



Integración normativa del ciclo de vida, la gestión de activos y obsolescencia en sistemas de defensa

Standards Integration of life cycle, asset management and obsolescence in defense systems

Vladimir Avilés Ochoa^{1,2*} , Norevir Riveron de Armas^{1,2} , Armando Díaz Concepción² ,
Alberto J. Rodríguez Piñeiro² , Patricia Suárez Fernández³ 

1. Instituto Técnico Militar (ITM) José Martí. La Habana, Cuba.

2. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM. La Habana, Cuba.

3. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial. La Habana, Cuba.

* Autor de correspondencia: avilesvao@nauta.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](#)



Recibido: 1 de febrero de 2025

Aceptado: 12 de abril de 2026

Publicado: 12 de abril de 2026

Resumen

La gestión del ciclo de vida de sistemas de defensa requiere integrar procesos de ingeniería, gestión de activos y gestión de obsolescencia. Este artículo propone una matriz normativa multinivel basada en ISO/IEC/IEEE 15288, ISO 55000 e IEC 62402, complementadas con marcos de la OTAN, Estados Unidos, Reino Unido, Turquía, Brasil y la Federación de Rusia. Se realizó una revisión documental comparativa de normas, directivas, guías institucionales y literatura técnica, seleccionadas por su relación con la arquitectura del ciclo de vida, la gestión de activos y la obsolescencia. La comparación consideró fases, niveles de decisión, procesos de gestión, riesgo de suministro, mecanismos de

adaptación y productos documentales. Se identificaron correspondencias funcionales en la cobertura del ciclo de vida y variaciones en los mecanismos de gobernanza, priorización y mitigación. Como resultado, la matriz vincula fases del ciclo de vida con niveles estratégico, táctico y operativo para apoyar decisiones de adquisición, sostenimiento, modernización y retiro bajo restricciones de suministro.

Palabras claves: ciclo de vida del sistema, ingeniería de defensa, gestión de activos, gestión de obsolescencia, sostenimiento tecnológico.

Abstract

Defence system life cycle management requires the integration of engineering processes, asset management, and obsolescence management. This article proposes a multi-level normative matrix based on ISO/IEC/IEEE 15288, ISO 55000, and IEC 62402, complemented by frameworks from NATO, the United States, the United Kingdom, Türkiye, Brazil, and the Russian Federation. A comparative documentary review of standards, directives, institutional guidelines, and technical literature was conducted. Sources were selected according to their relationship with life cycle architecture, asset management, and obsolescence. The comparison considered life cycle phases, decision levels,

management processes, supply risk, tailoring mechanisms, and documentary outputs. Functional correspondences were identified in life cycle coverage, while variations were observed in governance, prioritization, and mitigation mechanisms. As a result, the matrix links life cycle phases with strategic, tactical, and operational levels to support acquisition, sustainment, modernization, and retirement decisions under supply constraints.

Key words: system life cycle, defence engineering, asset management, obsolescence management, technological sustainment.

Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

Avilés Ochoa V, Riveron de Armas N, Díaz Concepción A, Rodríguez Piñeiro AJ, Suárez Fernández P. Integración normativa del ciclo de vida, la gestión de activos y obsolescencia en sistemas de defensa. 2026;29:e720.

1. Introducción

La gestión del ciclo de vida de sistemas de defensa comprende los procesos requeridos para transformar una necesidad operacional en una capacidad verificable, sostener dicha capacidad durante su período de utilización y retirarla de servicio de forma controlada. En este ámbito, los sistemas se caracterizan por una vida útil prolongada, elevada criticidad operacional, interdependencia entre subsistemas, dependencia de fuentes de suministro especializadas y necesidad de conservar la trazabilidad de requisitos, configuración, decisiones y evidencias técnicas durante todo el ciclo de vida.

Los marcos normativos internacionales que sustentan esta gestión incluyen ISO/IEC/IEEE 15288:2023 [1], que establece procesos para el ciclo de vida de sistemas; ISO/IEC/IEEE 24748-1:2024 [2], que proporciona

orientación para la gestión y adaptación de modelos de ciclo de vida; ISO 55000:2024 [3] e ISO 55001:2024 [4], que establecen principios y requisitos para la gestión de activos; e IEC 62402:2019 [5], que define requisitos y orientación para la gestión de obsolescencia. En el sector de defensa, estos documentos se complementan con marcos sectoriales e institucionales, entre ellos la AAP-20 de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) [6], CADMID/T del Reino Unido [7,8], TSSÖDYP de Turquía [9], MD40-M-01 de Brasil [10], el Adaptive Acquisition Framework del Departamento de Defensa de Estados Unidos [11] y las normas GOST R de la Federación de Rusia. [12,13]

La coexistencia de estos marcos genera un problema de integración. Una organización responsable de sistemas de defensa debe determinar qué procesos deben aplicarse en cada fase del ciclo de vida, qué decisiones deben tomarse, qué información debe estar disponible, qué responsables intervienen y qué productos documentales evidencian el cumplimiento. Cuando estas relaciones no se establecen explícitamente, la gestión de ingeniería, activos y obsolescencia puede desarrollarse mediante procedimientos independientes, con riesgos de duplicidad documental, omisión de responsabilidades, discontinuidad de información y decisiones técnicas no vinculadas con la asignación de recursos o la estrategia de sostenimiento.

La obsolescencia constituye un riesgo transversal particularmente relevante en sistemas de larga vida útil. La pérdida de disponibilidad de componentes, software, materiales, servicios de reparación, datos técnicos, capacidades de fabricación o proveedores puede afectar la disponibilidad operativa, la mantenibilidad, la configuración y el costo de sostenimiento. La gestión de este riesgo requiere incorporar requisitos de sostenimiento, selección de tecnologías, control de configuración, vigilancia de fuentes de suministro y evaluación de alternativas desde las fases tempranas del ciclo de vida, y no únicamente cuando se detecta una discontinuidad durante la operación.

La revisión documental identificó que los marcos de ciclo de vida, gestión de activos y gestión de obsolescencia aportan elementos complementarios, pero se presentan habitualmente en dominios normativos separados. Los marcos de ciclo de vida definen la secuencia de procesos y decisiones; los documentos de gestión de activos proporcionan criterios de valor, riesgo, desempeño y recursos; y los documentos de obsolescencia establecen procesos de identificación, priorización, mitigación y seguimiento. La necesidad de articular esos elementos constituye el vacío que aborda este artículo.

El objetivo del trabajo es proponer una matriz normativa-funcional multinivel para la gestión del ciclo de vida de sistemas de defensa, mediante la integración de procesos de ciclo de vida, criterios de gestión de activos y actividades de gestión de obsolescencia. La matriz se organiza según fases normalizadas del ciclo de vida y niveles estratégico, táctico y operativo. Su propósito es apoyar la identificación de responsabilidades, entradas de información, productos documentales, puntos de decisión y acciones de sostenimiento asociadas con adquisición, desarrollo, producción, utilización, soporte, modernización y retiro de sistemas de defensa.

La contribución del artículo consiste en proporcionar una estructura de referencia que relacione los procesos de ingeniería con los criterios de gobernanza de activos y las actividades de control de obsolescencia. La propuesta no sustituye las normas ni los marcos nacionales analizados. Su alcance se limita a organizar sus funciones complementarias en una matriz aplicable a organizaciones responsables de la adquisición, operación, mantenimiento, modernización y retiro de sistemas de defensa.

2. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión documental comparativa para identificar y analizar marcos aplicables a la gestión del ciclo de vida de sistemas de defensa, la gestión de activos y la gestión de obsolescencia. El corpus incluyó normas internacionales, documentos de normalización de defensa, directivas de adquisición, guías institucionales, manuales de sostenimiento y literatura científica especializada. El propósito de la revisión fue identificar correspondencias funcionales, mecanismos de decisión, criterios de priorización, productos documentales y variables de adaptación que permitieran construir una matriz normativa-funcional.

Las fuentes se identificaron mediante consultas en Scopus, Web of Science Core Collection, Science Citation Index Expanded, ScienceDirect y SciELO. También se consultaron los portales institucionales de ISO, IEC, OTAN, Ministerio de Defensa del Reino Unido, Departamento de Defensa de Estados Unidos, Presidencia de Industrias de Defensa de Turquía, Ministerio de Defensa de Brasil, European Defence Agency, Federal Aviation Administration y organismos nacionales de normalización. Las consultas se efectuaron entre enero de 2015 y marzo de 2026, con fecha de última revisión el 4 de octubre de 2026.

Las ecuaciones de búsqueda combinaron términos en inglés, español y portugués. En inglés se emplearon los términos *system life cycle management*, *life cycle processes*, *defence acquisition*, *defense acquisition*, *asset management*, *obsolescence management*, *DMSMS*, *sustainment*, *integrated logistics support* y *defence systems*. En español se emplearon gestión del ciclo de vida, ingeniería de defensa, gestión de activos, gestión de obsolescencia, sostenimiento y obsolescencia tecnológica. En portugués se emplearon *gestão do ciclo de vida*, *sistemas de defesa* y *gestão da obsolescência*.

Los documentos se seleccionaron mediante criterios de inclusión y exclusión definidos antes del análisis. Se priorizaron las versiones vigentes de normas y directivas. Los documentos históricos se incorporaron únicamente

cuando aportaban variables metodológicas no disponibles en documentos vigentes y cuando su condición documental se declaró de forma explícita.

