia y efectividad. En el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD), se basa en tres enfoques complementarios pero distintos: Lean, Six Sigma y la Teoría de las Restricciones:

- Lean: Enfocado en definir el valor según el cliente, reducir actividades que no añaden valor y buscar la perfección (Martínez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014).
- Six Sigma: Utiliza herramientas para identificar fuentes de variabilidad en nuestros procesos, centrándose en la mejora (Eckes, 2006).
- Teoría de las Restricciones: Reconoce las limitaciones que las organizaciones deben superar para alcanzar sus objetivos, utilizando una metodología de cinco pasos para la mejora continua de procesos (Aguilera, 2000).

En el *Continuous Process Improvement Transformation Guidebook* (Office of the Deputy Secretary of Defense, 2006), esta herramienta se describe como los procesos de apoyo a lo largo del ciclo de vida del sistema para aumentar la eficiencia y reducir costos.

El CPI se resume en los siguientes pasos, como se muestra en la figura 9 y explicados conforme al *CPI Transformation Guidebook* (Pearson, 2007):

Figura 9. Pasos del ciclo del CPI.



Fuente: Pearson (2007)

Planning (Planeamiento).

El *Guidebook* primero define al cliente como el combatiente y su preparación como el objetivo principal de la iniciativa. Como muchos modelos, el modelo comienza con el desarrollo de declaraciones de misión y visión del CPI, complementadas por un plan estratégico para hacer realidad esa visión. En nuestro caso se desea que esté alineado con la guía de planificación estratégica de la Armada. En resumen, se trata de establecer claramente qué se busca lograr y cómo, enfocándose en mejorar la preparación del combatiente.

El segundo paso del ciclo implica desarrollar un mapa de flujo de valor y realizar el análisis asociado. Este mapa documenta todas las acciones necesarias para entregar un producto o servicio al cliente. Solo mediante el uso de un mapa de flujo de valor para documentar cómo se realizan las tareas actualmente, podemos identificar aquellos procesos o actividades que no agregan valor al cliente. En esencia, se trata de visualizar el proceso para mejorar y eliminar ineficiencias.

El éxito de cualquier iniciativa depende de un liderazgo sólido. El tercer paso del proceso del CPI "*Develop Structure/Behaviour*" crea una estructura organizacional y un programa de certificación de entrenamiento para institucionalizar con éxito el CPI dentro de una organización. Dirigido por un líder en CPI y guiado por un comité

directivo de CPI, un equipo de apoyo de CPI proporciona entrenamiento y facilita la gestión de iniciativas. A nivel de grupo de trabajo, se asignan los procesos específicos y se aplican las herramientas de CPI para lograr objetivos de mejora en los procesos.

El último paso del planeamiento del CPI es alinear y desplegar objetivos. Los objetivos establecidos para una organización deben apoyar y ser coherentes con los objetivos de los mandos de nivel superior. Debe existir una conexión clara entre los objetivos de un mando superior y los de sus subunidades. Estos objetivos deben cuantificarse a través de métricas bien desarrolladas, que guiarán el comportamiento diario mientras la organización continúa su misión.

Implementation (Implementación).

Una vez establecida la base del CPI con las cuatro actividades de planificación previas, el enfoque cambia hacia una fase de implementación dirigida por un plan operativo. Este plan, creado y refinado por la estructura organizativa de CPI, asegura reflejar la intención de las declaraciones de misión/visión de la organización y su plan estratégico. Considera la asignación de recursos, incluye un cronograma priorizado de implementación e identifica actividades específicas de mejora. Finalmente, el plan contempla cómo se mantendrá la calidad del producto o servicio mientras se enfoca en la mejora de procesos.

Al ejecutar el plan operativo aprobado, primero se identifican, forman y capacitan equipos en técnicas de CPI. Usando métodos Lean, se establecen líneas base para procesos específicos mediante mapas de flujo de valor. Luego, aplicando herramientas de Six Sigma, el enfoque del equipo se desplaza hacia la estandarización de políticas, procedimientos y procesos. El progreso se monitoriza usando métricas previamente acordadas y se informa a los interesados. Se utiliza retroalimentación a través de la orientación de compañeros, equipos de apoyo y líderes en CPI para mejorar los resultados.

Los procesos de planificación e implementación de CPI se complementan entre sí. De la misma manera que la implementación de CPI está dirigida por la planificación de desarrollo, los resultados de la implementación se retroalimentan en el ciclo de planificación. Esta retroalimentación sirve como base para las actividades de planificación subsiguientes mientras continúa el proceso interminable de mejora continua.

En resumen, el CPI busca mejorar constantemente los procesos de apoyo a lo largo del ciclo de vida del sistema para aumentar la eficiencia y reducir costes (Pearson, 2007).

Para aplicar la mejora continua del proceso (CPI) al futuro helicóptero MH-60R de la Armada, se podría desarrollar un programa que integrara los métodos Lean, Six Sigma y Teoría de Restricciones. Este programa comenzaría definiendo claramente unos objetivos basados en la mejora de la eficiencia y la reducción de costes, alineados con los objetivos estratégicos de la Armada. A continuación, se trazarían los procesos actuales para identificar las ineficiencias y se formarían equipos formados en técnicas CPI para estandarizar los procedimientos y mejorar la operatividad. El plan operativo detallaría la asignación de recursos, las prioridades de aplicación y las acciones específicas de mejora, con especial atención al mantenimiento de la calidad del servicio durante la transición a prácticas más eficientes. Este enfoque garantizaría la aplicación efectiva de la CPI, retroalimentando continuamente el proceso de planificación con los resultados obtenidos para la mejora continua en el sostenimiento del MH-60R.

La aplicación de la mejora continua del proceso (CPI) para el sostenimiento del MH-60R en la Armada implica retos inherentes a la integración de metodologías Lean, Six Sigma y Teoría de las Restricciones en un entorno altamente especializado y tecnológico. Como desafíos o inconvenientes en la implementación del CPI, nos podríamos encontrar con dificultades reconocidas que incluyen la resistencia organizacional al cambio, la necesidad de una capacitación especializada y continua, y la complejidad de aplicar métricas de rendimiento ajustadas a las especificidades del MH-60R.

3.4 MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN. [CONDITION BASED MAINTENANCE (CBM)].

Un instrumento emergente en el mundo de la aeronáutica y con cada vez más proyección para apoyar en el sostenimiento de las aeronaves a lo largo de su ciclo de vida, está representada por el mantenimiento basado en la condición (CBM).

Esta herramienta para el sostenimiento se puede definir como un "*mantenimiento preventivo que incluye la evaluación de condiciones físicas, análisis y las posibles*

acciones de mantenimiento resultantes" (British Standards Institution, 2017), o como *"un programa de mantenimiento que recomienda acciones de mantenimiento basadas en la información recopilada a través de la monitorización de la condición mediante sensores"* (Jardine et al., 2006). Generalmente, el CBM se define típicamente como una estrategia o política de mantenimiento, y a veces se presenta como un enfoque de mantenimiento preventivo.

Además, el CBM y sus tecnologías asociadas ayudan a identificar y prevenir el mantenimiento no programado, facilitando la sustitución de tareas de mantenimiento o la extensión de los intervalos entre tareas, y permiten la optimización de los horarios de mantenimiento dentro de una flota o flotilla de aeronaves (Feng et al., 2017). Se espera que esta política de mantenimiento se convierta en la práctica dominante en la aviación (European Commission, 2011).

Aunque muchos elementos que componen el CBM han estado presentes durante décadas en la industria de la aviación, este aún no ha experimentado la aceptación a gran escala que sugiere la visión del Consejo Asesor para la Investigación y la Innovación Aeronáuticas en Europa (ACARE) (European Commission, 2011). Sin embargo, la mayoría de las investigaciones sobre el CBM hasta la fecha tienen una orientación tecnológica, centrándose en el desarrollo de modelos, algoritmos y métodos para realizar la detección, diagnóstico y/o pronóstico de fallos (Verhagen et al., 2023).

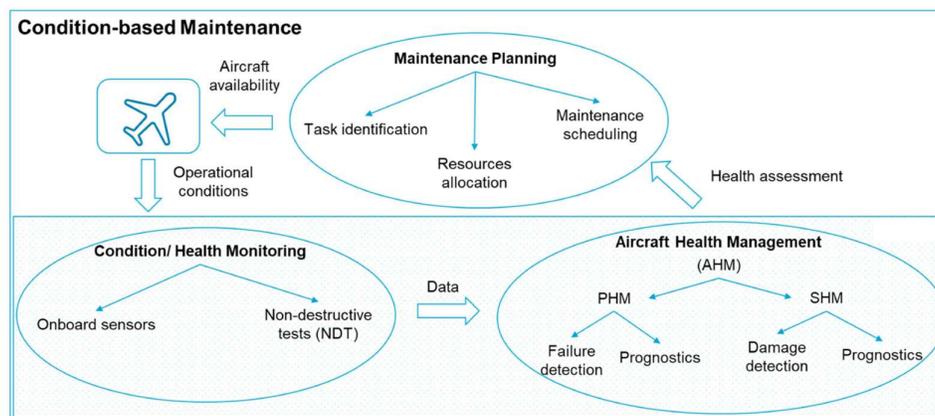
Una parte destacada de la bibliografía del CBM se centra en los aspectos de planificación, apoyo a la decisión y toma de decisiones de la CBM. La cuestión es, si se dispone de un diagnóstico o predicción, ¿cómo puede una organización utilizar esta información para planificar y ejecutar una correspondiente actuación de mantenimiento? (Lin et al., 2018).

Otras preguntas se centran en el análisis de coste-beneficio, implementación, y adaptación del proceso industrial, regulación y estandarización del CBM. Desafortunadamente, hay una escasez relativa de investigaciones que consideren la evaluación a priori y la implementación subsiguiente del CBM. Los modelos disponibles son bastante genéricos y de alto nivel y tienden a mostrar una comprensión insuficiente de qué tareas tienen el mayor potencial para beneficiarse del CBM y cómo, en la práctica, los procedimientos de mantenimiento deben adaptarse

para permitir el CBM. Como señalan Atamuradov et al. (2017) e Ingemarsdotter et al. (2021), la implementación del CBM sigue siendo un desafío, con varios autores destacando la necesidad de comprender estos desafíos de implementación más allá de los aspectos tecnológicos (Ingemarsdotter et al., 2021).

Basándose en la experiencia del proyecto Horizon 2020 *Real-time Condition-Based Maintenance for Adaptive Aircraft Maintenance Planning* (ReMAP) (Mantenimiento basado en la condición en tiempo real para la planificación adaptativa del mantenimiento de aeronaves) y en las aportaciones de varios actores de la industria aeronáutica y académicos, Verhagen et al. (2023) aportan una definición de CBM para la aviación, representada en la figura 10. Esta definición considera el CBM como una política que abarca la gestión del ciclo de vida de la aeronave, con el objetivo de maximizar la disponibilidad de las aeronaves para operaciones, considerando el mejor momento para realizar el mantenimiento. El proceso de CBM lo definen a través de tres elementos principales:

Figura 10. Definición del Concepto de CBM.



Fuente: Verhagen et al. (2023)

- **Condition/Health Monitoring** (Monitorización de la Condición/Salud). Implica la recolección directa e indirecta de información sobre el estado de salud del activo (aeronave). Esta información puede obtenerse a través de señales procedentes de sensores instalados a bordo de la aeronave, o mediante Pruebas No Destructivas (NDT), como inspecciones visuales, emisiones acústicas o pruebas de penetración por líquidos. Estos datos pueden generarse para fines de monitorización continua o

periódica, produciendo indicadores de condición que describen el estado de salud de la aeronave.

- ***Aircraft Health Management (AHM) o Gestión de la Salud de la aeronave***, que representa el proceso de utilizar datos que monitorizan la condición de la aeronave, datos operativos y datos de eventos asociados para determinar el estado de salud y predecir la degradación de la salud del activo a lo largo del tiempo. Se divide en dos áreas: una enfocada en los sistemas de la aeronave, usando técnicas para detectar y prever fallos (PHM), y otra centrada en la estructura (SHM), detectando daños y estimando su durabilidad. Ambas áreas buscan identificar problemas antes de que ocurran y determinar cuánto tiempo más puede funcionar de manera segura un componente (RUL o Vida Útil Restante), con algunas aplicaciones sugiriendo cuándo es mejor realizar mantenimiento.

- ***Maintenance planning o la planificación del mantenimiento***, que representa el proceso de decidir cuándo hacerles el correspondiente mantenimiento a las aeronaves, basándose en cómo están funcionando, qué recursos hay disponibles para el mantenimiento, y el objetivo de tener la mayor cantidad posible de aeronaves de la flota lista para emplear. Incluye decidir qué mantenimiento se necesita, cuándo y con qué recursos. El proceso busca hacer estos periodos de mantenimiento de manera eficiente, considerando diferentes necesidades y restricciones. Una vez que las aeronaves han terminado su mantenimiento y vuelven a estar en servicio, su empleo proporciona información para seguir monitorizando su condición, completando el ciclo.

Como se ha definido antes, el CBM es una estrategia compleja que abarca varias fases y áreas de estudio. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones sobre CBM se centran solo en uno o pocos elementos, especialmente en el desarrollo de marcos para la Gestión de la Salud y Pronósticos (PHM) y la Gestión de la Salud Estructural (SHM). Estos estudios buscan predecir con precisión el estado de salud y la vida útil restante (RUL) de sistemas y estructuras específicas (Che et al., 2019).

Un segundo enfoque se centra en la optimización de políticas de mantenimiento, usualmente basada en “costes, fiabilidad o disponibilidad” (Ingemarsdotter et al., 2021). Otros investigadores han desarrollado métodos de programación y planificación de mantenimiento en la aviación usando modelos predictivos de CBM. Esto incluye planificación de mantenimiento del personal de la “Línea de vuelo”

(Vianna & Yoneyama, 2018), reducción de actividades de mantenimiento programadas y no programadas (Papakostas et al., 2010), planificación para flotas aéreas y el desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones para el mantenimiento basado en la condición de aeronaves (Lin et al., 2018).

Atamuradov et al. (2017) ofrecen otra representación del proceso de implementación de Pronósticos y Gestión de la Salud (PHM), destacando unos pasos principales como adquisición de datos, pre-procesamiento de datos, detección, diagnóstico y pronósticos, toma de decisiones y finalmente el desarrollo de la interfaz hombre-máquina (HMI). Esta representación se diferencia de las otras mencionadas al enfatizar más, de qué manera se presenta la información a los responsables de tomar decisiones, resaltando la importancia de la interacción efectiva entre el usuario y la máquina para la gestión de la salud de los sistemas.

A partir de las definiciones y comentarios citados anteriormente, pueden identificarse una serie de limitaciones en esta herramienta tan novedosa:

- Aunque el Mantenimiento Basado en la Condición (CBM) y sus elementos constituyentes han sido bien estudiados, pocos trabajos abarcan de manera integral todos los elementos de CBM como se presentan en la figura 10. La investigación existente tiende a enfocarse en aspectos técnicos, de toma de decisiones o económicos (Jardine et al., 2006).
- Actualmente falta una revisión actualizada y dedicada, que involucre a múltiples partes interesadas en el CBM específico para la aviación, que no presta suficiente atención a los desafíos y oportunidades específicos de este sector. Además, muchas de estas revisiones y estudios son puramente académicos y no incluyen la participación activa de partes interesadas de la industria, como aerolíneas, empresas de mantenimiento, reparación y revisión (MRO), fabricantes, proveedores y legisladores (Jardine et al., 2006).

La aplicación del CBM al sostenimiento del MH-60R en la Armada podría encontrar inconvenientes y desafíos relacionados con el voluminoso manejo de datos y la complejidad en la coordinación entre los diferentes escalones de mantenimiento y el fabricante original para la recomendación de acciones de mantenimiento, que finalmente ayuden al sostenimiento. La gestión efectiva de los datos generados por el

equipo de registro puede ser desafiante debido a la necesidad de sistemas avanzados de análisis y procesamiento.

3.4.1 EL CBM APLICADO A AERONAVES DE LA MARINA DE LOS ESTADOS UNIDOS.

La Marina de los Estados Unidos lleva implementando activamente el CBM durante años en su flota de aeronaves, especialmente en helicópteros, para mejorar la eficiencia y reducir costes. Este enfoque utiliza tecnología avanzada de monitorización de la salud estructural (*Structural Health and Usage Monitoring*, SHUM) en conjunción con el empleo de las aeronaves, para gestionar proactivamente la vida útil de estas, pasando de un mantenimiento reactivo a uno proactivo. Se han logrado avances significativos, incluida la serialización y el seguimiento de componentes críticos, mejorando el reconocimiento de regímenes de vuelo y la predicción de sobrecargas en los componentes. Con estos esfuerzos, se espera alcanzar una mayor disponibilidad de las aeronaves y optimizar las operaciones y el mantenimiento a largo plazo (Scott M. et al., 2007).

Para llevar a cabo estos logros, se ha implantado un equipo de sensores común en la Marina de los Estados Unidos que puede adaptarse a las necesidades de cada flota de aeronaves en particular. Este equipo se conoce como *Health and usage monitoring systems* (HUMS) (Sistema de Monitorización de la salud y el uso).

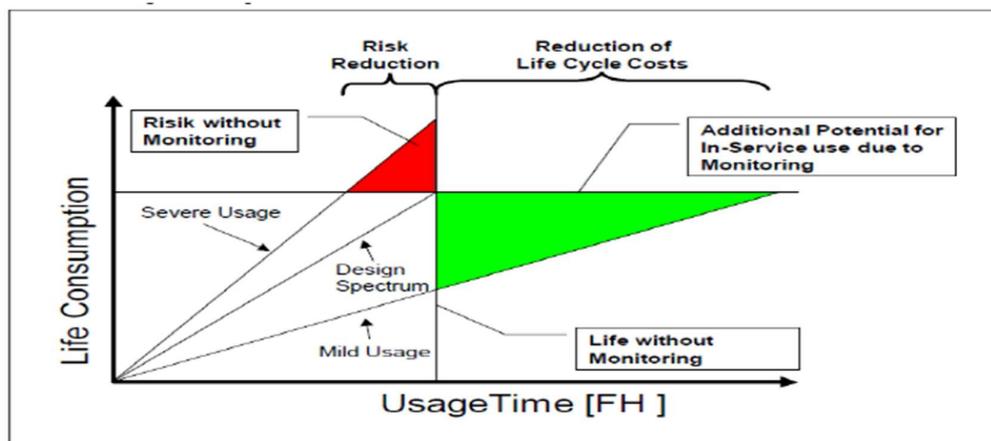
El HUMS es un sistema basado en sensores diseñado para facilitar el mantenimiento preventivo midiendo la salud y el rendimiento de los componentes críticos de las aeronaves, especialmente los helicópteros. Introducido por la industria petrolera marítima a raíz de un accidente de un helicóptero Chinook en el Mar del Norte en 1986, el HUMS permite monitorizar continuamente los datos de vuelo y las vibraciones en varios puntos del tren de transmisión para identificar fallos mecánicos antes de que provoquen averías catastróficas. Esto proporciona a los operadores de helicópteros información útil para anticipar y prevenir fallos mecánicos, mejorando no sólo la seguridad sino también otros aspectos operativos (Asher J., & Surya A., 2013).

Dentro de estos otros beneficios podemos encontrar la reducción de las misiones abortadas y el número de aeronaves en tierra y fuera de vuelo, simplificando la logística para el mantenimiento de unidades, y la reducción de costes al no requerir

vuelos de mantenimiento específicos. La realización de reparaciones menores anticipadas permite aumentar el tiempo medio antes de fallos (MTBF) y disminuir el tiempo medio de reparación (MTTR). También mejora los requisitos operacionales al aumentar la seguridad de vuelo, la fiabilidad de la misión y la efectividad.

La figura 11 ilustra los beneficios del SHUM. Muestra cómo la monitorización puede reducir los riesgos y los costes del ciclo de vida de una estructura al permitir un uso más extenso del componente monitorizado en comparación con uno sin monitorizar. El eje vertical representa el consumo de vida útil del componente, y el eje horizontal el tiempo de su uso. La zona roja indica el riesgo sin monitorizar, que disminuye con el tiempo de uso monitorizado (área verde), extendiendo así la vida útil potencial del componente más allá de lo que se diseñó originalmente (línea base negra) (Scott M. et al., 2007).

Figura 11. Beneficios del SHUM.