La extracción de información se efectuó mediante una matriz de análisis. Para los marcos de ciclo de vida se registraron la finalidad del documento, unidad de gestión, fases, puntos de decisión, tratamiento del sostenimiento, mecanismos de adaptación y productos documentales. Para gestión de activos se registraron objetivos organizacionales, criterios de valor, desempeño, riesgo, costo de ciclo de vida, recursos, Plan Estratégico de Gestión de Activos (*Strategic Asset Management Plan*, SAMP) y Planes de Gestión de Activos (*Asset Management Plans*, AMP). Para gestión de obsolescencia se registraron responsabilidades, objeto de seguimiento, criterios de criticidad, actividades de evaluación, alternativas de mitigación, mecanismos de trazabilidad y productos documentales.

La comparación se realizó mediante normalización funcional. Las fases de concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro establecidas en ISO/IEC/IEEE 15288:2023 se emplearon como referencia temporal para relacionar fases de los documentos sectoriales. La normalización no supone equivalencia normativa ni sustitución de requisitos nacionales o sectoriales; permite identificar en qué fase se sitúan procesos de ingeniería, decisiones de adquisición, criterios de gestión de activos y actividades de gestión de obsolescencia.

Para el ecosistema estadounidense se distinguieron tres niveles documentales. La DoDI 5000.02 [11] se examinó como marco de operación del *Adaptive Acquisition Framework*; la DoDI 5000.85 [14] se examinó como documento rector del *Major Capability Acquisition Pathway*; y la DoDI 4245.15 [15], junto con SD-22 [16], se examinaron como marco de política, responsabilidades y buenas prácticas para la gestión de *Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages* (DMSMS). Esta separación evitó atribuir a una única fuente las funciones de gobernanza de adquisición, secuencia de fases y gestión de obsolescencia.

El corpus final se organizó en tres grupos funcionales: arquitecturas del ciclo de vida, gestión de activos y gestión de obsolescencia. La tabla 1 presenta los documentos normativos centrales y la función analítica asignada a cada uno.

Tabla 1. Documentos normativos centrales y función analítica. Fuente: elaboración propia

Grupo funcional		Documento	Tipo documental		Función analítica
Arquitectura ciclo de vida	del	ISO/IEC/IEEE 15288:2023		Norma internacional	Normalización funcional de fases y procesos del ciclo de vida
Arquitectura ciclo de vida	del	ISO/IEC/IEEE 24748-1:2024		Guía internacional	Gestión y adaptación de modelos de ciclo de vida
Arquitectura ciclo de vida	del	AAP-20:2015		Marco OTAN	Fases de programa y gestión de ciclo de vida en defensa multinacional
Arquitectura ciclo de vida	del	CADMID/T		Marco británico de adquisición	Evaluación, demostración, fabricación, servicio y disposición
Arquitectura ciclo de vida	del	TSSÖDYP-01:2021		Guía nacional turca	Gestión del ciclo de vida y articulación con sostenimiento
Arquitectura ciclo de vida	del	MD40-M-01:2019		Manual brasileño oficial	Integración entre ciclo de vida, apoyo logístico, configuración y obsolescencia
Arquitectura ciclo de vida	del	DoDI 5000.02		Instrucción DoD	Gobernanza del AAF y adaptación de rutas de adquisición
Arquitectura ciclo de vida	del	DoDI 5000.85		Instrucción DoD	Fases, hitos y decisiones del MCA Pathway
Gestión activos	de	ISO 55000:2024		Norma internacional	Principios, terminología, valor, riesgo y objetivos organizacionales
Gestión activos	de	ISO 55001:2024		Norma internacional	Requisitos del sistema de gestión de activos, planificación y mejora
Gestión obsolescencia	de	IEC 62402:2019		Norma internacional	Proceso general de gestión de obsolescencia
Gestión obsolescencia	de	DoDI 4245.15		Instrucción DoD	Política, responsabilidades y procedimientos de gestión DMSMS
Gestión obsolescencia	de	SD-22:2022		Guía DoD	Buenas prácticas y herramientas DMSMS
Gestión obsolescencia	de	JSP 886 V7 Part 8.13		Manual MoD histórico	Antecedente metodológico de criterios de priorización
Gestión obsolescencia	de	TSSÖDYP-08/01:2021		Guía nacional turca	Variables de dependencia de fuentes de suministro
Gestión obsolescencia	de	MD40-M-01:2019		Manual brasileño oficial	Obsolescencia asociada con ciclo de vida y configuración
Gestión obsolescencia	de	GOST R 56129-2014		Norma nacional rusa	Adaptación sectorial de obsolescencia para apoyo logístico integrado de productos militares de exportación
Gestión obsolescencia	de	GOST R IEC 62402-2023		Norma nacional rusa	Adopción idéntica de IEC 62402:2019 para gestión de obsolescencia durante el ciclo de vida

Gestión de obsolescencia	de STANAG 4597:2010	Acuerdo de normalización OTAN	de Referencia de planificación de obsolescencia en programas de defensa
--------------------------	---------------------	-------------------------------	---

Nota: Los documentos transversales se incluyen en más de un grupo cuando aportan variables a varias dimensiones de la matriz.

El JSP 886 V7 Part 8.13 [17] se incorporó como antecedente metodológico. El documento no se utiliza como disposición administrativa vigente ni como requisito aplicable fuera del Ministerio de Defensa del Reino Unido. Su uso se limita a extraer criterios transferibles de priorización, tales como criticidad operacional, vida útil remanente, tasa de consumo y dependencia de fuente de suministro. Estos criterios se compararon con los establecidos en IEC 62402, SD-22 y TSSÖDYP-08/01 [18].

3. Arquitecturas del ciclo de vida y mecanismos institucionales de implementación

3.1. Correspondencia funcional de las arquitecturas de ciclo de vida

Los marcos de ciclo de vida seleccionados se compararon mediante cinco variables: unidad de gestión, segmentación temporal, mecanismos de decisión, tratamiento del sostenimiento y mecanismos de adaptación. La comparación no tuvo como finalidad determinar la superioridad de un modelo sobre otro. Se orientó a identificar fases funcionalmente equivalentes y mecanismos institucionales que pudieran incorporarse a la matriz de integración normativa.

La ISO/IEC/IEEE 15288:2023 establece procesos aplicables durante el ciclo de vida de sistemas creados por el ser humano, desde concepto hasta retiro. Para normalizar la comparación, se utilizaron las fases de concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro. Estas fases constituyen una referencia temporal; no representan un ciclo contractual obligatorio ni sustituyen los puntos de aprobación definidos por marcos nacionales o sectoriales.

La AAP-20:2015 organiza los programas de defensa de la OTAN en preconcepto, concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro. La etapa de preconcepto permite ubicar actividades de identificación de necesidad, análisis inicial de capacidad, definición de restricciones de sostenimiento y evaluación preliminar de riesgos antes de la fase de concepto [19, 20, 21]. El modelo CADMID/T del Reino Unido emplea las fases *Concept*, *Assessment*, *Demonstration*, *Manufacture*, *In-Service* y *Disposal/Terminate*. En términos funcionales, *Assessment* y *Demonstration* se asocian con desarrollo; *Manufacture* con producción; *In-Service* con utilización y soporte; y *Disposal/Terminate* con retiro.

El marco TSSÖDYP-01:2021 proporciona un modelo nacional turco de gestión del ciclo de vida de sistemas de defensa y vincula la planificación del ciclo de vida con las actividades de sostenimiento. El Manual MD40-M-01 de Brasil estructura el ciclo de vida de sistemas de defensa en concepción, desarrollo, producción, operación, apoyo y desfazamiento. El documento incorpora apoyo logístico, gestión de configuración y obsolescencia dentro de la gestión del ciclo de vida.

En Estados Unidos, la DoDI 5000.02 regula la operación del *Adaptive Acquisition Framework* y la selección de rutas de adquisición según las características, riesgo y urgencia de la capacidad requerida. La DoDI 5000.85 regula específicamente el *Major Capability Acquisition Pathway*, que incluye *Materiel Solution Analysis*, *Technology Maturation and Risk Reduction*, *Engineering and Manufacturing Development*, *Production and Deployment* y *Operations and Support*, seguido de las actividades de disposición final. La comparación se efectúa por función de la fase y no por identidad terminológica. [14, 22, 23, 24, 25]

Tabla 2. Correspondencia funcional de las arquitecturas del ciclo de vida. Fuente: elaboración propia

Función normalizada	ISO/IEC/IEEE 15288:2023	AAP-20:2015	CADMID/T	MCA Pathway	MD40-M-01, Brasil	Uso en la matriz
Preparación de la necesidad	Concepto	Preconcepto y concepto	Concept	<i>Materiel Solution Analysis</i>	Concepção	Necesidad operacional, capacidad requerida, restricciones de sostenimiento y riesgo inicial
Desarrollo de la solución	Desarrollo	Desarrollo	<i>Assessment y Demonstration</i>	<i>Technology Maturation and Risk Reduction; Engineering and Manufacturing Development</i>	Desenvolvimento	Requisitos, arquitectura, interfaces, reducción de riesgos y planificación de sostenimiento
Producción o adquisición	Producción	Producción	<i>Manufacture</i>	<i>Production and Deployment</i>	Produção	Producción, aceptación, transición y control de configuración
Empleo y sostenimiento	Utilización y soporte	Utilización y soporte	<i>In-Service</i>	<i>Operations and Support</i>	Operação y apoio	Operación, mantenimiento, apoyo logístico, gestión de activos y obsolescencia
Cierre	Retiro	Retiro	<i>Disposal/Terminate</i>	Disposición final	Desfazimen-to	Retiro, disposición, preservación de

Nota: La correspondencia es funcional y se utiliza para fines de comparación. No supone equivalencia normativa ni sustitución entre documentos.