Fuente: Scott M. et al. (2007)

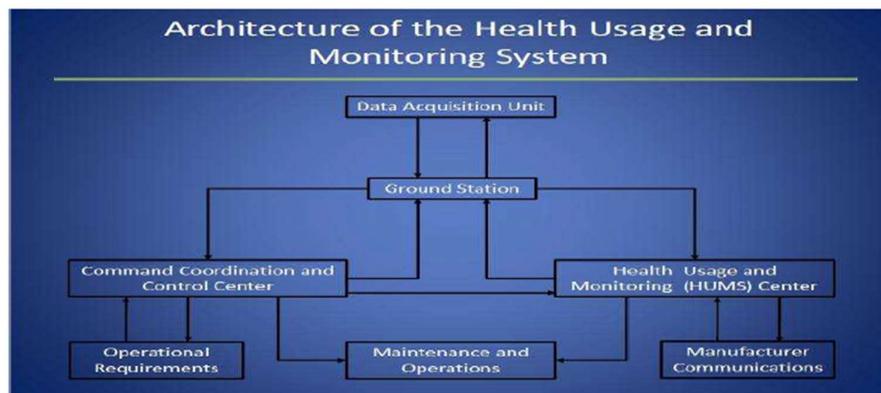
La Marina de los Estados Unidos decidió instalar el equipo HUMS en su flota de helicópteros MH-60R para beneficiarse de todas las mejoras comentadas, dado que el 90% del coste total del ciclo de vida (TLC) de una aeronave se produce después de su entrega. El empleo de este sistema garantiza la aeronavegabilidad para operaciones continuadas, siendo esencial disponer de herramientas mejores y más precisas para evaluar la salud estructural y recomendar las acciones de mantenimiento adecuadas en el momento oportuno (Asher J. & Surya A. 2013).

El equipo HUMS específico instalado en la flota de los helicópteros MH-60R, se denomina *Integrated Mechanical Diagnostic System* (IMDS) (Sistema integrado de diagnóstico mecánico).

La arquitectura de funcionamiento del HUMS aplicada al MH-60R funcionaría de la siguiente manera (figura 12). El sistema comenzaría con la Unidad de Adquisición de Datos recopilando información del helicóptero, la cual luego se transmitiría a la Estación Terrestre. Desde aquí, los datos se canalizarían al Centro de Coordinación de Mando y Control, que supervisaría las necesidades operativas, y al Centro HUMS, que se enfocaría en el mantenimiento y las operaciones. Este centro también se comunica con el fabricante para asegurar un seguimiento continuo de la salud y rendimiento del MH-60R, lo que permitiría tomar decisiones de mantenimiento oportunas para mejorar la disponibilidad y eficiencia de la aeronave.

La aplicación del CBM al sostenimiento del MH-60R en la Armada mediante el sistema HUMS/IMDS requerirá de la necesidad de adaptar las funciones específicas empleadas hasta ahora para las capacidades únicas del MH-60R, lo cual podrá requerir de una inversión significativa en formación y recursos.

Figura 12. Arquitectura del HUMS.



Fuente: Asher J. & Surya A. (2013)

Tras analizar diversos métodos y herramientas de apoyo al sostenimiento del MH-60R, es evidente que cada uno presenta ventajas únicas y desafíos específicos para la operación y mantenimiento eficaz de estas aeronaves en la Armada.

La elección e integración de estas estrategias demandan una consideración cuidadosa de las características operativas y los objetivos de sostenimiento del MH-60R. Procediendo a la siguiente sección, aplicaremos un análisis cualitativo para profundizar en cómo estas metodologías pueden ser adaptadas y optimizadas

específicamente para el contexto de la Armada, maximizando así la efectividad y la eficiencia del sostenimiento del MH-60R.

4 METODOLOGIA Y RESULTADOS.

Como se indicó al comienzo de este trabajo, el objeto de estudio se centra en analizar el plan de sostenimiento del futuro helicóptero MH-60R “*Seahawk*” que recibirá la Armada. Para ello se ha repasado la situación actual del relevo generacional de las aeronaves de la FLOAN, la normativa del proceso de adquisición del MH-60R mediante FMS, el sostenimiento actual de los sistemas aéreos y del actual SH-60B, y un análisis de los métodos o herramientas que pueden apoyar en el futuro al helicóptero MH-60R.

A continuación, en el siguiente subepígrafe, se describirá la metodología de tipo cualitativa que se seguirá para recopilar la información necesaria con la cual identificar, por un lado, una serie de debilidades y fortalezas (como factores internos) correspondientes al sistema de sostenimiento del futuro helicóptero MH-60R, y por otro lado, una serie de amenazas y oportunidades que afectan al mismo (como factores externos). Todas ellas ayudarán a formular una serie de estrategias, que apoyen al futuro sostenimiento de esta aeronave.

4.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El método elegido de obtención de la información necesaria para esta investigación es la encuesta. Concretamente se ha diseñado una encuesta dirigida a expertos en Programas FMS y en sostenimiento del MH-60R, con la que se pretende recabar diferentes puntos de vista y aportaciones que apoyen a la futura incorporación de los helicópteros MH-60R a la Armada, y así mejorar y apoyar al sostenimiento de los mismos, aplicando nuevas tecnologías y procesos.

Sus puntos de vista y opiniones son significativamente clave, ya que proceden de personal experto y con conocimientos específicos que influye en gran medida en los procesos de apoyo de los Programas FMS, y que tienen una repercusión importante en decisiones del desarrollo del Programa MH-60R a nivel global.

Los individuos a los cuales se les ha enviado la encuesta, pueden clasificarse en dos grupos. Por un lado, se ha contado con la participación de personal experto de NAVAIR, como entidad gubernamental de los Estados Unidos que apoya logísticamente a los sistemas aeronavales de diferentes Programas de adquisición de estos, tanto para el Gobierno de los Estados Unidos como para países integrados en los Programas Internacionales de adquisición FMS.

Por otro lado, se ha contado con la participación de personal experto de la Armada para contrastar las diferentes opiniones y puntos de vista recibidos por el personal de NAVAIR. El mencionado personal consta de una gran experiencia en destinos relacionados con el entorno aeronaval de la Armada, incluyendo la FLOAN, DGAM y JAL, habiendo desempeñado puestos de responsabilidad en el sostenimiento de las actuales aeronaves del tipo SH-60B/F.

La información descriptiva de las personas encuestadas se incluye en la tabla 11.

Tabla 11. Descripción encuestados.

	PERSONAL NAVAIR	PERSONAL ARMADA
NUMERO ENCUESTADOS	6	4
GENERO	- Hombres: 83% - Mujeres: 17%	- Hombres: 100% - Mujeres: 0%
ÁMBITO	- Militar: 17% - Civil: 83%	- Militar: 100 % - Civil: 0%
RANGO MILITAR	- Capitan de Navío: 17%	- Capitán de Fragata: 75% - Teniente Coronel: 25%
AÑOS EXPERIENCIA	- 5 años: 17% - Entre 6 y 10 años: 50% - Más de 10 años: 33%	- 5 años: 100%
UBICACIÓN	Patuxent River Naval Air Station, MD (Estados Unidos)	- JAL (Madrid): 50% - DGAM (Madrid): 25% - FLOAN (Rota): 25%
TIPO DE ENCUESTA	Email	Email
COMIENZO ENCUESTA	11-03-2024	11-03-2024
FIN ENCUESTA	1-04-2024	1-04-2024

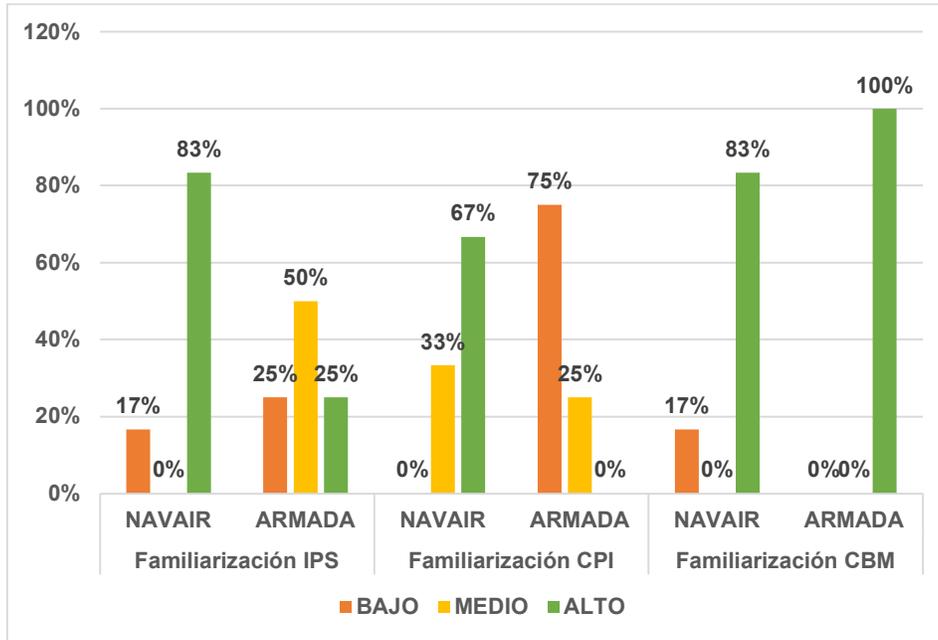
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se expondrán los resultados de un análisis descriptivo realizado con la información recopilada de las encuestas.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

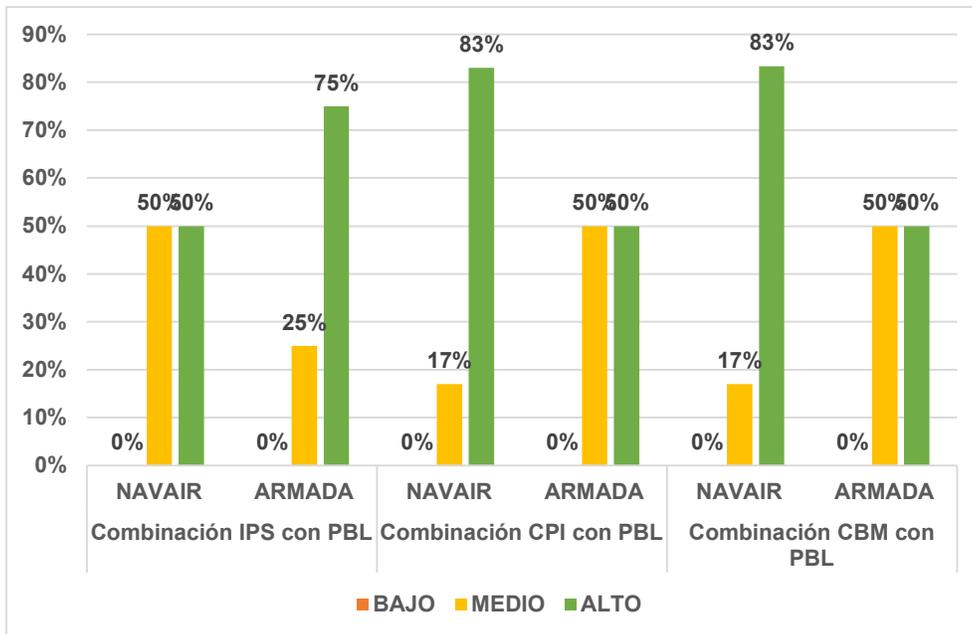
El diseño de la encuesta se ha estructurado en varios bloques. El primero de ellos se ha centrado en explorar la familiarización del personal encuestado con los métodos de sostenimiento -IPS, CPI y CBM- analizados en el epígrafe 3 de este trabajo (figura 13), su empleo en combinación con el PBL actual (figura 14), y finalmente determinar, según su opinión, qué sistema se considera más efectivo y adaptable en el entorno de la Armada (figuras 15 y 16). Para la valoración de los conceptos preguntados en este bloque, se ha seguido una escala de entre 1 (Nada familiarizado/ Totalmente en desacuerdo) a 9 (Totalmente familiarizado/ Totalmente de acuerdo). Sin embargo, dada la dispersión de la valoración, a efectos prácticos, se ha decidido agrupar las respuestas en tres tramos de familiarización/grado de acuerdo: bajo (puntuaciones de 1 a 3), medio (puntuaciones de 4 a 6) y alto (puntuaciones de 7 a 9). Además, para determinar el medio de apoyo que se considera más efectivo y adaptable en el entorno de la Armada (figuras 15 y 16), se ha realizado una pregunta categórica entre los métodos IPS, CPI, PBL y CBM.

Figura 13. Grado de familiarización con los medios de apoyo al sostenimiento de sistemas aéreos.



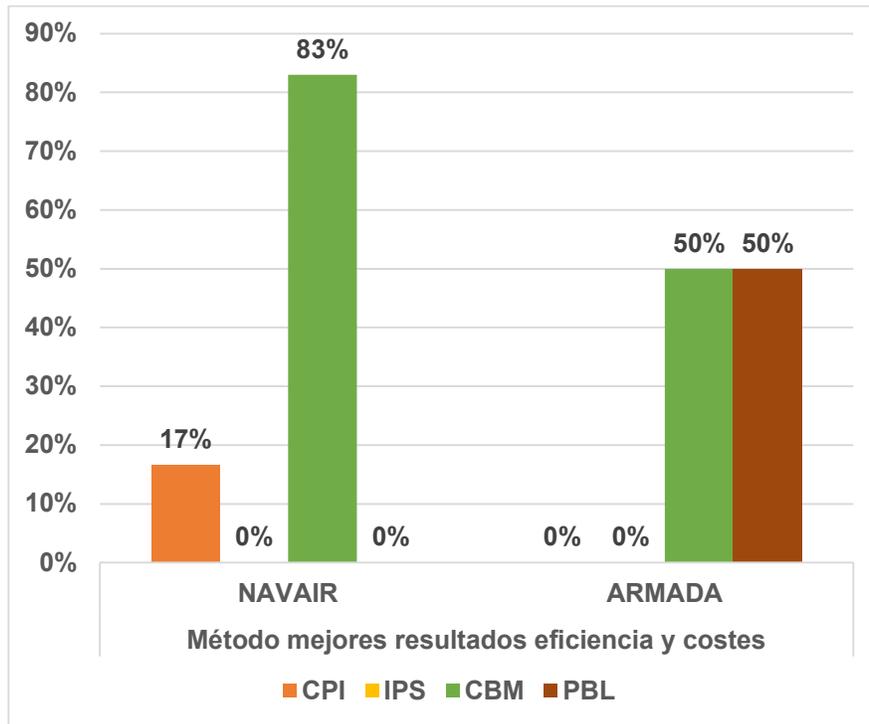
Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Grado de familiarización con los medios de apoyo al sostenimiento de sistemas aéreos en combinación con el PBL actual.



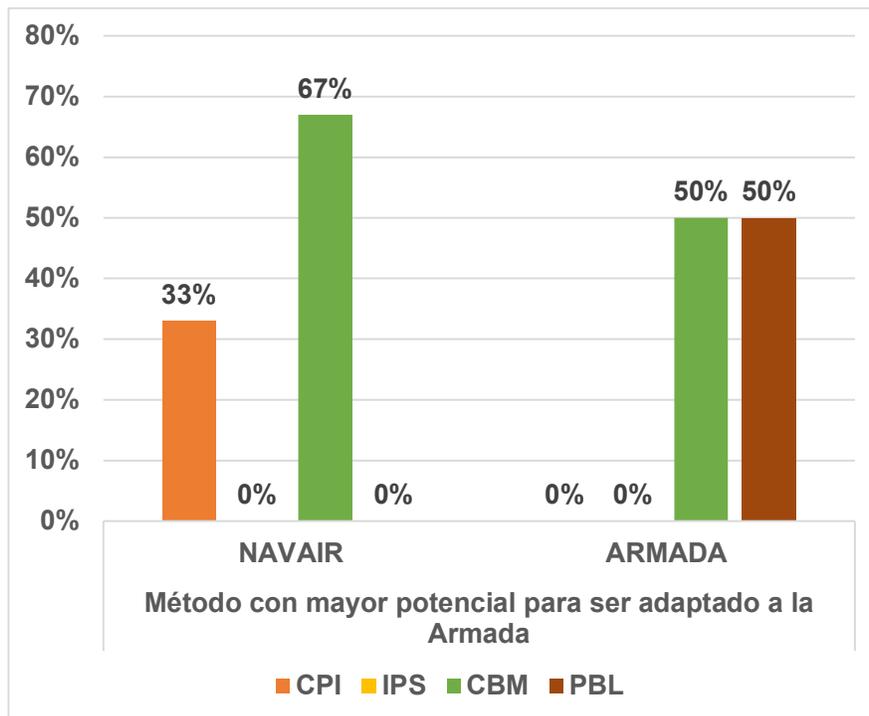
Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Métodos de apoyo al sostenimiento según eficiencia y costes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Método de apoyo al sostenimiento con mayor potencial para ser adaptado a la Armada.



Fuente: Elaboración propia

Según el grado de acuerdo de las personas encuestadas, en este primer bloque se puede observar que el personal de NAVAIR encuestado tiene un alto grado de familiarización con los tres medios de apoyo (IPS, CPI y CBM), mientras que el personal de la Armada tiene un alto grado de familiarización con el CBM, y un grado medio con el IPS (figura 13). Esto podría indicar una oportunidad para programas de intercambio de conocimientos y formación entre las dos entidades para equilibrar el nivel de competencia. También destaca que, entre el personal encuestado de la Armada, actualmente no existe una alta familiarización con las herramientas de apoyo al sostenimiento CPI.

Cuando se pregunta acerca del grado de familiarización de los medios de apoyo cuando se combinan con el PBL ya en uso (figura 14), el 83% del personal encuestado de NAVAIR afirman tener un grado de familiarización alto cuando se combina CPI con PBL, y CBM con PBL, mientras que el 50% del personal de la Armada afirma tener un grado de familiarización alto cuando se combina CPI con PBL, y CBM con PBL. Con esta última observación, se aprecia que, al estar ya implementado el PBL en la Armada, el grado de familiarización del CPI con este, aumenta con respecto a cuando se analiza individualmente. No obstante, este resultado debe interpretarse con prudencia, dado que puede deberse al reducido número de personal encuestado de la Armada.

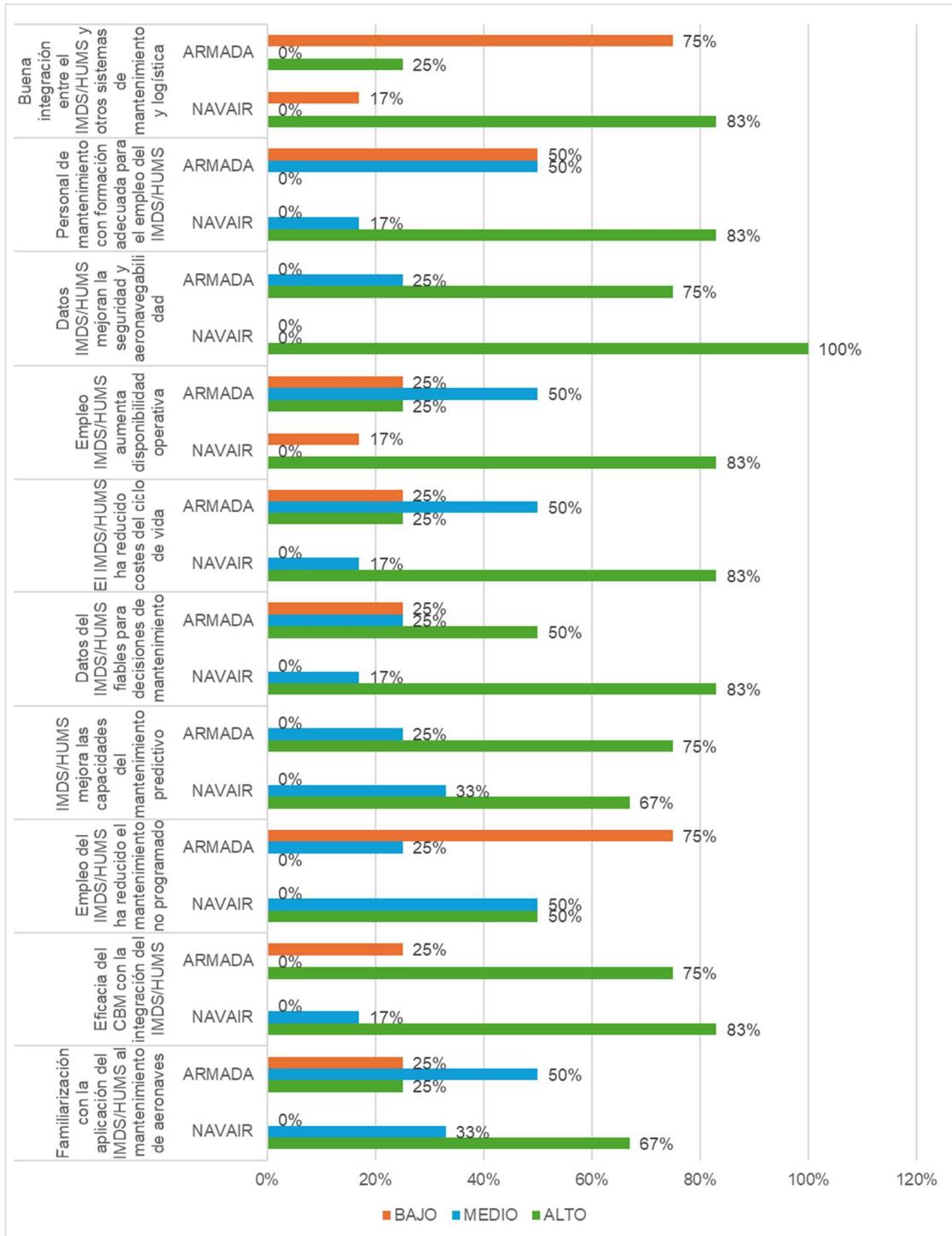
Según el grado de acuerdo de las personas encuestadas, el 83% del personal encuestado de NAVAIR considera que el mejor método para el sostenimiento teniendo en cuenta la eficiencia y costes es el CBM (figura 15). En el caso de la Armada, el 50% de los encuestados coinciden con la opinión mayoritaria de NAVAIR, mientras que el 50% restante consideran que el mejor método para el sostenimiento según su eficiencia y costes es el PBL, actualmente en uso en la Armada.