La tabla 2 indica que los marcos examinados cubren funciones equivalentes a lo largo del ciclo de vida, aunque emplean diferente segmentación y distintos instrumentos de decisión. La correspondencia funcional permite asignar procesos de ingeniería, criterios de gestión de activos y actividades de obsolescencia a fases comparables del ciclo de vida. Este resultado constituye la dimensión temporal de la matriz propuesta en la Sección 6.

3.2. Adaptación de modelos de ciclo de vida

La ISO/IEC/IEEE 24748-1:2024 proporciona orientación para la gestión del ciclo de vida de sistemas y software, complementando los procesos establecidos en la ISO/IEC/IEEE 15288 y la ISO/IEC/IEEE 12207. En este artículo, la guía se emplea para establecer que la aplicación de los procesos debe adaptarse a las características del sistema, del programa y de la organización responsable.

La adaptación se evaluó mediante seis variables: criticidad operacional, complejidad e interdependencia, madurez tecnológica, vida útil prevista, riesgo de suministro y capacidad de sostenimiento. Estas variables determinan el alcance de las actividades técnicas, la cantidad de evidencia requerida, la frecuencia de revisión y la profundidad de los productos documentales.

Tabla 3. Criterios de adaptación para la aplicación de la matriz. Fuente: elaboración propia

Variable de adaptación	Condición observada	Implicación para ciclo de vida	Implicación para activos y obsolescencia
Criticidad operacional	El sistema afecta directamente misión, seguridad o continuidad de capacidad	Requiere decisiones formales, revisión independiente y mayor evidencia de verificación	Prioriza activos críticos y establece umbrales de riesgo y contingencias
Complejidad e interdependencia	Interfaces con otros sistemas, software, infraestructura u organizaciones	Requiere control de interfaces, configuración y coordinación entre responsables	Evalúa efectos de cambios, sustituciones y dependencias técnicas
Madurez tecnológica	Tecnología nueva, no probada o de rápida evolución	Incrementa reducción de riesgo, demostración y verificación antes de producción	Requiere vigilancia tecnológica y evaluación temprana de obsolescencia
Vida útil prevista	Operación prolongada o modernizaciones sucesivas	Planifica actualización, modificación y retiro desde fases tempranas	Incorpora pronóstico de obsolescencia, inventarios críticos y estrategias de mitigación
Riesgo de suministro	Fuente única, dependencia externa, discontinuidad de proveedor o falta de datos	Integra requisitos de apoyo y alternativas de abastecimiento en concepto y desarrollo	Evalúa proveedores, datos técnicos, reparación, rediseño y fuentes alternativas
Capacidad de sostenimiento	Limitaciones o fortalezas en mantenimiento, ensayo, reparación, rediseño o fabricación	Ajusta alcance de desarrollo, validación y apoyo	Selecciona alternativas técnicamente ejecutables y verificables

La tabla 3 transforma la adaptación en un criterio operativo de aplicación. Por ejemplo, un sistema de alta criticidad, larga vida útil y dependencia de una fuente única requiere mayor profundidad en la gestión de configuración, planificación de sostenimiento, vigilancia de obsolescencia y evaluación de alternativas. En contraste, un sistema de menor criticidad o vida útil limitada puede aplicar controles proporcionales al riesgo identificado.

3.3. Mecanismos institucionales de implementación

Los documentos nacionales y sectoriales complementan la arquitectura temporal mediante mecanismos institucionales de implementación. La AAP-20 incorpora preconcepto como etapa de preparación de necesidades y gestión inicial del programa. CADMID/T separa evaluación y demostración antes de fabricación, estableciendo puntos de aprobación previos a la producción. TSSÖDYP-01 incorpora la planificación de sostenimiento dentro de la gestión de ciclo de vida. MD40-M-01 integra apoyo logístico, configuración y obsolescencia dentro de un marco nacional de ciclo de vida. La DoDI 5000.02 establece la adaptación de rutas de adquisición, mientras la DoDI 5000.85 incorpora decisiones de desarrollo de material, hitos A, B y C, decisiones de producción y despliegue, y transición a operaciones y apoyo. [11,26]

Tabla 4. Mecanismos institucionales incorporados a la matriz. Fuente: elaboración propia

Marco	Mecanismo identificado	Uso en la matriz normativa-funcional
AAP-20:2015	Preconcepto y gestión de programa por fases	Ubica decisiones tempranas de necesidad, sostenimiento, activos y riesgo de suministro
CADMID/T	Evaluación y demostración antes de fabricación	Establece controles previos a producción y transición al servicio
TSSÖDYP-01:2021	Gestión de ciclo de vida vinculada con sostenimiento	Integra requisitos de apoyo desde fases iniciales

MD40-M-01:2019	Ciclo de vida, configuración, apoyo logístico y obsolescencia	Vincula requisitos de obsolescencia con configuración y apoyo
DoDI 5000.02	Adaptación de rutas de adquisición y supervisión	Ajusta profundidad de procesos y decisiones según características del programa
DoDI 5000.85	Hitos y decisiones de adquisición MCA	Introduce puntos de control para madurez, producción, despliegue y sostenimiento

3.4. Conclusiones parciales

La comparación de los marcos de ciclo de vida permitió establecer correspondencias funcionales entre actividades de definición de necesidad, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro. Los documentos examinados no son equivalentes: difieren en propósito institucional, unidad de gestión, denominación de fases, productos documentales y mecanismos de aprobación. Sin embargo, la normalización funcional permite ubicar sus fases dentro de una secuencia temporal común.

La ISO/IEC/IEEE 15288:2023 se emplea como referencia de normalización funcional porque sus fases permiten clasificar las actividades examinadas sin sustituir los requisitos de marcos nacionales y sectoriales. La ISO/IEC/IEEE 24748-1:2024 aporta criterios de adaptación para determinar la profundidad de aplicación de procesos y productos documentales según criticidad, complejidad, vida útil, riesgo de suministro y capacidad de sostenimiento.

El resultado de esta sección se incorpora a la matriz de integración mediante dos dimensiones. La primera es temporal y comprende concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro. La segunda está formada por mecanismos institucionales: preconcepto, evaluación, demostración, adaptación de rutas, hitos de decisión, planificación de sostenimiento y control de transición entre fases. Estas dimensiones permiten vincular, en las secciones siguientes, los criterios de gestión de activos y las actividades de gestión de obsolescencia con las decisiones del ciclo de vida.

4. Gestión de activos como capa de gobernanza

La sección 3 estableció una secuencia temporal para relacionar las fases de ciclo de vida de los sistemas de defensa. Sin embargo, dicha secuencia no determina por sí misma qué objetivos deben priorizarse, qué riesgos son aceptables, cómo se asignan los recursos o qué condiciones justifican la continuidad, modernización o retirada de un sistema. Para incorporar estos criterios, se analizan ISO 55000:2024 e ISO 55001:2024 como referencias para la gestión de activos. [4, 27, 28]

ISO 55000:2024 proporciona fundamentos, principios y terminología para la gestión de activos. ISO 55001:2024 establece los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de activos. En el presente artículo, estos documentos no se utilizan para sustituir los procesos de ingeniería de sistemas ni los procedimientos de mantenimiento, configuración u obsolescencia. Se utilizan para identificar criterios de gobernanza que deben acompañar las decisiones técnicas del ciclo de vida: valor para la misión, desempeño requerido, riesgo, costo de ciclo de vida, disponibilidad de recursos y capacidad de sostenimiento.

La integración de gestión de activos con el ciclo de vida permite evaluar alternativas técnicas en función de criterios organizacionales explícitos. Por ejemplo, ante un caso de obsolescencia, una alternativa puede ser técnicamente viable, pero no resultar prioritaria si compromete la disponibilidad de una capacidad crítica, excede los recursos disponibles, no puede verificarse con los medios existentes o genera un riesgo no aceptable para la configuración del sistema. La gestión de activos proporciona los criterios para priorizar la decisión; la solución técnica se determina mediante procesos de ingeniería, control de configuración, mantenimiento y gestión de obsolescencia.

4.1. Variables de gestión de activos

La revisión de los documentos de gestión de activos permitió seleccionar seis variables que se incorporan a la matriz normativa-funcional: valor para la misión, desempeño requerido, riesgo, costo de ciclo de vida, disponibilidad de recursos y capacidad de sostenimiento. Estas variables permiten evaluar decisiones técnicas durante las fases de concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro.

El valor para la misión expresa la contribución esperada del sistema a los objetivos de defensa establecidos por la organización responsable. El desempeño requerido comprende parámetros de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, seguridad y capacidad operacional que deben mantenerse durante la vida útil. El riesgo incluye eventos o condiciones que pueden afectar el desempeño, entre ellos fallos, cambios de configuración, dependencia de fuentes, discontinuidad de componentes, pérdida de datos técnicos o insuficiencia de capacidades de apoyo. El costo de ciclo de vida integra los recursos asociados con adquisición, operación, mantenimiento, modificación y retiro. La disponibilidad de recursos comprende presupuesto, personal competente, infraestructura, equipos de prueba, inventarios e información técnica. La capacidad de sostenimiento determina si la organización posee o puede desarrollar medios para mantener, reparar, verificar, modificar o retirar el sistema de forma controlada.