En la figura 16 se presenta una comparativa sobre el potencial de adaptación a la Armada de los diversos métodos de apoyo al sostenimiento, entre el personal encuestado de NAVAIR y de la Armada. Con respecto al personal de NAVAIR, el 67% de los encuestados considera que el método CBM tiene el mayor potencial para ser adaptado, destacándolo significativamente sobre el resto de los métodos. Por otro lado, el personal encuestado de la Armada muestra una preferencia equitativa al 50 % entre el CBM y PBL (ya en uso en la Armada). Estos resultados reflejan una

percepción orientada hacia la eficacia del método de apoyo al sostenimiento basado en la condición o predictivo (CBM).

El segundo bloque de la encuesta se ha centrado en explorar la aplicabilidad y ventajas del empleo del equipo IMDS/HUMS instalado en los helicópteros MH-60R, aplicado al mantenimiento predictivo CBM, y de qué manera influye en el sostenimiento de esta aeronave (figura 17). Igualmente, para la valoración de cada aspecto se ha seguido una escala de entre 1 (Totalmente en desacuerdo) a 9 (Totalmente de acuerdo). De la misma manera que para el primer bloque de la encuesta, dada la dispersión de la valoración, a efectos prácticos, se ha decidido agrupar las respuestas en 3 tramos de grado de acuerdo: bajo (puntuaciones de 1 a 3), medio (puntuaciones de 4 a 6) y alto (puntuaciones de 7 a 9).

Figura 17. Grado de acuerdo sobre la aplicación y ventajas del IMDS/HUMS aplicado al CBM para la flota de MH-60R.



Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la figura 17 se aprecia que dos tercios del personal encuestado de NAVAIR muestra una alta familiarización con el IMDS/HUMS, en contraste con la Armada, en la que solo el 50% del personal encuestado afirma tener un grado de familiarización con el IMDS/HUMS medio. Esto indica una brecha en la experiencia y posiblemente en la capacitación entre las dos entidades, la cual podría reducirse implantando cursos de capacitación sobre dicho sistema.

Con respecto a la eficacia del IMDS/HUMS en la gestión del mantenimiento, un porcentaje significativo de personal de NAVAIR y de la Armada considera que el IMDS/HUMS es muy eficaz, aunque la confianza es mayor en NAVAIR. Esto podría resaltar la necesidad de reforzar las prácticas de mantenimiento basado en la fiabilidad y la eficiencia operativa en la Armada.

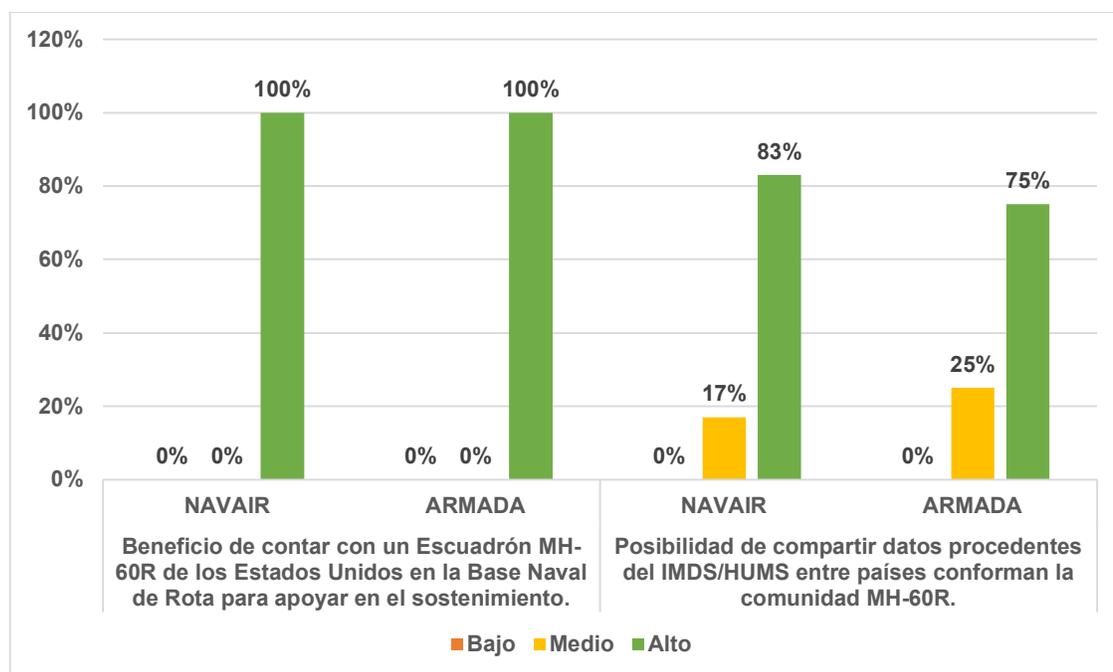
Además, existe una percepción común de que el IMDS/HUMS es beneficioso para la seguridad y la aeronavegabilidad de las aeronaves, y para la reducción de costes del ciclo de vida, pero nuevamente, el personal de NAVAIR muestra una confianza más alta, lo que sugiere un mayor grado de integración y aprovechamiento de los datos proporcionados por el sistema.

Como es lógico, ya que aún no se ha recibido el equipo IMDS/HUMS integrado en el MH-60R, los datos muestran que la Armada tiene un nivel medio de capacitación y adopción de este sistema, mientras que en NAVAIR, la mayoría del personal está altamente capacitado. Este dato pone de relieve la importancia de programas de formación mejorados para la Armada.

En conjunto, la figura 17 ilustra la diferencia entre el personal encuestado de NAVAIR y la Armada en cuanto a la integración del sistema IMDS/HUMS en las operaciones de mantenimiento. Mientras que NAVAIR parece tener una mayor familiarización y aplicación de IMDS/HUMS, hay una oportunidad para que la Armada mejore en estas áreas, especialmente en formación y adopción del sistema. Estos hallazgos son cruciales para planificar mejoras futuras y cerrar la brecha entre las prácticas de mantenimiento predictivo de ambas entidades. En este sentido, la Armada se encuentra en un momento clave para anticiparse programando cursos de capacitación del personal necesario en el empleo del sistema IMDS/HUMS, para que cuando se tenga físicamente el helicóptero MH-60R ya se esté familiarizado.

El tercer bloque de la encuesta ha pretendido conocer las opiniones de los expertos en relación a la influencia de la extensa comunidad de países que operan el MH-60R en referencia a la llegada de este helicóptero a la Armada (figura 18). Asimismo, para la valoración de cada punto se ha seguido una escala de entre 1 (Totalmente en desacuerdo) a 9 (Totalmente de acuerdo). Al igual que en los bloques anteriores, dada la dispersión de la valoración, a efectos prácticos, se ha decidido agrupar las respuestas en 3 tramos de grado de acuerdo: bajo (puntuaciones de 1 a 3), medio (puntuaciones de 4 a 6) y alto (puntuaciones de 7 a 9).

Figura 18. Comunidad MH-60R.



(Fuente: Elaboración propia)

Tal y como muestra la figura 18, la presencia en la Base Naval de Rota de un Escuadrón de helicópteros MH-60R de los Estados Unidos, es considerado como un alto nivel de beneficio para el sostenimiento, tanto para el personal encuestado de NAVAIR como el de Armada, lo que sugiere una fuerte sinergia y apoyo potencial en operaciones y mantenimiento. Además, existe una valoración alta hacia la posibilidad de compartir datos recogidos del equipo IMDS/HUMS entre miembros de la comunidad MH-60R, lo que indica una apertura hacia la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos que puede conducir a mejores prácticas de

sostenimiento y una mayor estandarización entre países que operan este modelo de aeronave.

Además del grado de acuerdo sobre determinados aspectos relacionados con el sostenimiento, los encuestados han tenido la posibilidad de aportar comentarios con respecto a la aplicabilidad del futuro equipo IMDS/HUMS instalado en el MH-60R como apoyo al mantenimiento predictivo de este. En este sentido, los encuestados han señalado que:

- *“Para determinar el momento adecuado en el que reemplazar un componente antes de que se produzca el fallo, es necesario un análisis exhaustivo de datos para asegurar unas decisiones de mantenimiento fiables. El desafío no es solo la cantidad de datos necesarios sino también la gestión eficiente de estos. Este proceso mejora el mantenimiento predictivo, permitiendo el reemplazo de componentes en óptimas condiciones y no simplemente basándose en programaciones de mantenimiento preventivo.”* (Este comentario confirma el inconveniente observado durante el análisis llevado a cabo en el epígrafe 3, con respecto a la aplicación del Sostenimiento mediante CBM.)

- *“La gestión de todos los datos que proporciona el equipo IMDS/HUMS requiere de gran interacción y esfuerzo entre todos los miembros de la cadena de mantenimiento, desde los mantenedores, pasando por las dotaciones de vuelo, el apoyo de ingeniería del segundo escalón de mantenimiento, hasta la relación con el fabricante. Por ello, la experiencia a lo largo de los años, ha mostrado que en ocasiones el personal involucrado es reticente a la asimilación de nuevos métodos y tecnologías.”*

- *“Un reto a alcanzar con la llegada del sistema IMDS/HUMS integrado en el MH-60R es la necesidad de capacitación y disponibilidad de personal de mantenimiento.”*

Como ha podido observarse los datos e información obtenidos de las encuestas reflejan percepciones y experiencias valiosas que contribuyen significativamente a la creación de una matriz DAFO pertinente y enriquecedora para el sostenimiento del MH-60R. Los resultados subrayan la importancia de la formación en el uso de

sistemas como el IMDS/HUMS y evidencian la necesidad de gestionar eficientemente la gran cantidad de datos que dichos sistemas recopilan.

Las oportunidades identificadas en las encuestas, como la posibilidad de compartir conocimientos y datos entre la comunidad MH-60R y la colaboración con el Escuadrón estadounidense en Rota, abren puertas a la mejora de procesos y al fortalecimiento de la eficacia en el sostenimiento de la flota. Estos elementos facilitarán la creación de estrategias que alineen nuestras fortalezas y oportunidades, mientras abordamos las debilidades y amenazas de forma proactiva.

En definitiva, el análisis cualitativo, respaldado por las encuestas y comentarios aportados, provee una base sólida para la elaboración de una matriz DAFO que servirá como un mapa estratégico para la implementación de prácticas de sostenimiento óptimas, garantizando así la operatividad, seguridad y eficiencia a largo plazo del MH-60R en la Armada.

4.2.1 MATRIZ DAFO.

La generación de la matriz DAFO (Figura 19) se ha enfocado principalmente en los beneficios de incorporar el sistema CBM como apoyo al sostenimiento del MH-60R, con la ayuda de equipos como el IMDS/HUMS que ya viene operando en la Marina de los Estados Unidos desde hace años. Teniendo en consideración el análisis realizado en el anterior punto y gracias a la aportación de los expertos tanto de NAVAIR como de la Armada, podemos destacar una serie de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que pueden ser combinadas para posteriormente mostrar una serie de estrategias beneficiosas para el sostenimiento del MH-60R.

Figura 19. Matriz DAFO.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>D1. Falta de formación adecuada para el personal de mantenimiento de la Armada en el uso eficaz de IMDS/HUMS, para su aplicación al CBM.</p> <p>D2. Falta familiarización del personal de la Armada con el método CPI.</p>	<p>A1. Gestión de datos compleja que podría representar una barrera técnica y operativa para el personal, y para el mantenimiento predictivo CBM.</p> <p>A2. Resistencias internas en la organización a la adopción de nuevos sistemas y tecnologías como el IMDS/HUMS.</p>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>F1. Experiencia acumulada por parte de NAVAIR con el IMDS/HUMS que podría ayudar a mejorar la toma de decisiones de mantenimiento, a través de un Programa CBM adecuado.</p> <p>F2. Mejoras en seguridad y aeronavegabilidad gracias a los datos precisos proporcionados por IMDS/HUMS.</p>	<p>O1. Posibilidad de compartir datos de mantenimiento dentro de la comunidad MH-60R para mejorar el sostenimiento de la aeronave.</p> <p>O2. Beneficio mutuo y mejora del sostenimiento a través de la colaboración con el Escuadrón MH-60R de la Marina de los Estados Unidos en la Base Naval de Rota.</p>

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 ESTRATEGIAS DE APOYO AL SOSTENIMIENTO.

Con la confrontación de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas se pretende generar las siguientes propuestas de estrategias de apoyo, con el fin de recomendar las acciones que apoyen al sostenimiento del helicóptero MH-60R una vez sea recibido por la Armada:

- **Estrategia Defensiva.** (Enfrentando Fortalezas con Amenazas)
- **Estrategias Ofensiva** (Enfrentando Fortalezas con Oportunidades)

- **Estrategias de Reorientación** (Enfrentando Debilidades con Oportunidades).
- **Estrategias de Supervivencia** (Enfrentando Debilidades con Amenazas).

Estrategia Defensiva.

El diseño de una estrategia defensiva robusta busca aprovechar las fortalezas existentes de NAVAIR en el uso del sistema IMDS/HUMS y abordar las amenazas potenciales de resistencia al cambio y la complejidad de la gestión de datos.

La experiencia de NAVAIR en el uso de IMDS/HUMS es un activo valioso que se puede aprovechar para mejorar el entendimiento y la eficacia en la toma de decisiones de mantenimiento a través del Programa CBM. Para ello, se establecerían programas avanzados de capacitación, dirigidos por expertos de NAVAIR, centrados en la transferencia de conocimiento práctico y técnicas de interpretación de datos para todo el personal involucrado en el mantenimiento. La formación se orientaría tanto a la comprensión profunda del sistema como a la resolución práctica de problemas, con el fin de reducir la percepción de la complejidad en la gestión de datos.

Los datos precisos proporcionados por IMDS/HUMS han demostrado ser un pilar en la mejora de la seguridad y aeronavegabilidad de las aeronaves. Resaltar estos beneficios a través de programas informativos y casos de estudio podría aumentar la confianza en el sistema y mitigar la resistencia al cambio. La comunicación efectiva de cómo el IMDS/HUMS ha prevenido incidentes y mejorado la seguridad operacional sería esencial para fomentar la aceptación de esta nueva tecnología.

Además, el establecimiento de talleres y sesiones de *“brainstorming”* (tormenta de ideas) donde el personal de todos los niveles pueda interactuar y compartir experiencias, facilitaría un entorno de aprendizaje colaborativo. El intercambio de estrategias para superar desafíos operativos y técnicos permitiría que el conocimiento fluyera y fortaleciera la adopción de prácticas efectivas de mantenimiento predictivo.

Habría que incentivar la integración de IMDS/HUMS con reconocimientos tangibles que pudieran motivar al personal a adoptar y promover activamente el sistema. Los incentivos podrían estar alineados con logros concretos en seguridad, eficiencia en mantenimiento o reducción de costes.

En conjunto, estas acciones defensivas buscarían convertir desafíos potenciales en oportunidades para mejorar y reafirmar el compromiso con la excelencia en el mantenimiento predictivo, al tiempo que se aseguraría la plena integración de

sistemas avanzados como el IMDS/HUMS en las prácticas de mantenimiento de la flota de MH-60R de la Armada.

Estrategia Ofensiva.

La estrategia ofensiva se centraría en el aprovechamiento proactivo de la experiencia y el conocimiento avanzado que NAVAIR ha acumulado en el uso del IMDS/HUMS, buscando expandir y mejorar continuamente las capacidades de mantenimiento predictivo de la flota de MH-60R.

La esencia de esta estrategia radicaría en la integración y utilización efectiva de los datos precisos proporcionados por el IMDS/HUMS para fortalecer la seguridad y la aeronavegabilidad de la aeronave. Esta consolidación del conocimiento se complementarían con la promoción activa de las mejoras conseguidas en seguridad y aeronavegabilidad, destacando el valor añadido de estos avances como diferenciadores clave en la eficiencia del mantenimiento.

En paralelo, se establecerían alianzas estratégicas para el intercambio de datos de mantenimiento dentro de la comunidad MH-60R, permitiendo la mejora y la estandarización de los procesos de sostenimiento entre las naciones que conforman la comunidad MH-60R. Esta línea de acción estaría liderada por el Estado Mayor de la Armada, a través de su oficina de colaboración internacional.

La cooperación con el Escuadrón MH-60R de la Marina de los Estados Unidos en la Base Naval de Rota, abriría puertas hacia una colaboración más estrecha, maximizando los beneficios mutuos y mejorando así el sostenimiento de la aeronave. Este enfoque colaborativo reforzaría la alineación de los objetivos operativos y estratégicos, promoviendo un espíritu de innovación constante y una mejora continua en las prácticas de sostenimiento de la flota MH-60R.

La aplicación efectiva de esta estrategia ofensiva requeriría de una monitorización constante para medir el éxito de las iniciativas y garantizar su ajuste y alineación con los objetivos estratégicos de la Armada. El compromiso continuo con la mejora y la innovación sería la piedra angular para mantener la aeronavegabilidad y la disponibilidad operativa de estos helicópteros.

Estrategia de Reorientación.

La elaboración de una estrategia de Reorientación abordaría la debilidad en la formación del personal de mantenimiento de la Armada en el uso del sistema IMDS/HUMS y la falta de familiarización con el método CPI, y aprovecharía las oportunidades de colaboración y compartición de datos e información dentro de la comunidad MH-60R.

La Armada debería establecer un programa integral de formación para su personal de mantenimiento, enfocado en el dominio del sistema IMDS/HUMS y método CPI. Este programa de formación podría ser desarrollado y conducido en asociación con NAVAIR y aprovechando la presencia del Escuadrón MH-60R de los Estados Unidos en la Base Naval de Rota. El intercambio de experiencias no solo mejoraría la competencia técnica del personal de la Armada, sino que también fortalecería la relación entre ambas naciones aliadas, lo cual es fundamental para un sostenimiento efectivo.

Además, se podría aprovechar la oportunidad de compartir datos de mantenimiento y operaciones dentro de la amplia comunidad MH-60R, fomentando un entorno de aprendizaje colaborativo. Esto permitiría a la Armada acceder a un conjunto más amplio de datos operacionales y de mantenimiento, desarrollando procedimientos de mantenimiento predictivo más sofisticados y ajustados a las condiciones operativas reales.

Esta estrategia de Reorientación no solo abordaría las áreas de mejora en la formación del personal, sino que también se alinearía con los esfuerzos continuos de la Armada para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad aeronáutica. Además, promovería la adopción de las mejores prácticas y tecnologías a través de la colaboración y el aprendizaje compartido.

Estrategia de Supervivencia.

Una estrategia de supervivencia abordaría la falta de formación y familiarización adecuada del personal de la Armada en el método CPI, y en el uso eficaz del IMDS/HUMS, así como la gestión de datos compleja y la posible resistencia interna a la adopción de nuevos sistemas.

La estrategia se debería iniciar con un plan de formación intensiva dirigido al personal de mantenimiento de la Armada. Este programa de capacitación estaría enfocado no

solo en el funcionamiento técnico del IMDS/HUMS sino también en la gestión y análisis de datos que éste proporciona. La formación podría incluir simulaciones y escenarios prácticos que mejorarían la comprensión del personal sobre cómo los datos del IMDS/HUMS pueden integrarse efectivamente en la toma de decisiones para el mantenimiento predictivo CBM. A la vez podrían programarse formaciones en procesos CPI.