Tabla 5. Variables de gestión de activos incorporadas a la matriz. Fuente: elaboración propia

Variable	Pregunta de decisión	Información requerida	Aplicación en la matriz
----------	----------------------	-----------------------	-------------------------

Valor para la misión	¿Qué capacidad o resultado operacional debe protegerse?	Requisitos de capacidad, criticidad de misión y prioridad institucional	Define criterios estratégicos de priorización
Desempeño requerido	¿Qué niveles de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad deben mantenerse?	Requisitos técnicos, indicadores de desempeño e historial operacional	Define umbrales para evaluar alternativas
Riesgo	¿Qué eventos o condiciones pueden impedir el desempeño requerido?	Registro de riesgos, fallos, obsolescencia, dependencia de proveedor y vulnerabilidades logísticas	Prioriza medidas de control y mitigación
Costo de ciclo de vida	¿Qué recursos demanda cada alternativa durante la vida útil remanente?	Estimaciones de adquisición, mantenimiento, rediseño, operación, disposición y almacenamiento	Compara factibilidad económica y asignación de recursos
Disponibilidad de recursos	¿La organización dispone de presupuesto, personal, instalaciones, datos y equipos de prueba?	Inventarios, competencias, infraestructura, documentación y presupuesto	Determina viabilidad de implementación
Capacidad de sostenimiento	¿Puede la organización mantener, reparar, verificar o modificar el sistema?	Capacidades de mantenimiento, reparación, ensayo, producción y configuración	Selecciona medidas técnicamente ejecutables

4.2. Traducción de objetivos a planes y actividades

La aplicación de la gestión de activos requiere convertir objetivos organizacionales en decisiones, planes y actividades verificables. Para este propósito, la propuesta utiliza tres niveles de integración: estratégico, táctico y operativo. Esta clasificación no representa fases del ciclo de vida ni una estructura exclusiva de la ISO 55000. Constituye una forma de organizar las responsabilidades, decisiones y productos documentales que se incorporan a la matriz. [4,29]

En el nivel estratégico se establecen los objetivos de capacidad, criterios de valor, desempeño esperado, tolerancia al riesgo y condiciones para continuidad, modernización o retiro.

En el nivel táctico se definen planes de gestión, presupuestos, prioridades, indicadores, requerimientos de información y reglas de escalamiento.

En el nivel operativo se ejecutan actividades de mantenimiento, gestión de configuración, inspección, operación, control de inventarios, evaluación de casos de obsolescencia y verificación de cambios.

La política de gestión de activos expresa los principios que orientan las decisiones sobre activos. El Plan Estratégico de Gestión de Activos (*Strategic Asset Management Plan*, SAMP) documenta el enfoque para convertir los objetivos organizacionales en objetivos y planes de gestión de activos. Los Planes de Gestión de Activos (*Asset Management Plans*, AMP) especifican actividades, recursos, costos, responsables y plazos para activos o grupos de activos. Estos instrumentos se emplean en la matriz como productos documentales de gestión, vinculados con las fases del ciclo de vida y con las actividades de sostenimiento. [29,30,31,32,33]

Tabla 6. Aplicación de la gestión de activos en los niveles de integración. Fuente: elaboración propia

Nivel de integración	Instrumento de gestión	Decisión principal	Relación con ciclo de vida	Relación con obsolescencia
Estratégico	Política de gestión de activos y objetivos organizacionales	Define valor, desempeño, tolerancia al riesgo y criterios de continuidad o retiro	Orienta decisiones de concepto, modernización y retiro	Establece prioridad de activos críticos y tolerancia al riesgo de suministro
Táctico	SAMP	Traduce objetivos en prioridades, planes, recursos e indicadores	Vincula objetivos con adquisición, sostenimiento, modificación y retiro	Incorpora planes de obsolescencia, criterios de priorización y contingencias
Operativo	AMP	Ejecuta actividades, asigna recursos y controla resultados	Apoya operación, mantenimiento, modificación y retiro	Ejecuta vigilancia, evaluación, mitigación y registro de casos

Nota: SAMP: *Strategic Asset Management Plan*; AMP: *Asset Management Plan*.

4.3. Relación con sostenimiento y obsolescencia

La gestión de activos permite integrar la obsolescencia en decisiones de sostenimiento sin tratarla como un fenómeno aislado. La identificación de una discontinuidad de suministro o de un componente no determina por sí misma la medida aplicable. La alternativa seleccionada debe considerar el valor de la capacidad afectada, criticidad operacional, desempeño requerido, tiempo disponible, vida útil remanente, configuración, recursos, capacidad de validación y capacidad de sostenimiento.

Por ejemplo, una sustitución controlada puede ser técnicamente factible, pero requerir modificaciones de interfaz, verificación, actualización de datos técnicos y aprobación de cambios. Un rediseño puede reducir la dependencia de una fuente, pero exigir recursos de ingeniería, ensayos, certificación y un plazo incompatible con los requisitos de disponibilidad. La gestión de activos proporciona criterios para priorizar estas opciones y asignar recursos, mientras la gestión de obsolescencia proporciona el proceso para identificarlas, evaluarlas y documentarlas.

4.4. Conclusiones parciales

La gestión de activos incorpora a la propuesta criterios de gobernanza que permiten evaluar decisiones técnicas del ciclo de vida en función de valor para la misión, desempeño requerido, riesgo, costo de ciclo de vida, disponibilidad de recursos y capacidad de sostenimiento. Los marcos analizados en la Sección 3 proporcionan una secuencia temporal y mecanismos de decisión; la ISO 55000 e ISO 55001 aportan criterios para justificar, priorizar y controlar decisiones relativas a activos durante dichas fases.

La contribución de esta sección a la matriz normativa-funcional corresponde a la dimensión de gobernanza. En el nivel estratégico se incorporan objetivos, criterios de valor, tolerancia al riesgo y decisiones de continuidad, modernización o retiro. En el nivel táctico se incorporan planes, prioridades, recursos, indicadores y requisitos de información. En el nivel operativo se vinculan mantenimiento, gestión de configuración, inventarios y actividades de sostenimiento con los objetivos organizacionales aprobados.

Los documentos de gestión de activos no proporcionan métodos específicos para resolver obsolescencia de componentes, rediseño electrónico, sustitución controlada o dependencia de proveedores. Estos aspectos se abordan mediante la IEC 62402, el DoDI 4245.15, la SD-22 y los procesos de ingeniería y configuración aplicables. La función de gestión de activos dentro de la propuesta es asegurar que la selección de medidas técnicas responda a criterios explícitos de desempeño, riesgo, recursos y capacidad de sostenimiento.

5. Gestión proactiva de la obsolescencia

La gestión de obsolescencia se considera en este estudio como un proceso transversal del ciclo de vida, orientado a controlar el riesgo asociado con la pérdida de disponibilidad de componentes, materiales, software, datos técnicos, servicios de reparación, capacidades de fabricación o fuentes de suministro. Su efecto potencial no se limita al mantenimiento correctivo: puede afectar la disponibilidad operativa, la mantenibilidad, la configuración, la seguridad, el costo de sostenimiento y el cumplimiento de los requisitos del sistema.

En sistemas de defensa de larga vida útil, la obsolescencia debe tratarse desde las fases de concepto y desarrollo. Las decisiones sobre arquitectura, selección de tecnologías, modularidad, interfaces, fuentes de suministro, datos técnicos y capacidad de reparación condicionan las alternativas disponibles durante la operación. La gestión reactiva de un caso de discontinuidad, una vez comprometido el inventario o interrumpido el suministro, reduce el tiempo disponible para analizar alternativas, validar cambios y restablecer la capacidad requerida. Por ello, los documentos analizados sitúan la identificación, evaluación y mitigación de obsolescencia dentro de un proceso continuo de gestión del ciclo de vida.

La finalidad de esta sección es determinar los procesos, criterios de priorización, mecanismos de decisión y productos documentales que deben incorporarse a la matriz de integración. Se analizaron la IEC 62402:2019, la DoDI 4245.15, la SD-22:2022, el JSP 886 V7 Part 8.13, el TSSÖDYP-08/01:2021, el MD40-M-01, el GOST R 56129-2014, el GOST R IEC 62402-2023 y el STANAG 4597. La comparación se realizó mediante seis variables: organización responsable, objeto de seguimiento, criterios de evaluación, mecanismos de priorización, alternativas de mitigación y productos documentales.

5.1. Proceso de gestión y variables de priorización

La IEC 62402:2019 proporciona requisitos y orientación para establecer un sistema de gestión de obsolescencia en organizaciones que dependen de objetos, materiales, software o servicios suministrados por terceros. El documento contempla política, responsabilidades, infraestructura, planificación, estrategias de diseño, evaluación de riesgo, resolución de casos y medición del desempeño. En este trabajo, dichos elementos se utilizan para estructurar el proceso transversal de gestión de obsolescencia y para identificar los productos documentales requeridos para mantener la trazabilidad de las decisiones. []

La DoDI 4245.15 establece política, responsabilidades y procedimientos para gestionar *Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages* (DMSMS) en el Departamento de Defensa de Estados Unidos. La guía SD-22 complementa este marco mediante prácticas, herramientas y métodos de implementación de programas DMSMS durante el ciclo de vida. Ambos documentos vinculan la gestión DMSMS con ingeniería de sistemas, logística, apoyo al producto, contratación, mantenimiento, cadena de suministro y sostenimiento. [16,34]

Como resultado de la comparación se definieron seis actividades recurrentes: preparación, identificación, evaluación, análisis, implementación y seguimiento. Estas actividades no constituyen fases independientes del ciclo de vida. Se ejecutan de forma iterativa desde concepto hasta retiro, con profundidad proporcional a la criticidad operacional, vida útil remanente, complejidad, dependencia de suministro y capacidad de sostenimiento.

Tabla 7. Proceso transversal de gestión de obsolescencia incorporado en la matriz. Fuente: elaboración propia

Actividad	Pregunta de control	Información requerida	Producto documental
Preparación	¿Están definidos alcance, responsables, recursos, criterios de escalamiento y reglas de decisión?	Política, inventario de sistemas, roles, alcance y criterios de criticidad	Plan de Gestión de Obsolescencia

Identificación	¿Qué ítems, fuentes, materiales, software o capacidades presentan riesgo de discontinuidad?	Lista de materiales, configuración, proveedores, avisos, historial de mantenimiento e información técnica	Registro de vigilancia y casos de obsolescencia
Evaluación	¿Cuál es el efecto sobre misión, disponibilidad, seguridad, costo, plazo y configuración?	Criticidad, inventario, consumo, vida útil remanente, dependencia de fuente y requisitos operacionales	Clasificación de riesgo y prioridad de atención
Análisis	¿Qué alternativas cumplen requisitos técnicos, de sostenimiento y de configuración?	Requisitos, interfaces, datos técnicos, recursos, capacidad de ensayo y mantenimiento	Análisis de alternativas y recomendación técnica
Implementación	¿La alternativa fue aprobada, aplicada, verificada y documentada?	Plan de cambio, recursos, ensayos, autorizaciones y línea base de configuración	Registro de mitigación y evidencia de validación
Seguimiento	¿La medida mantiene su efectividad y sus resultados se incorporan al proceso?	Indicadores, estado de casos, resultados de pruebas y retroalimentación	Informe de desempeño y actualización del plan

La tabla 7 organiza un proceso que puede aplicarse a componentes, materiales, software, proveedores, datos técnicos y capacidades de apoyo. Cada actividad genera información que alimenta decisiones de gestión de activos, configuración, mantenimiento y sostenimiento. La preparación establece el marco organizacional; la identificación y evaluación determinan el riesgo; el análisis selecciona alternativas; la implementación ejecuta la solución autorizada; y el seguimiento registra la efectividad y actualiza los controles aplicables.

5.2. Mecanismos sectoriales de defensa

Los documentos sectoriales se utilizaron para identificar mecanismos que complementan el proceso general de la IEC 62402. La guía SD-22 incorpora prácticas DMSMS en actividades de adquisición, ingeniería, logística de ciclo de vida y apoyo al producto. En consecuencia, la matriz propuesta sitúa la gestión de obsolescencia en los puntos de decisión de concepto, desarrollo, producción, utilización y soporte, en lugar de limitarla a la detección de discontinuidades durante mantenimiento.

Un hito relevante en la convergencia normativa es el reconocimiento explícito de la IEC 62402:2019 por el Departamento de Defensa (DoD) mediante su *Tier -I Adoption Notice* (29-APR-2020). Esta disposición oficializa la compatibilidad del estándar internacional con los lineamientos nacionales (SD-22, SAE-STD-0016, MIL-STD-3018), habilitando su uso conjunto en contratos militares para definir obligaciones de gestión DMSMS [16, 35]. Dicha legitimación contractual valida la adopción de la norma como referencia base incluso en ecosistemas no alineados (no OTAN), siempre que se adapten sus resoluciones a las capacidades locales de producción, reparación o ingeniería inversa.

El JSP 886 V7 Part 8.13 se emplea como antecedente metodológico. Su utilidad se limita a criterios de priorización asociados con criticidad operacional, vida útil remanente, tasa de consumo y dependencia de fuente. El documento no se presenta como disposición administrativa vigente, sino como una fuente histórica para comparar variables de evaluación de riesgo.

El TSSÖDYP-08/01:2021 incorpora la dependencia de fuente, proveedor y país como variables de análisis de obsolescencia. Para la matriz propuesta, esta contribución se traduce en la evaluación de concentración de proveedores, disponibilidad de fuentes alternativas, acceso a datos técnicos, capacidad local de reparación y tiempo requerido para verificar una solución técnica.

El MD40-M-01 de Brasil integra la gestión de obsolescencia con gestión del ciclo de vida, apoyo logístico y control de configuración. El documento establece seis fases de ciclo de vida: concepción, desarrollo, producción, operación, apoyo y desfasamiento. En este trabajo, el caso brasileño respalda la incorporación de actividades de obsolescencia desde fases tempranas y su vinculación con la configuración técnica del sistema.

La GOST R 56129-2014 es una adopción modificada de IEC 62402:2007 para la gestión de obsolescencia en productos militares de exportación y apoyo logístico integrado. El documento vincula la gestión de obsolescencia con disponibilidad técnica, confiabilidad, costo de ciclo de vida y planificación de medidas de mitigación. La GOST R IEC 62402-2023 es una adopción idéntica de IEC 62402:2019, vigente desde enero de 2024, aplicable a organizaciones dependientes de objetos suministrados por terceros y a todas las etapas de ciclo de vida. El análisis de ambos documentos permite diferenciar una adaptación sectorial de gestión de obsolescencia para productos militares de exportación de una adopción nacional de alcance general.

El STANAG 4597 se utiliza como referencia de planificación de obsolescencia dentro de programas de defensa de la OTAN. La edición examinada remite a IEC 62402:2007; por tanto, no se emplea como evidencia de adopción de IEC 62402:2019.

Tabla 8. Proceso transversal de gestión de obsolescencia incorporado en la matriz. Fuente: elaboración propia

Documento	Elemento analizado	Variable incorporada a la matriz	Nivel de integración
IEC 62402:2019	Política, responsabilidades, plan, evaluación y resolución	Proceso general de gestión de obsolescencia	Táctico y operativo

DoDI 4245.15	Responsabilidades, procedimientos y gestión DMSMS	Roles, escalamiento, recursos y aplicación durante el ciclo de vida	Estratégico, táctico y operativo
SD-22:2022	Buenas prácticas DMSMS	Identificación de casos, análisis de impacto, alternativas y seguimiento	Táctico y operativo
JSP 886 V7 Part 8.13	Priorización de casos	Criticidad, vida útil remanente, consumo y dependencia de fuente	Táctico
TSSÖDYP-08/01:2021	Dependencia de fuentes de suministro	Concentración de proveedores, origen, datos técnicos y capacidad local	Estratégico, táctico y operativo
MD40-M-01:2019	Integración con ciclo de vida y configuración	Actividades de obsolescencia desde concepción hasta apoyo	Estratégico, táctico y operativo
GOST R 56129-2014	Gestión sectorial en apoyo logístico integrado	Estrategias activas o pasivas; disponibilidad técnica, confiabilidad y costo de ciclo de vida	Táctico y operativo
GOST R IEC 62402-2023	Adopción nacional de IEC 62402:2019	Aplicación de gestión de obsolescencia durante el ciclo de vida	Estratégico, táctico y operativo
STANAG 4597:2010	Planificación de obsolescencia en defensa OTAN	Referencia de planificación para programas de defensa	Estratégico y táctico

5.3. Criterios para seleccionar medidas de mitigación

La detección de una discontinuidad no determina por sí misma la solución aplicable. Las medidas de mitigación se seleccionan mediante un análisis documentado de alternativas que considere requisitos operacionales, criticidad del ítem, tiempo disponible, vida útil remanente, configuración, datos técnicos, capacidad de validación, recursos disponibles y dependencia de suministro.

Las alternativas pueden incluir adquisición anticipada, mantenimiento de existencias, sustitución controlada, reparación, rediseño, emulación, migración tecnológica, recuperación de componentes o retiro del elemento afectado. La selección de una alternativa debe ser autorizada por la organización responsable y cumplir requisitos de ingeniería, seguridad, configuración, calidad, propiedad intelectual, control de exportaciones y regulación aplicable.

Las medidas tales como ingeniería inversa, fabricación local o recuperación de componentes no se presentan como estrategias prescritas por la IEC 62402, el DoDI 4245.15 o la SD-22. Solo pueden evaluarse cuando son legales, autorizadas, técnicamente verificables, compatibles con las configuraciones aprobadas y sostenibles durante el período de operación previsto.

5.4. Conclusiones parciales

La comparación de la IEC 62402, el DoDI 4245.15, la SD-22, el JSP 886, el TSSÖDYP-08/01, el MD40-M-01, la GOST R 56129-2014, la GOST R IEC 62402-2023 y el STANAG 4597 permitió identificar un proceso común compuesto por preparación, identificación, evaluación, análisis, implementación y seguimiento. Los documentos difieren en alcance institucional, nivel de detalle, criterios de priorización y productos documentales; sin embargo, coinciden en la necesidad de establecer responsabilidades, evaluar riesgos, seleccionar alternativas documentadas, controlar la implementación y conservar trazabilidad.