En paralelo, se podría trabajar en un programa de sensibilización y cambio de mentalidad para reducir la resistencia a la adopción de nuevas tecnologías y prácticas. Esto implicaría la inclusión de testimonios de éxito, casos de estudio donde la implementación del IMDS/HUMS haya resultado en mejoras significativas de rendimiento y seguridad, y sesiones de preguntas y respuestas que permitan al personal involucrado en el sostenimiento expresar sus preocupaciones y obtener respuestas claras y detalladas.

Otra acción fundamental en la estrategia de supervivencia sería el desarrollo de un sistema o herramienta de interfaz más amigable y eficiente para la gestión de datos complejos. Esto podría tomar la forma de un nuevo software o la mejora del existente, que simplifique la entrada, el seguimiento y el análisis de los datos, haciéndolo más accesible y más amigable para los usuarios.

La colaboración con expertos del Escuadrón de la Marina de los Estados Unidos en la Base Naval de Rota también podría desempeñar un papel crucial. La experiencia y conocimientos de estos expertos pueden ser vitales para optimizar los procesos y para brindar apoyo adicional en la formación del personal de la Armada.

Todas estas estrategias se muestran estrechamente relacionadas y coincidentes en algunas propuestas, por lo que representan una ayuda potencial y que no entrañarían una gran complejidad para su aplicación en el entorno del sostenimiento de la Flotilla de Aeronaves de la Armada. De esta manera, se podrían considerar los siguientes puntos clave alineados:

- **Capacitación y Formación Continua.** En todas las estrategias, hay un énfasis considerable en la necesidad de una formación adecuada y continua del personal involucrado en el mantenimiento de la aeronave en el uso del sistema IMDS/HUMS. Esto es crucial tanto para aprovechar las fortalezas existentes como para abordar las debilidades y resistencias internas.

- **Uso Efectivo de IMDS/HUMS para la Seguridad y Aeronavegabilidad.** Todas las estrategias resaltan la importancia de utilizar los datos precisos que proporciona el IMDS/HUMS para mejorar la seguridad y aeronavegabilidad, así como para respaldar la toma de decisiones en el mantenimiento predictivo.
- **Colaboración y Compartición de Datos.** Hay un reconocimiento en cada estrategia de la valiosa oportunidad que presenta la colaboración dentro de la comunidad MH-60R y con la Marina de los Estados Unidos en la Base Naval de Rota. Esta colaboración facilitaría el intercambio de conocimientos y experiencias, así como la compartición de datos para mejorar el sostenimiento.
- **Adaptación y Cambio de mentalidad.** Las estrategias reconocen la necesidad de gestionar la resistencia al cambio promoviendo un cambio de mentalidad que acepte y se adapte a las nuevas tecnologías. Esto puede incluir programas de concienciación, testimonios de éxito y sesiones interactivas que permitan una adaptación más gradual a nuevas prácticas y tecnologías.
- **Mejora de la Interfaz de Usuario y Gestión de Datos.** Enfrentando la complejidad de la gestión de datos, las estrategias sugieren la necesidad de mejorar las herramientas de interfaz de usuario para que la entrada y análisis de datos sea más eficiente y menos tediosa.
- **Reconocimientos e Incentivos.** Se considera que reconocer los logros y proporcionar incentivos podría motivar al personal a adoptar y promover activamente el sistema IMDS/HUMS, lo cual es fundamental para la estrategia defensiva y se alinea con la estrategia ofensiva.
- **Monitorización y Evaluación Constantes.** Para todas las estrategias se propone la monitorización constante de la efectividad de las medidas adoptadas, ajustando y realineando continuamente las acciones con los objetivos estratégicos de sostenimiento de la Armada.
- **Mejoras Continuas.** La necesidad de mejora continua en la eficiencia y la seguridad se presenta en todas las estrategias como una prioridad. Se busca mantener el compromiso con la excelencia en el mantenimiento predictivo y la aeronavegabilidad de la flota MH-60R.

En resumen, la capacitación del personal, la optimización de la gestión de datos, la colaboración estratégica y la mejora continua son ideas transversales en todas las

estrategias. Estos puntos de conexión ofrecen una base sólida para la implementación de un plan de sostenimiento cohesivo y eficaz para el MH-60R.

5 CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

La Armada, dentro de los planes de renovación de sus aeronaves, ha contemplado el reemplazo de su principal activo aeronaval en la lucha antisubmarina (ASW) y antisuperficie (ASUW), dado que por su obsolescencia se encuentra al final de su vida operativa. La sustitución del actual helicóptero SH-60B "*Seahawk*", que ha estado operando para la Armada desde finales de los años 80, es considerado un importante hito. Esto se va a llevar a cabo antes de finalizar su vida operativa, y el sustituto seleccionado será el moderno modelo MH-60R empleado por numerosos países y equipado con las últimas tecnologías. Sin embargo, la consecución de esta notable adquisición así como su correspondiente sostenimiento a lo largo de su ciclo de vida supone un alto desafío para la Armada.

La transición hacia esta adquisición representa un reto significativo, implicando, por un lado, un proceso de compra complejo, dada su procedencia de Estados Unidos, gestionado a través del sistema de Ventas Militares al Extranjero (FMS). Este método facilita un acuerdo bilateral que implica a agencias especializadas y personal cualificado, asegurando una implementación efectiva que cumpla con los requerimientos operacionales a largo plazo y la continuidad funcional del sistema.

Por otro lado, el sostenimiento aplicado para mantener la operatividad de esta moderna aeronave de manera eficiente durante todo su ciclo de vida es crucial. Este nuevo sistema de armas, debido a las complejidades tecnológicas incorporadas, demanda de nuevas herramientas o métodos que complementen a los actuales planes de sostenimiento de la Armada.

Además, el sostenimiento de una aeronave es fundamental para cumplir y mantener los requisitos exigidos en el mantenimiento de la continuidad de su aeronavegabilidad a lo largo de todo su ciclo de vida, con la alineación conjunta de su mantenimiento, aprovisionamiento e ingeniería de ciclo de vida.

Las prácticas de sostenimiento desarrolladas previamente con el modelo SH-60B, especialmente a través de la implementación del sostenimiento basado en las prestaciones (PBL), han establecido un fundamento sólido que facilitará la

incorporación del MH-60R. Sin embargo, la evolución tecnológica de este nuevo "Seahawk" exige una actualización y aplicación de estrategias de sostenimiento que respondan adecuadamente a sus avanzadas características y necesidades operativas.

A lo largo del análisis de las herramientas o métodos de apoyo al sostenimiento que podrían complementar el actual sistema de mantenimiento por prestaciones (PBL), se ha pretendido recabar el medio de integración de técnicas y tecnologías avanzadas que puedan mejorar la operatividad, seguridad, y eficiencia de costes a lo largo del ciclo de vida del MH-60R.

Con respecto al Soporte de Producto Integrado (IPS), esta herramienta implicaría la adaptación a las complejidades tecnológicas específicas del MH-60R, la necesidad de una formación continua del personal para mantenerse al día con las innovaciones, y la integración de nuevos procedimientos dentro de las estructuras logísticas existentes.

Analizando la mejora continua del proceso (CPI), nos podríamos enfrentar a ciertas dificultades que incluyen la resistencia organizacional al cambio, la necesidad de una capacitación especializada y continua, y la complejidad de aplicar métricas de rendimiento ajustadas a las especificaciones del MH-60R.

Por su parte, el mantenimiento basado en la condición (CBM), ya en uso e implementado en la flota de helicópteros de la Marina de los Estados Unidos mediante el Sistema de Monitorización de la salud y el uso (HUMS), representa un importante avance en el mantenimiento predictivo. En el caso particular del MH-60R es llevado a cabo mediante el equipo instalado a bordo de sistema integrado de diagnóstico mecánico (IMDS). Este método de mantenimiento basado en la predicción genera un requerimiento de una profunda gestión efectiva de datos y de una alineada interacción por parte de todos los miembros de la cadena involucrados en el sostenimiento de la aeronave.

Mediante el análisis cualitativo de estos métodos realizado a través de encuestas a expertos tanto de personal estadounidense perteneciente a su Gobierno (NAVAIR), como a personal nacional de la Armada, para contrastar opiniones, se ha elaborado una matriz DAFO, con el objeto de marcar unas estrategias que apoyen al sostenimiento del helicóptero MH-60R, una vez sea recibido por la Armada.

De las diferentes estrategias de confrontación elaboradas (Defensiva, Ofensiva, Reorientación y Reorientación), se observan una serie de ideas comunes que pueden reforzar el futuro sostenimiento de esta aeronave:

- Capacitación y formación continua del personal involucrado en el mantenimiento de la aeronave en el uso del sistema IMDS/HUMS, integrado en la misma.
- Uso efectivo del IMDS/HUMS para la Seguridad y Aeronavegabilidad, aprovechando todos los datos disponibles que respalden la toma de decisiones en el mantenimiento predictivo.
- Colaboración y compartición de datos entre miembros de los países pertenecientes a la Comunidad MH-60R, con el fin de intercambiar conocimientos y experiencias, apoyando el sostenimiento de la aeronave.
- Adaptación y cambio de mentalidad hacia las nuevas tecnologías que apoyan al mantenimiento predictivo por parte del personal involucrado en el sostenimiento de la aeronave, concienciando de los beneficios aportados por estos modernos medios.
- Mejora de la interfaz de gestión de datos que permita al usuario una labor más eficiente y más amigable.
- Incentivar reconocimientos de los logros alcanzados por el personal de mantenimiento al promover activamente el empleo del sistema IMDS/HUMS.
- Llevar a cabo una monitorización y evaluación constantes de todas las medidas adoptadas que cumplan con los objetivos impuestos por la Armada en el sostenimiento del MH-60R.

No obstante, la realización de este TFM no ha estado exenta de limitaciones, lo que obliga a interpretar los resultados y conclusiones con cierta cautela. La principal limitación de este trabajo es el reducido número de encuestas realizadas, tanto al personal de NAVAIR como de Armada. Sin embargo, el personal al que se ha podido acceder se caracteriza por ser experto, con un elevado grado de conocimiento y experiencia en el tema, por lo que la información recibida ha sido muy valiosa y relevante para este trabajo.

Otra limitación, también relacionada con las personas encuestadas, es que solamente se dispone de información de NAVAIR y de la Armada. Podría haber sido interesante, si se hubiese dispuesto de mayor tiempo, haber lanzado la encuesta a otras Fuerzas Armadas pertenecientes a la Comunidad MH-60R, para conocer su grado de acuerdo o familiarización con los aspectos tratados en este trabajo, así como su opinión sobre los métodos de sostenimiento más adecuados.

Otra limitación observada es la definición que se ha considerado de los tramos bajo/medio/alto, donde se ha diferenciado como bajo (puntuación de 1 a 3), medio (puntuación de 4 a 6) y alto (puntuación de 7 a 9). Somos conscientes de que estos tramos podrían haberse definido de manera distinta, por ejemplo, bajo (puntuación de 1 a 4), medio (puntuación de 5 a 7) y alto (puntuación de 8 a 9), o alguna otra combinación adecuadamente justificada. De esta manera, los resultados podrían ser diferentes de los actuales, con las consecuentes diferentes observaciones.

Como futuras líneas de investigación se podrían proponer superar las limitaciones encontradas. Entre ellas, se podrían analizar los resultados de las encuestas, definiendo los tramos bajo/medio/alto de manera distinta a la realizada en este trabajo, tal y como se ha comentado en el párrafo anterior, para así poder detectar si los resultados obtenidos se mantienen o presentan diferencias al cambiar la definición de los intervalos.

También, se podría plantear incrementar el número de personas encuestadas, tanto de NAVAIR, Armada y, como se indicaba anteriormente, hacerlo extensible también a otras personas pertenecientes a la Comunidad MH-60R. Así, la ampliación del grupo de estudio permitiría obtener un conjunto de datos más robusto y representativo, lo que conllevaría a una mayor precisión en las conclusiones y a un entendimiento más profundo de las necesidades y percepciones del personal involucrado.

Por último, podría resultar interesante conocer la opinión del personal que se va a encargar del sostenimiento de las aeronaves desde un punto de vista operativo (como es el personal de mantenimiento), o incluso realizar una nueva encuesta cuando se hayan recibido las primeras unidades del helicóptero MH-60R con el objetivo de poder realizar comparaciones en dos momentos distintos del tiempo, etc.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, C. I. (2000). *Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones. Estudios gerenciales*, (77), 53-69.
- AJAL. (2021). *Norma Permanente de Organización NÚM. 01/2021, del AJAL.*
- AJAL. (2023). *Norma Permanente de logística NÚM. 01/2023, del AJAL.*
- AJEMA. (1981). *Reglamento de Mantenimiento para la Fuerza Naval e Instalaciones de Apoyo.*
- AJEMA. (2017). *Directiva 3/17 AJEMA. Entrada en servicio de los helicópteros Sikorsky Seahawk SH-60F.*
- Asher J. & Surya A. (2013). *A survey of health and usage monitoring system in contemporary aircraft. International Journal of Engineering and Technical Research*, 1 (9), 34-41.
- Atamuradov, V., Medjaher, K., Dersin, P., Lamoureux, B., & Zerhouni, N. (2017). Prognostics and health management for maintenance practitioners—Review, implementation and tools evaluation. *International Journal of Prognostics and Health Management*, 8 (3), Article 3, 1-31.
- Boyce & Banghart. (2012). *Performance based logistics and project proof point. Defense AT&L: Product Support Issue*, 41 (2), 26-30.
- British Standards Institution. (2017). *Maintenance Terminology. British Standards Institution: London, UK. www.bsigroup.com*
- Cabeza, D. (2012). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. Barcelona: Marge Books.*

- Che, C., Wang, H., Fu, Q., & Ni, X. (2019). Combining multiple deep learning algorithms for prognostic and health management of aircraft. *Aerospace Science and Technology*, 94, 105423, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105423>
- Defensa y Aviación. (2022). *Adiós al «Morsa»: El último vuelo de los SH-3 Sea King de la Armada Española*. <https://www.outono.net/elentir/2022/06/28/adios-al-morsa-el-ultimo-vuelo-de-los-sh-3-sea-king-de-la-armada-espanola/>
- Defensa y Aviación. (2023). *El adiós de los veteranos Hughes 500 Cayuse de la 6ª Escuadrilla de la Armada Española*. <https://www.outono.net/elentir/2023/06/13/el-adios-de-los-veteranos-hughes-500-cayuse-de-la-6a-escuadrilla-de-la-armada-espanola/>
- Defensa.com. (2013). *El AB212 modernizado de la 3ª escuadrilla de la Armada Española levanta el vuelo—Noticias Defensa España*. Defensa.com; Grupo EDEFA S.A. <https://www.defensa.com/espana/ab212-modernizado-3a-escuadrilla-armada-espanola-levanta-vuelo>
- Defensa.com. (2021). *Estados Unidos está basando una unidad de helicópteros en Rota de su Escuadrón HSM-79-noticia defensa.com—Noticias Defensa defensa.com OTAN y Europa*. Defensa.com; Grupo EDEFA S.A. <https://www.defensa.com/otan-y-europa/estados-unidos-esta-basando-unidad-helicopteros-rota-escuadron>
- Defensa.com. (2023). *Baja inesperada de los helicópteros AB-212 Plus de la Armada*. Defensa.com; Grupo EDEFA S.A. <https://www.defensa.com/defensa-naval/curiosa-baja-helicopteros-ab-212-plus-armada-poco-despues>

- Defense Technical Information Center. (2011). *Product Support Manager Guidebook*.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA606472>
- Departamento de Defensa de los Estados Unidos. (2016). *PBL Guidebook*.
Department of Defence.
- Departamento de Estado de los Estados Unidos. (2022). *Letter of Offer and Acceptance (LOA) SP-P-GOJ*.
- Departamento de Estado de los Estados Unidos. (2023). *Letter of Offer and Acceptance (LOA) SP-P-SDE*.
- DGAM. (2014). *Plan Director de Helicópteros DGAM*.
- DISCS. (2019). *The Management Of Security Cooperation*.
- DSCA. (2012). *SAMM. Security Assistance Management Manual*.
- DSCA. (2022). *MH-60R Multi-Mission Helicopters with Support*.
<https://www.dsca.mil/press-media/major-arms-sales/spain-mh-60r-multi-mission-helicopters-support>
- DSCU. (2022). *DSCU (Green Book)*. <https://www.dscu.edu/m/green-book>
- DSCA. (2024). *MH-60R FMS| Defense Security Cooperation Agency*.
<https://www.dsca.mil/search/node?keys=mh-60r>
- Eckes, G. (2006). *El Six Sigma para todos*. Bogotá: Editorial Norma.
- European Commission. (2011). *Flightpath 2050: Europe's vision for aviation: Maintaining global leadership and serving society's needs*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/50266>

- Feng, Q., Bi, X., Zhao, X., Chen, Y., & Sun, B. (2017). Heuristic hybrid game approach for fleet condition-based maintenance planning. *Reliability Engineering & System Safety*, 157, 166-176. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2016.09.005>
- Floyd, D., & Reyes, M. (2014). *Application of the Integrated Product Support Elements*. Defense AT&L, July–August, 38-42.
- InfoDefensa. (2018). *El primer SH-60F de la Armada española entra en servicio*. Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3073356/primer-sh-60f-armada-espanola-entra-servicio>
- InfoDefensa. (2023). *España elige al final el helicóptero MH-60R para reemplazar los SH-60B de la Armada*. Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4257411/espana-elige-final-helicoptero-mh-60r-reemplazar-sh-60b-armada>
- Ingemarsdotter, E., Kambanou, M. L., Jamsin, E., Sakao, T., & Balkenende, R. (2021). Challenges and solutions in condition-based maintenance implementation—A multiple case study. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126420, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126420>
- Inspector General de la Oficina del Departamento de Defensa. (2006). *Logistics: H-60 Seahawk Performance-Based Logistic Program*. Department of Defense.
- Jacopino, D. A. (2018). *Mastering Performance Based Contracts*. Sidney: Flekketvenn Enterprises.
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical*

- Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483-1510.
<https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2005.09.012>
- Lin, L., Luo, B., & Zhong, S. (2018). Multi-objective decision-making model based on CBM for an aircraft fleet with reliability constraint. *International Journal of Production Research*, 56 (14), 4831-4848.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1467574>
- Lockheed Martin. (2024). *MH-60R SEAHAWK® Helicopters*. Lockheed Martin.
<https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/sikorsky-mh-60-seahawk-helicopters.html>
- Martínez-Jurado, P. J., & Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 85, 134-150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.042>
- NAVAIR. (2017). *COMNAVAIRFORINST. OPNAVINST 4790.2 C*.
- ODASD. (2024). *Product Support, Office of the Assistant Secretary of Defense for Sustainment*. <https://www.acq.osd.mil/log/ps/enablers.html>
- Office of the Deputy Secretary of Defense. (2006). *Continuous Process Improvement Transformation Guidebook*.
- Papakostas, N., Papachatzakis, P., Xanthakis, V., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2010). An approach to operational aircraft maintenance planning. *Decision Support Systems*, 48(4), 604-612. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.11.010>
- Pearson. (2007). *Continuous Process Improvement Within DoD*. Defense AT&L: July-August, 31-33.

- RAE. (2024). *La Real Academia de la Lengua Española (RAE)*. Real Academia Española. <https://www.rae.es/inicio>
- Sanabria Luengo, M. (2004). La contratación exterior del Ministerio de Defensa. *Revista española de derecho militar*, 84, 91-170.
- Santos, D. (2022). *Análisis y perspectivas de la contratación administrativa en el sector de la defensa.: El contrato gobierno a gobierno* (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad Complutense de Madrid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=317574>
- Scott M., Plets J. & Nam D. (2007). *US Navy Roadmap to Structural Health and Usage Monitoring – The Present and Future*. NAVAIR Public Release 07-065, 1-12.
- SEDEF. (2008). *Instrucción 5/2008, por la que se regula el sostenimiento de armamento y material*.
- SEDEF. (2012). *Instrucción 72/2012 del SEDEF, por la que se regula el proceso de obtención del armamento y material y la gestión de sus programas*.
- Verhagen, W. J. C., Santos, B. F., Freeman, F., Kessel, P. van, Zarouchas, D., Loutas, T., Yeun, R. C. K., & Heiets, I. (2023). Condition-Based Maintenance in Aviation: Challenges and Opportunities. *Aerospace*, 10 (9), 1-23. <https://doi.org/10.3390/aerospace10090762>
- Vianna, W. O. L., & Yoneyama, T. (2018). Predictive Maintenance Optimization for Aircraft Redundant Systems Subjected to Multiple Wear Profiles. *IEEE Systems Journal*, 12 (2), 1170-1181. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2017.2667232>