El resultado principal de esta sección es la incorporación de la gestión de obsolescencia como proceso transversal del ciclo de vida. En concepto y desarrollo, contribuye a definir requisitos de sostenimiento, selección de tecnologías, modularidad, interfaces, datos técnicos y fuentes de suministro. En producción, permite consolidar listas de materiales, fuentes de suministro y registros de configuración. En utilización y soporte, permite vigilar discontinuidades, priorizar casos, analizar alternativas, ejecutar cambios y verificar resultados. En retiro, contribuye a gestionar disposición, recuperación de elementos, preservación de información y cierre de registros.

La contribución a la matriz corresponde principalmente a los niveles táctico y operativo. El nivel táctico incluye el Plan de Gestión de Obsolescencia, clasificación de criticidad, criterios de priorización, reglas de escalamiento y análisis de alternativas. El nivel operativo incluye registros de casos, vigilancia de ítems y fuentes, control de configuración, evaluación técnica, implementación de medidas y seguimiento de resultados. Estos elementos se vinculan con los criterios estratégicos de valor, desempeño, riesgo y asignación de recursos definidos en la Sección 4.

6. Propuesta de integración multinivel

Las conclusiones parciales de las secciones anteriores permiten estructurar una propuesta de integración normativa para la gestión del ciclo de vida de sistemas de defensa. La propuesta se deriva de tres resultados. Primero, los documentos de ciclo de vida presentan correspondencias funcionales entre las actividades de concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro, aunque difieren en denominación, unidad de gestión y mecanismos de aprobación. Segundo, la gestión de activos incorpora criterios de valor para la misión, desempeño, riesgo, costo de ciclo de vida, recursos y capacidad de sostenimiento. Tercero, la gestión de obsolescencia proporciona un proceso transversal de preparación, identificación, evaluación, análisis, implementación y seguimiento.

Los documentos analizados cumplen funciones complementarias. Los marcos de ciclo de vida organizan procesos, fases y decisiones de programa; la ISO 55000 e ISO 55001 proporcionan criterios para relacionar las decisiones con objetivos organizacionales, desempeño, riesgo y recursos; la IEC 62402, el DoDI 4245.15 y la SD-22 aportan procesos de gestión de obsolescencia y DMSMS. La propuesta no presupone incompatibilidad entre estos documentos ni plantea su sustitución por un nuevo estándar. Su finalidad es definir correspondencias entre fases, decisiones, responsables, información de entrada, productos documentales y criterios de escalamiento.

La matriz normativa-funcional propuesta comprende tres dimensiones. La primera dimensión es temporal y utiliza las fases normalizadas de concepto, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro. La segunda dimensión es organizacional y comprende los niveles estratégico, táctico y operativo. La tercera dimensión integra las funciones de ingeniería de sistemas, gestión de activos y gestión de obsolescencia. La matriz permite asignar procesos, criterios de priorización, responsables, información requerida y productos documentales a cada combinación de fase y nivel de decisión.

La propuesta no constituye una nueva norma ni establece procedimientos únicos de adquisición o sostenimiento. Su aplicación debe adaptarse al tipo de sistema, criticidad operacional, vida útil prevista, complejidad, riesgo de suministro, disponibilidad de datos técnicos y capacidad de sostenimiento de la organización responsable.

6.1. Estructura multinivel

El nivel estratégico establece objetivos organizacionales, criterios de valor para la misión, desempeño requerido, tolerancia al riesgo, prioridad de activos y condiciones para continuidad, modernización o retiro. El nivel táctico convierte esos criterios en planes, presupuestos, prioridades, indicadores, responsabilidades, reglas de escalamiento y requisitos de información. El nivel operativo ejecuta actividades de ingeniería, mantenimiento, gestión de configuración, vigilancia de obsolescencia, análisis de alternativas, control de inventarios, verificación de cambios y actualización de registros.

Tabla 10. Estructura multinivel de integración normativa. Fuente: elaboración propia

Nivel	Función de ciclo de vida	Función de gestión de activos	Función de gestión de obsolescencia	Producto documental principal
Estratégico	Define criterios de continuidad, modernización y retiro durante el ciclo de vida	Establece objetivos de valor, desempeño, riesgo, recursos y capacidad de sostenimiento	Define política, alcance, criticidad y tolerancia al riesgo de obsolescencia	Política de gestión de activos, criterios de decisión y política de obsolescencia
Táctico	Planifica procesos por fase, puntos de decisión, recursos y responsables	Elabora planes de gestión, indicadores, prioridades y asignación de recursos	Elabora Plan de Gestión de Obsolescencia, clasifica riesgos y analiza alternativas	Planes de ciclo de vida, SAMP, AMP, OMP y registro de riesgos
Operativo	Ejecuta ingeniería, producción, operación, mantenimiento, modificación y retiro	Controla desempeño, recursos, costos, inventarios y actividades de sostenimiento	Vigila discontinuidades, evalúa impactos, implementa medidas y verifica resultados	Registros técnicos, cambios de configuración, casos de obsolescencia y evidencias de validación

Nota: SAMP: *Strategic Asset Management Plan*; AMP: *Asset Management Plan*; OMP: *Obsolescence Management Plan*.

La tabla 10 permite diferenciar las decisiones de gobernanza de las actividades de ejecución. La política de activos y los criterios de riesgo se definen en el nivel estratégico; los planes, indicadores y prioridades se desarrollan en el nivel táctico; y las medidas técnicas, los cambios de configuración y las evidencias de validación se registran en el nivel operativo. Esta distinción permite que las actividades de sostenimiento y obsolescencia respondan a objetivos y criterios previamente aprobados.

6.2. Integración por fase del ciclo de vida

La integración no se limita a superponer documentos normativos. Requiere asignar funciones complementarias a cada fase del ciclo de vida. Los procesos de ingeniería definen y verifican la solución técnica; la gestión de activos aporta criterios de prioridad, desempeño, riesgo y recursos; y la gestión de obsolescencia identifica y controla discontinuidades que pueden afectar la disponibilidad, el sostenimiento o la configuración del sistema.

La tabla 11 constituye el resultado principal del artículo. Cada fila articula una decisión de ciclo de vida, criterios de gestión de activos, actividades de gestión de obsolescencia y productos documentales verificables. La matriz puede emplearse para identificar ausencias de información, duplicidades de proceso o responsabilidades no asignadas. Por ejemplo, una decisión de selección tecnológica en desarrollo puede revisarse para determinar si incorpora requisitos de sostenimiento, datos técnicos, modularidad, fuentes de suministro, capacidad de reparación y gestión de obsolescencia.

Tabla 11. Estructura de integral que articula los tres grupos en tres niveles de gestión. Fuente: elaboración propia

Fase normalizada	Decisión de ciclo de vida	Criterio de gestión de activos	Actividad de gestión de obsolescencia	Producto documental
Concepto	Define necesidad, capacidad requerida y alternativas de solución	Valor para la misión, criticidad, riesgo inicial y capacidad de sostenimiento	Identifica tecnologías, componentes y fuentes críticas; define requisitos de sostenimiento y obsolescencia	Concepto de operación, requisitos iniciales, registro preliminar de riesgos y estrategia de sostenimiento
Desarrollo	Selecciona arquitectura, tecnologías, interfaces y configuración inicial	Desempeño requerido, costo de ciclo de vida, recursos y viabilidad de sostenimiento	Evalúa discontinuidad, dependencia de fuentes, datos técnicos, modularidad y alternativas	Línea base de diseño, OMP, análisis de alternativas y plan de verificación
Producción	Autoriza fabricación, adquisición, aceptación y transición	Disponibilidad de recursos, calidad, costo, configuración y capacidad de soporte	Consolida listas de materiales, fuentes de suministro, inventario inicial y mecanismos de vigilancia	Lista de materiales controlada, registros de proveedores, línea base de producción y plan de monitoreo
Utilización	Opera el sistema conforme a requisitos de misión	Disponibilidad, desempeño, riesgo operacional y uso de recursos	Identifica avisos de discontinuidad, cambios de proveedor, fallos recurrentes y restricciones de apoyo	Indicadores operacionales, registro de casos, informes de riesgo y solicitudes de cambio
Soporte	Mantiene, repara, modifica y recupera la capacidad	Costo de sostenimiento, inventario, recursos, competencias y desempeño	Analiza e implementa sustitución, reparación, rediseño, adquisición anticipada u otras medidas autorizadas	Plan de mitigación, orden de cambio, resultados de ensayo y registro de configuración actualizado
Retiro	Desactiva, dispone, preserva información o recupera componentes	Valor residual, riesgo de disposición, recursos y obligaciones regulatorias	Cierra casos, recupera información técnica e identifica elementos reutilizables o críticos	Plan de retiro, registros de disposición, inventarios actualizados y archivo técnico

6.3. Reglas de adaptación

La aplicación de la matriz requiere ajustar la profundidad de actividades y productos documentales. No todos los sistemas demandan la misma extensión de análisis, evidencia o control. La adaptación debe considerar criticidad operacional, complejidad e interdependencia, madurez tecnológica, vida útil prevista, riesgo de suministro, disponibilidad de información técnica, requisitos regulatorios y capacidad de mantenimiento, reparación, ensayo o modificación.

Para sistemas con alta criticidad, larga vida útil, configuración compleja o dependencia de fuentes únicas, la matriz exige mayor profundidad en gestión de configuración, análisis de obsolescencia, evaluación de proveedores, disponibilidad de datos técnicos, planificación de inventarios y verificación de alternativas. Para sistemas de menor criticidad o con una vida útil limitada, pueden establecerse productos documentales y controles proporcionales al riesgo identificado.

La matriz no prescribe medidas específicas de mitigación. La adquisición anticipada, sustitución, reparación, rediseño, emulación, recuperación de componentes, fabricación autorizada o retiro deben seleccionarse mediante análisis técnico y de sostenimiento. La decisión debe considerar conformidad con requisitos, seguridad, configuración, datos disponibles, capacidad de ensayo, recursos, propiedad intelectual, regulación aplicable y autorización institucional.

6.4. Alcance y limitaciones de la propuesta

La matriz se derivó de una revisión documental comparativa de normas, directivas, guías institucionales y fuentes académicas. Su alcance consiste en organizar correspondencias funcionales entre marcos de ciclo de vida, gestión de activos y gestión de obsolescencia. No constituye evidencia de efectividad operacional ni reemplaza procedimientos nacionales, contractuales, técnicos o regulatorios.

La implementación de la matriz requiere validación posterior mediante estudios de caso, aplicación retrospectiva a sistemas en sostenimiento, evaluación por expertos en ingeniería, logística, gestión de activos y obsolescencia, y definición de indicadores. Entre los indicadores aplicables se incluyen cobertura de requisitos de sostenimiento, tiempo de resolución de casos de obsolescencia, trazabilidad de cambios de configuración, costo de sostenimiento, disponibilidad y riesgo de suministro.

7. Contribución y limitación

La contribución del artículo consiste en organizar elementos normativos y técnicos que suelen aplicarse mediante documentos separados en una estructura de referencia única. La matriz propuesta no reemplaza la ISO/IEC/IEEE 15288, la ISO 55000, la ISO 55001, la IEC 62402 ni los marcos sectoriales de defensa. Su utilidad

consiste en apoyar la identificación de omisiones, duplicidades y discontinuidades entre procesos de ingeniería, decisiones de gestión de activos y acciones de mitigación de obsolescencia.

La propuesta de este trabajo tiene como limitación inherente a su naturaleza documental. La matriz no fue validada mediante aplicación en un programa de adquisición o sostenimiento, evaluación por expertos, simulación o estudio de caso. Su validación posterior debe considerar sistemas de defensa de larga vida útil y especialistas en ingeniería de sistemas, logística, mantenimiento, gestión de activos y gestión de obsolescencia. Esta validación debe evaluar la cobertura de requisitos de sostenimiento, la trazabilidad de decisiones, el tiempo de resolución de casos, el costo de sostenimiento, la disponibilidad y el riesgo de suministro.

Declaración sobre el uso de la Inteligencia Artificial

En la preparación del manuscrito se emplearon herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo para la revisión lingüística, la organización preliminar del texto y detección de inconsistencias formales. Estas herramientas no se utilizaron para sustituir la revisión de fuentes, la selección documental, el análisis normativo, la interpretación de los resultados ni la elaboración de conclusiones. Los autores verificaron las fuentes consultadas, la exactitud técnica del contenido, la trazabilidad de las referencias y la versión final del manuscrito, y asumen plena responsabilidad por su contenido.

Conclusiones

La comparación de la ISO/IEC/IEEE 15288:2023, el AAP-20:2015, el CADMID/T, el TSSÖDYP-01, el MD40-M-01 y los documentos estadounidenses de adquisición permitió establecer correspondencias funcionales entre actividades de definición de necesidad, desarrollo, producción, utilización, soporte y retiro. Los marcos no son equivalentes ni regulan el mismo nivel de gestión; sin embargo, sus fases pueden normalizarse según la función que cumplen dentro del ciclo de vida. Este resultado proporciona la dimensión temporal de la matriz propuesta.

El análisis de la ISO 55000:2024, la ISO 55001:2024 y documentos complementarios de gestión de activos permitió identificar los criterios de gobernanza que deben acompañar las decisiones técnicas: valor para la misión, desempeño requerido, riesgo, costo de ciclo de vida, disponibilidad de recursos y capacidad de sostenimiento. Estos criterios constituyen la dimensión de decisión de la matriz y permiten evaluar alternativas de adquisición, mantenimiento, modificación, extensión de vida útil o retiro con criterios explícitos de prioridad, recursos y riesgo.

La comparación de la IEC 62402:2019, el DoDI 4245.15, la SD-22, el JSP 886, el TSSÖDYP-08/01, el MD40-M-01, la GOST R 56129-2014, la GOST R IEC 62402-2023 y el STANAG 4597 permitió estructurar un proceso transversal de gestión de obsolescencia compuesto por preparación, identificación, evaluación, análisis, implementación y seguimiento. En la matriz propuesta, estas actividades se asignan desde concepto y desarrollo hasta soporte y retiro. El alcance de cada actividad depende de criticidad operacional, vida útil remanente, dependencia de suministro y capacidad de sostenimiento.

La integración de los resultados anteriores dio lugar a una matriz organizada en niveles estratégico, táctico y operativo. El nivel estratégico relaciona objetivos organizacionales, criterios de valor, tolerancia al riesgo y decisiones de continuidad, modernización o retiro. El nivel táctico organiza planes de ciclo de vida, gestión de activos, gestión de obsolescencia, prioridades y asignación de recursos. El nivel operativo vincula actividades de ingeniería, mantenimiento, gestión de configuración, vigilancia de discontinuidades, análisis de alternativas y verificación de cambios. La matriz permite identificar, para cada fase del ciclo de vida, los responsables, la información de entrada, los productos documentales y los puntos de decisión requeridos.

Referencias

1. International Organization for Standardization, ISO. International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISO/IEC/IEEE 15288:2023. Systems and software engineering—System life cycle processes. Geneva: ISO; 2023. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/81702/5bd543dddf94457488c8cd8871897567/ISO-IEC-IEEE-15288-2023.pdf>
2. International Organization for Standardization, ISO. International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISO/IEC/IEEE 24748-1:2024. Systems and software engineering—Life cycle management—Part 1: Guidelines for life cycle management. Geneva: ISO; 2024. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/84709/8c8517bb5b4d4bb2bc21f5918759e8f5/ISO-IEC-IEEE-24748-1-2024.pdf>
3. International Organization for Standardization, ISO. ISO 55000:2024. Asset management—Overview, principles and terminology. Geneva: ISO; 2024. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/83053/c7a77e84adba4194bb69c940a17ac16c/ISO-55000-2024.pdf>
4. International Organization for Standardization, ISO. ISO 55001:2024. Asset management—Asset management system—Requirements. Geneva: ISO; 2024. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/83054/377bcfc492d34363a3338dbcb4bfb2704/ISO-55001-2024.pdf>
5. International Electrotechnical Commission. IEC 62402:2019. Obsolescence management. Geneva: IEC; 2019. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/100055/f04c41217d7f4456a4b17ee01c00685f/IEC-62402-2019.pdf>
6. North Atlantic Treaty Organization, NATO. AAP-20:2015. NATO programme management framework: NATO life cycle model. Edition C, version 1. Brussels: NATO Standardization Office; 2015. <https://tssodyp.ssb.gov.tr/genel/ReferansDokumanlar/AAP-20-2015.pdf>
7. Ministry of Defence. JSP 815 Element 7: Equipment design, manufacture and maintenance. Version 1.2. London: UK: Ministry of Defence; 2024. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66e18469dd4e6b59f0cb2502/JSP_815_-_Element_7_Equipment_design__manufacture_and_maintenance_v1.2.pdf

8. Ministry of Defence. CADMID cycle Internet.. London, UK: RPS Group; 2026. <https://www.rpsgroup.com/consulting-uki/cadm-cycle/>
9. Presidency of Defence Industries, SSB. TSSÖDYP-01:2021 Sistem Ömür Devri Yönetimi Rehberi. Ankara: SSB; 2021. https://tssodypwiki.ssb.gov.tr/images/1/1d/TSSODYP_01_web.pdf
10. Brasil, Ministério da Defesa, Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. MD40-M-01: Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa, 1st ed. Brasília, Brazil: Ministério da Defesa, 2019. <https://standards.ieee.org/ieee/24748-4/11506/>
11. United States Department of Defense, DOD. DoD Instruction 5000.02: Operation of the Adaptive Acquisition Framework. Washington (DC): Department of Defense; 2020. Incorporating Change 2, 2026 April 8. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/500002p.PDF>
12. GOST Russian Federation. GOST R 56129-2014 (IEC 62402:2007, MOD). Integrated logistic support of exporting military products. Obsolescence management. Moscow: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology; 2014. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/500001p.pdf>
13. GOST Russian Federation. GOST R IEC 62402-2023. Dependability in technics. Obsolescence management. Moscow: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology; 2023. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/500082p.pdf>
14. United States Department of Defense, DOD. DoD Instruction 5000.85: Major capability acquisition. Washington (DC): Department of Defense; 2020. Incorporating Change 1, 2021 Nov 4. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/500085p.PDF>
15. United States Department of Defense, DOD. DoD Instruction 4245.15: Diminishing manufacturing sources and material shortages management. Washington (DC): Department of Defense; 2020. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/424515p.PDF>
16. United States Department of Defense, DOD. SD-22:2022. DMSMS guidebook: a guidebook of best practices and tools for implementing a DMSMS management program. Washington (DC): Department of Defense; 2022. <https://www.waru.edu/sites/default/files/Migrated/ToolAttachments/Diminishing-Manufacturing-Sources-and-Material-Shortages-%28DMSMS%29-Guidebook-%28SD-22%29.pdf>
17. Ministry of Defence, MOD, UK. JSP 886: The defence logistics support chain manual. Volume 7, part 8.13: Obsolescence management. London: Ministry of Defence; 2015. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a801497ed915d74e33f8539/20161002-LEGACY_JSP886-V7P08.13-ObsoIM-FINAL-O.pdf
18. Presidency of Defence Industries, SSB. TSSÖDYP-08/01: Technical Report. Sistem Ömür Devri Yönetiminde Demodelik Yönetimi Rehberi. Ankara: SSB; 2021. https://tssodypwiki.ssb.gov.tr/images/4/4b/TSSODYP_08_web.pdf
19. Defense Standardization Program Journal. International standardization: EU Defense Procurement Directive; NATO adopts ISO/IEC 15288; The European Standards Organizations. DSP Journal. 2011. <https://www.dsp.dla.mil/Portals/26/Documents/Publications/Journal/111001-DSP.J.pdf>
20. European Defence Agency. EDSTAR Expert Group on System Architecture. Recommendations on best-practice standards for system architecture. Brussels: EDA; 2025. <https://edstar.eda.europa.eu/DocumentLibrary/Download/51102dd0-d3b8-4663-8141-6b9b27242d22>
21. US Government Accountability Office. DOD acquisition reform: military departments should take steps to facilitate speed and innovation. Washington, D.C. GAO; 2024 Dec. Report No. GAO-25-107003. <https://www.gao.gov/assets/gao-25-107003.pdf>
22. Department of Defense. Major capability acquisition pathway integration with risk management framework. Washington, DC: DoD; 2022. <https://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/Library/MCAPaThwayIntegration-RMF.pdf>
23. Department of Defense. Product Support Manager (PSM) guidebook. Washington, DC: DoD; 2022. <https://www.waru.edu/sites/default/files/Migrated/ToolAttachments/Product-Support-Manager-%28PSM%29-Guidebook.pdf>
24. Department of Defense. R&M Engineering Contract Language for the Major Capability Acquisition (MCA) Pathway. Washington, DC: DoD; 2022. <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2023/06/RM-ContractLanguage-MCA.pdf>
25. Department of Defense, Acquisition Research Program, Naval Postgraduate School. Finding opportunities in the adaptive acquisition (SYM-AM-25-414). Monterey, CA: NPS; 2025. <https://dair.nps.edu/bitstream/123456789/5425/1/SYM-AM-25-414.pdf>
26. Defense Standardization Program Journal. International standardization: EU Defense Procurement Directive; NATO adopts ISO/IEC 15288; the European Standards Organizations. DSP Journal. 2011. <https://www.dsp.dla.mil/Portals/26/Documents/Publications/Journal/111001-DSP.J.pdf>
27. Department of Defense. Regional sustainment framework: defense regional maintenance, repair, and overhaul (MRO) playbook. Washington, DC: OUSD(A&S); 2024. <https://www.waru.edu/sites/default/files/2024-08/SIGNED%20MRO%20PLAYBOOK%20%282%20AUG%202024%29.pdf>
28. Elsayah S, Turan HH, Gordon L, Ryan MJ. A decision support methodology to support military asset and resource planning. J Simul. 2024;18(2):154-179. DOI:10.1080/17477778.2023.2165460.
29. Institute of Asset Management. Asset management – an anatomy. Version 4 Final. London: IAM; 2024. <https://theiam.org/media/5615/iam-anatomy-version-4-final.pdf>
30. Hastings NAJ. Physical asset management: with an introduction to ISO 55000. 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer; 2015. https://www.cur.ac.rw/mis/main/library/documents/book_file/2015_Book_PhysicalAssetManagement.pdf
31. British Standards Institution (BSI). ISO 55001 asset management client guidebook. 2nd ed. London: BSI; 2026. <https://www.bsigroup.com/siteassets/pdf/en/insights-and-media/insights/brochures/aunz-grp-cross-govn-built-nst-iso55001-mp-iso55001assetmanagementguidebook-0326.pdf>
32. Gonzalez Prida V, Zamora J, Crespo Márquez A, Villar Fidalgo L, De la Fuente A, Martínez-Galán P, et al. An overview on the obsolescence of physical assets for the defence facing the challenges of industry 4.0 and the new operating environments. In: Haugen S, Barros A, van Gulijk C, Kongsvik T, Vinnem JE, editors. Safety and reliability - safe societies in a changing world. London: CRC Press; 2018.
33. European Defence Agency. EDSTAR Expert Group report on the Technical Domain Obsolescence Management. Technical Report Brussels: EDA; 2025. <https://edstar.eda.europa.eu/DocumentLibrary/Download/1cf2fd19-3b89-4ff5-b21d-c4bec8ebd550>
34. Department of Defense. SD-26: DMSMS and parts management contracting guide. Washington, DC: DoD; 2023. <https://www.waru.edu/sites/default/files/2024-02/SD-26%20DMSMS%20and%20Parts%20Management%20Contracting%20Guide%2C%20June%202023.pdf>
35. Department of Defense, Defense Standardization Program Office. DMSMS contract language guidebook. Washington, DC: DoD; 2019. <https://www.waru.edu/sites/default/files/2024-02/DMSMS%20Contract%20Language%20Guidebook.pdf>
36. Evans N, Price J. Development of a holistic model for the management of an enterprise's information assets. Int J Inf Manag. 2020;54:102193. DOI:10.1016/j.ijinfomgt.2020.102193.

37. Amankwah-Amoah J. Integrated vs. add-on: a multidimensional conceptualisation of technology obsolescence. *Technol Forecast Soc Change*. 2017;122:234-243. DOI:10.1016/j.techfore.2016.10.006.
38. Ministry of Defence, Defence Safety Authority. Defence Land Safety and Environmental Regulations. Version 2.0. London, UK: MoD; 2025. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/69cb8796b111d64c49bb3dbe/DLSR_Regulations_2025-2026_Final-O.pdf
39. Presidency of Defence Industries (SSB). Turkish defence industry product catalogue. Ankara: SSB; 2026. <https://www.ssb.gov.tr/en/turkish-defence-industry-products-catalogue>
40. Ministry of Defence. JSP 418 Element 7: equipment design, manufacture and maintenance. Version 2.1. London: MoD; 2024. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/67878e4d1124a2c3ceb64622/JSP816_Element7.pdf
41. Joint Working Group (JWG). Guide to life cycles and life cycle models. Issue 1.1. London: INCOSE UK; 2017. <https://www.apm.org.uk/media/sg0mg1d1/guide-to-lifecycle-models.pdf>
42. Døskeland T. Long-term asset management: Norwegian sovereign wealth fund examples. Independently published; 2025. https://www.nhh.no/globalassets/departments/business-and-management-science/research/doskeland/investing_for_the_long_term_2012_25.pdf
43. Luxembourg Government. Luxembourg Defence Guidelines 2035. Luxembourg: Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg; 2025. [https://gouvernement.lu/dam-](https://gouvernement.lu/dam-assets/documents/actualites/2023/05-mai/11-guidelines-defence/luxembourg-defence-guidelines-2035-en.pdf)
44. Institut Montaigne. Rethinking our defense in the face of 21st century crises. Paris: Institut Montaigne; 2021. [https://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/r](https://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/rethinking-our-defense-face-21st-century-crises-report.pdf)
45. Chakradhar G, Apku M, Anusha G, Madhavedi S. A comprehensive study of assets management company, focusing on investment strategies, performance, and regulatory. *Turk J Comput Math Educ*. 2020;11(3):2656-2671.
46. Payette M, Abdul-Nour G. Asset management, reliability and prognostics modeling techniques. *Sustainability*. 2023;15(9):7493. DOI:10.3390/su15097493.
47. Jennings CP, Sandborn P, Prabhakar V. Forecasting obsolescence risk and product life cycle with machine learning. *IEEE Trans Compon Packag Manuf Technol*. 2016;6(9):1428-1439. DOI:10.1109/TCPMT.2016.2575921.
48. Wilkinson C. Obsolescence and life cycle management for avionics. Washington, DC: US DOT/FAA; 2015. Report No. DOT/FAA/TC-15/33. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/aircraft/air_cert/design_a](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/aircraft/air_cert/design_approvals/air_software/TC-15-33.pdf)
49. Pastor Sánchez J. Estimación del coste del ciclo de vida de un sistema de armas en España. *Rev Inst Esp Estud Estrat*. 2018;(6).
50. Szabo S, Koblen I. Aviation technology life cycle management: importance for aviation companies, aerospace industry organizations and relevant stakeholders. *Mag Aviat Dev*. 2017;5(2):15-24. DOI:10.14311/MAD.2017.02.03.

Editores. Alberto Julio Rodríguez Piñeiro, Vladimir Tomás González Fernández. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.

Evaluación

Este artículo ha sido evaluado mediante revisión por pares abierta.

Ingeniería Mecánica agradece a los árbitros: Dr. C. Josué Imbert González, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba y al Dr. C. Joel Morales Salas, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba, por su contribución a la evaluación de este trabajo.

Disponibilidad de datos. No se aplica el intercambio de datos: no se generan nuevos datos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores