

**ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA DEL EJÉRCITO
ESCUELA DE POSGRADO**



TESIS

**Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo
de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025**

AUTOR:

BACH. Carlogiordanni Joshue Casanova Cruzado
(orcid.org/0009-0003-1517-584x)

BACH. Josefina Mercedes Delaude Alvarado de Casanova,
(orcid.org/0000-0002-7884-2609)

**Para optar al grado académico de
MAESTRO EN CIENCIAS MILITARES
Con mención en Gestión Pública y Planeamiento Estratégico**

ASESORA:

MG. Karina Isabel Vizarreta Huertas
(orcid.org/0009-0001-5499-7307)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas del Ejército

2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA DEL EJÉRCITO
ESCUELA DE POSTGRADO

DEPARTAMENTO GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No 066 – 2025/ DGI

En la Escuela Superior de Guerra del Ejército - Escuela de Postgrado, a los cinco (05) días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:30 horas, se reunió el jurado evaluador conformado por los docentes:


♦ Doctor	IVAN RICARDO BARRETO BARDALES	Presidente
♦ Maestro	HENRY ARTURO ALCANTARA MINCHOLA	Secretario
♦ Doctor	EDMUNDO WENCESLAO DIAZ KOBASHIKAWA	Vocal

Designados según Resolución de Expediente para Sustentación de Tesis N° 066-2025/SIE/DGI/ESGE-EPG del 26 de noviembre de 2025, para evaluar la sustentación presencial y defensa de la Tesis de Grado titulada "PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE EL EMPLEO DE LA MANUFACTURA ADITIVA EN EL EJÉRCITO, LIMA 2025", presentado por los Bachilleres CARLOGIORDANNI JOSHUE CASANOVA CRUZADO y JOSEFINA MERCEDES DELAUDE ALVARADO DE CASANOVA, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Militares con mención en Gestión Pública y Planeamiento Estratégico, de acuerdo a lo establecido en el artículo 45° de la Ley Universitaria N° 30220.


Luego de atender la sustentación presencial, defensa de la tesis de grado y realizadas las preguntas de rigor, el jurado acordó concederle la calificación de dieciocho (18).

En mérito del cual, el jurado APRUEBA (aprueba / no aprueba) que se le otorgue el Grado Académico de Maestro en Ciencias Militares con mención en Gestión Pública y Planeamiento Estratégico.

Firmado, en Charillas a los cinco (05) días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco.


DR. IVAN RICARDO
BARRETO BARDALES
PRESIDENTE


MG. HENRY ARTURO
ALCANTARA MINCHOLA
SECRETARIO


DR. EDMUNDO WENCESLAO
DIAZ KOBASHIKAWA
VOCAL

DEDICATORIA

A nuestras amadas hijas, quienes son la mayor inspiración en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios, por darnos fortaleza, a nuestra familia, por su apoyo inquebrantable, y a nuestros docentes y asesores, por compartir sus conocimientos, por su orientación y por exigirnos siempre lo mejor.

ÍNDICE

PORTADA	¡Error! Marcador no definido.
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
REPORTE DE SIMILITUD	xi
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	4
1.3 Objetivos de la Investigación	4
1.4 Justificación de la Investigación	5
1.5 Viabilidad de la Investigación	8
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE	11
2.1 Antecedentes de la Investigación	11
2.2 Bases Teóricas	21
2.3 <i>Marco Conceptual</i>	25
2.4 Definición de Términos Básicos	28
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	31
3.1 Diseño Metodológico	31
3.2 Diseño Muestral	31
3.3. Técnica e Instrumentos de Recolección de Información	33
3.4. Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información	34
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y SÍNTESIS	36
4.1 Definición de Categorías y Sub categorías	36
4.2 Soporte de Categorías	41
4.3 Red Semántica	45
4.4 Triangulación	48
CAPÍTULO V: DIÁLOGO TEÓRICO – EMPÍRICO	52
CONCLUSIONES	58

RECOMENDACIONES	64
PROPUESTA PARA ENFRENTAR LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	84
Anexo 1: Matriz de Consistencia	84
Anexo 2: Validación del instrumento	86
Anexo 3: Instrumentos de Recolección de Información	91
Anexo 4. Autorización para la recolección de información	96
Anexo 5. Consentimiento Informado	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparacion de Trabajos Tradicionales y Manufactura Aditiva	7
Tabla 2 Evidencia Empirica de la Categoria Gestion de Mantenimiento	42
Tabla 3 Evidencia Empirica de la Manufactura Aditiva	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Red semántica de Entrevista	45
Figura 2 Red semántica de Análisis Documental	46
Figura 3 Red semántica de Observación	47

RESUMEN

En este trabajo se analizó la implementación de la manufactura aditiva (MA) como una estrategia para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, con el propósito de mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares para el año 2025.

La investigación en cuestión se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, empleando el método hermenéutico y, a su vez técnicas de análisis documental. Se realizaron 15 entrevistas a especialistas en mantenimiento. Al mismo tiempo, se realizaron observaciones directas en las unidades logísticas. Se estudiaron los tiempos de espera en la compra de consumibles, la viabilidad económica de la fabricación aditiva, su potencial para usos en el mantenimiento militar, y las dificultades técnicas y organizacionales que podrían presentar.

Los hallazgos evidenciaron que la MA permite reducir significativamente los tiempos de espera para la adquisición de repuestos, optimizar costos operativos y mejorar la autonomía logística del Ejército del Perú. Asimismo, se identificaron desafíos como la falta de normativas específicas, la necesidad de capacitación del personal y la resistencia organizacional al cambio.

Se concluye que la MA representa una solución viable para mejorar la gestión de mantenimiento militar, siempre que se implementen estrategias adecuadas para superar barreras técnicas y organizacionales. Se recomienda la creación de programas de capacitación, la adaptación de normativas y la ejecución de pruebas piloto para validar su efectividad en el contexto castrense.

Palabras clave: manufactura aditiva; gestión de mantenimiento; logística militar; disponibilidad operativa; innovación tecnológica.

ABSTRACT

This study analyzed the implementation of additive manufacturing as a strategy to optimize maintenance management in the Peruvian Army, aiming to improve the availability, reliability, and efficiency of military assets by 2025.

The research was conducted using a qualitative approach and employed the hermeneutic method, utilizing documentary analysis techniques. Fifteen interviews were conducted with maintenance specialists, as well as direct observations in logistics units. The study examined waiting times for acquiring critical spare parts, the economic feasibility of additive manufacturing, its applications in military maintenance, and the technical and organizational barriers to its implementation.

The findings revealed that additive manufacturing significantly reduces waiting times for spare parts acquisition, optimizes operational costs, and enhances the logistical autonomy of the Peruvian Army. Additionally, challenges such as the lack of specific regulations, the need for personnel training, and organizational resistance to change were identified.

It is concluded that additive manufacturing represents a viable solution for improving military maintenance management, provided that appropriate strategies are implemented to overcome technical and organizational barriers. It is recommended to develop training programs, adapt regulatory frameworks, and conduct pilot tests to validate its effectiveness in the military context.

Keywords: additive manufacturing; maintenance management; military logistics; operational availability; technological innovation.

REPORTE DE SIMILITUD

carlogiordanni casanova

REV. EC - CASANOVA C. - BACH. DELAUDE A..docx

-  My Files
-  My Files
-  Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::12350:527109919

Fecha de entrega
12 nov 2025, 6:48 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
12 nov 2025, 6:53 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
REV. EC - CASANOVA C. - BACH. DELAUDE A..docx

Tamaño del archivo
3.2 MB

106 páginas

23.176 palabras

141.641 caracteres



Página 1 de 113 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::12350:527109919



Página 2 de 113 - Descripción general de Integridad

Identificador de la entrega trn:oid::12350:527109919


7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)


Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO**(Grado Académico de Maestro en Ciencias Militares con Mención en Gestión Pública y Planeamiento Estratégico)**

Por el presente documento, Yo Bach. Carlogiordanni Joshue CASANOVA CRUZADO, identificado con DNI N° 44675834, y el Bach. Josefina Mercedes DELAUDE ALVARADO de CASANOVA, identificada con DNI N° 43293232, egresados del programa de Comando y Estado Mayor informo que he elaborado el Trabajo de Investigación denominado “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025”, para optar por el Grado Académico de Maestro en Ciencias Militares con mención en Gestión Pública y Planeamiento Estratégico en la maestría de Ciencias Militares de la Escuela Superior de Guerra-Escuela de Posgrado, y declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por los autores que lo suscriben y afirmamos que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejamos en constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmamos que somos responsable solidario de todo su contenido y asumimos, como autores, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictaminen la Escuela Superior de Guerra del Ejército – Escuela de Posgrado y a lo estipulado en el Reglamento interno.



Carlogiordanni Joshue Casanova Cruzado

DNI 44675834



Josefina Mercedes Delaude Alvarado

DNI 43293232

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de las operaciones de combate, uno de los parámetros que condicionan la disponibilidad de un equipo y su funcionamiento, es su fiabilidad. Sin embargo, las capacidades de mantenimiento del Ejército del Perú son sumamente limitadas debido a su dependencia de la importancia de repuestos y accesorios militares.

Este escenario crea largas esperas, costos altos y baja operabilidad de activos estratégicos. En la actualidad, la baja disponibilidad de repuestos se constituye en un problema recurrente en los tiempos de mantenimiento de diversas maquinas, equipos e instalaciones. En este panorama, la manufactura aditiva apareció como una alternativa a implementar para optimizar la producción y disponibilidad de repuestos, lo que facilita llevar a cabo una gestión de mantenimiento más eficiente y autónoma.

La presente investigación tiene como objetivo un análisis sobre el uso de fabricación aditiva como estrategia para mejorar la gestión de mantenimiento. Así mismo, el contexto es la implementación de la fabricación aditiva en el Ejército del Perú. Además, se busca optimizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de activos militares para el año 2025. Para ello, se abordaron aspectos clave como los tiempos de espera en la adquisición de repuestos críticos, la viabilidad económica de la manufactura aditiva, sus aplicaciones en la producción de componentes militares y las barreras técnicas y organizacionales que podrían obstaculizar su implementación.

Con un enfoque cualitativo, esta investigación se llevó a cabo con un diseño hermenéutico que permitió realizar distintos análisis y lecturas del fenómeno, análisis documentales y entrevistas a expertos en mantenimiento militar y en fabricación aditiva. La selección de participantes se realizó mediante muestreo intencional, tomando en cuenta la experiencia en logística militar y en tecnologías emergentes.

Se diseñó el desarrollo del informe en un sentido de tal forma que expresara el rigor analítico del estudio. En el capítulo I se describió el contexto actual del Ejército y la necesidad

de modernizar sus procesos de mantenimiento. Se puso en claro la importancia que conlleva esta problemática, desde un punto de vista basado en los antecedentes internacionales como el laboratorio de impresión 3D de Estados Unidos, pruebas piloto de manufactura aditiva en Noruega y Australia, así como experiencias de uso de esta tecnología en Chile. Así el capítulo estableció claramente los límites y el propósito de la pesquisa dentro de la institucionalidad militar.

En el capítulo II se desarrolló el marco teórico sobre la manufactura aditiva en el ámbito militar. Se revisó la evolución histórica y las principales tecnologías de impresión 3D aplicables a la producción de repuestos. Además, se analizaron los criterios institucionales que deben considerarse al fabricar piezas de repuesto mediante esta tecnología, así como las experiencias previas de integración logística en otras fuerzas armadas. De este modo, se sentaron las bases conceptuales del estudio y se destacó el potencial de la impresión 3D para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú.

En el capítulo III, se detalló el enfoque cualitativo-hermenéutico adoptado, en la investigación y las técnicas de recolección de datos empleadas. Se explicó el diseño muestral, basado en un muestreo intencional de 15 especiales entre oficiales, técnicos y suboficiales relevantes en la materia. Se justificó el rigor metodológico aplicado y se describió el procedimiento de análisis de la información recabada, aclarando cómo se procesaron los datos obtenidos para dar respuesta a los objetivos planteados.

En el capítulo IV se presentó los hallazgos del estudio organizados en categorías y subcategorías. Se expusieron evidencias empíricas que respaldaron estos resultados, como demoras críticas en la obtención de repuestos, los beneficios potenciales de la impresión 3D para reducir tiempos y costos de mantenimiento, así como las limitaciones técnicas y organizacionales identificadas. Se ofreció una síntesis detallada de la situación actual del mantenimiento en el Ejército del Perú y del impacto potencial de implementar la manufactura aditiva en la estrategia logística.

Finalmente, en el capítulo V, se contrastó los resultados obtenidos con la literatura revisada, identificando concordancias con estudios previos y destacando aportes originales

de la presente investigación. De este análisis se derivaron las conclusiones generales que confirmaron que la manufactura aditiva es una solución viable para enfrentar los desafíos logísticos actuales de la institución. Asimismo, se formuló recomendaciones estratégicas para facilitar su implementación futura.

En conclusión, este estudio buscó contribuir a consolidar un modelo de mantenimiento más eficiente y sostenible, proporcionando una alternativa tecnológica que reduzca la dependencia de proveedores externos y optimice los procesos de mantenimiento militar.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Situación Problemática

En el ámbito internacional, muchas fuerzas armadas cuentan con la impresión 3D para hacer más sencilla su logística de mantenimiento, la fabricación aditiva se ha documentado para mejorar disponibilidad de equipos, por poder fabricar piezas de repuestos en el lugar del fallo. En el ámbito internacional, varias fuerzas armadas han adoptado la fabricación aditiva para optimizar su logística de mantenimiento. Se ha documentado que esta tecnología incrementa la disponibilidad de equipos al crear repuestos en el mismo lugar de operación (DGAM, 2020). El Ejército de los Estados Unidos, ha desplegado laboratorios móviles de impresión 3D, para producir piezas en el campo, como tapones plásticos o componentes de emergencia, durante operaciones en Oriente Medio y otros teatros (Judson, 2019).

En Noruega, se vienen realizando investigaciones para el empleo de impresiones 3D en los contenedores militares para su empleo lugares remotos. (AM Chronicle, 2018). Asimismo, el Ministerio de Defensa español considera la fabricación aditiva una tecnología clave para la defensa. Un estudio oficial de la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa de España (2020) destaca que esta tecnología permite crear piezas y repuestos en demanda, eliminando la necesidad de almacenar inventarios y mejorando la disponibilidad de sistemas militares.

El Ejército australiano ha invertido 1.5 millones de dólares para ensayos de impresión 3D metálica en unidades expeditivas. En estos ensayos los soldados generaron decenas de piezas reales en minutos, demostrando la viabilidad de fabricar partes metálicas en entornos remotos (SPEE3D, 2020).

A nivel Latinoamérica, también comienzan a verse casos de aplicación, con resultados mixtos. En Chile, por ejemplo, el astillero estatal ASMAR instaló un centro de manufactura

avanzada donde se imprimieron piezas complejas para la Armada. Recientemente se informó que ASMAR fabricó un impulsor de bomba contra incendios para la fragata Almirante Williams mediante gemelo digital e impresión 3D, en lugar de importarlo desde el extranjero. Este proceso redujo plazos de entrega y costos de mantenimiento, aumentando la autonomía logística de la Armada chilena (Infodefensa, 2024). En cambio, en Colombia se evidenció que la falta de repuestos y demoras en contratos de mantenimiento de helicópteros rusos condujeron a la inmovilización parcial de la flota. La revista Halcones y Palomas (2025), señaló que la Contraloría colombiana emitió un informe donde señala que esta situación afectó directamente la capacidad operativa al limitar la movilidad aérea, el transporte de tropas y la respuesta oportuna ante amenazas.

En el Perú, ya se utiliza en ámbitos como la medicina, donde ha sido utilizada en la fabricación de prótesis y dispositivos médicos personalizados; también se encuentra extendida a la odontología (ESAN, 2020). El Grupo de Investigación en Modificación de Materiales de la PUCP, ha desarrollado un prototipo de sistema de impresión 3D. Con este prototipo, es posible construir elementos estructurales y no estructurales mediante manufactura aditiva empleando morteros de cemento y mezclas de suelo estabilizado y no estabilizado (DPTOING, 2024). Asimismo, la Corporación Rey en el año 2023, implementó la MA para la producción de prototipos y piezas de repuesto para la industria automotriz.

En este marco, la manufactura aditiva se rige como una tecnología disruptiva con potencial transformador para la gestión de mantenimiento en el ámbito militar. Esta tecnología le permite producir rápida y localmente, partes y componentes que se necesitan, con lo que se evitan tiempos de parada de equipos y se mejora la disponibilidad de repuestos concretos. En este contexto, la manufactura aditiva emerge como una tecnología disruptiva con el potencial de transformar radicalmente la gestión de mantenimiento en el ámbito militar. Esta tecnología permite la producción rápida y localizada de piezas y componentes, reduciendo así los tiempos de inactividad de los equipos y mejorando la disponibilidad de repuestos específicos. Además, la

manufactura aditiva ofrece la posibilidad de personalizar piezas para adaptarlas a las condiciones particulares de uso, lo que podría incrementar la vida útil de los activos y reducir los costos asociados al mantenimiento.

El diagnóstico institucional del Ejército del Perú (2020), reportó serias falencias en la gestión de mantenimiento de sus diferentes sistemas logísticos que reducen la operatividad de los recursos militares. Se identificó que prácticamente todos los vehículos blindados y de apoyo han excedido su vida útil por décadas, operando con índices de disponibilidad reducidos en aproximadamente 73%. Del mismo modo, más del 95% de las piezas de artillería sobrepasan sus años de servicio, con apenas un 59% de operatividad. En el ámbito de las telecomunicaciones, las centrales telefónicas digitales y los equipos de radioenlace emplean tecnologías obsoletas, con repuestos casi inaccesibles y niveles operativos por debajo de 56%. Esta confluencia de deficiencias pone de relieve la urgencia de soluciones innovadoras.

A pesar del potencial que la manufactura aditiva ofrece, su aplicación en el Ejército del Perú es todavía incipiente y enfrenta desafíos tanto tecnológicos como organizacionales. No existen estudios previos en el Perú que aborden de manera integral la implementación de esta tecnología en la gestión de mantenimiento militar, lo que evidencia una brecha en la literatura y un área de oportunidad para el desarrollo de nuevas estrategias de mantenimiento que se alineen con las exigencias operativas y presupuestarias del Ejército.

Por tanto, surge la necesidad de proponer una estrategia de mejora para la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú, que integre la manufactura aditiva como una solución para optimizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares. La investigación se refiere a la forma en que puede implementarse, los retos logísticos, técnicos y operativos, y como puede contribuir a la sostenibilidad y operatividad del Ejército para el 2025.

Por lo tanto, analizar y adaptar estas experiencias para la implementación de una estrategia de manufactura aditiva en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú podría

proporcionar ventajas significativas en términos de eficiencia, capacidad de respuesta y reducción de costos.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General:

¿Cómo puede la implementación de la manufactura aditiva mejorar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, optimizando la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares para el año 2025?

1.2.2 Problemas Específicos:

¿Qué impacto tiene la demora en la adquisición de repuestos críticos en la disponibilidad y operatividad de los equipos militares del Ejército del Perú?

¿Cómo puede la manufactura aditiva reducir los costos asociados a la adquisición y producción de repuestos en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú?

¿Qué beneficios aporta la manufactura aditiva en la disminución de la indisponibilidad de equipos militares debido a fallos o daños imprevistos?

¿Cuáles son las barreras técnicas y organizacionales para la implementación de la manufactura aditiva en los procesos de gestión de mantenimiento del Ejército del Perú?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General:

Analizar la implementación de la manufactura aditiva como alternativa para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, con el fin de mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares en el año 2025.

1.3.2 Objetivos Específicos:

Analizar el impacto de los tiempos de espera en la adquisición de repuestos críticos en la disponibilidad y operatividad de los equipos militares del Ejército del Perú.

Evaluar la viabilidad económica de la manufactura aditiva en la reducción de costos asociados a la adquisición y producción de repuestos para la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú.

Determinar los beneficios de la manufactura aditiva en la reducción de la indisponibilidad de equipos militares, enfocándose en su capacidad para producir repuestos de manera rápida y eficiente.

Identificar y analizar las barreras técnicas y organizacionales que podrían dificultar la implementación de la manufactura aditiva en los procesos de gestión de mantenimiento del Ejército del Perú.

1.4 Justificación de la Investigación

A nivel teórico, la presente investigación se justificó por abordar un vacío evidente en la literatura científica nacional respecto a la aplicación de tecnologías emergentes como la manufactura aditiva en contextos militares. En el caso específico del Ejército del Perú, no existen estudios previos que sistematicen, analicen o propongan modelos de incorporación de la impresión 3D en los sistemas de mantenimiento logístico. Esta ausencia representa una brecha crítica, dado que, en otras fuerzas armadas a nivel internacional, como las de Estados Unidos, España, Reino Unido y Australia, ya se ha comenzado a documentar y aplicar la fabricación aditiva con fines tácticos y estratégicos (Bird & Ravindra, 2021). Teóricamente, la manufactura aditiva permite repensar los modelos tradicionales de gestión de mantenimiento a partir de los principios de agilidad logística, descentralización productiva y economía circular (Díaz & Corpas, 2021). De esta manera, se está estudiando la manufactura aditiva como una tecnología dual que puede tener un impacto en los escenarios de mantenimiento correctivo, preventivo y de emergencia. Así mismo, se integran postulados de eficiencia logística, operativa sostenible y respuesta en el teatro de operaciones (Ministerio de defensa de España, 2020). Esto sienta bases para futuras investigaciones comparadas o modelos normativos en el ámbito de la defensa.

En el enfoque metodológico, la investigación se justificó en su enfoque cualitativo y su carácter hermenéutico. Todo esto permitió captar y analizar las percepciones, experiencias y conocimientos tácticos de los especialistas militares que encargados del mantenimiento de equipos del Ejército del Perú. Según Sampieri et al. (2022), el enfoque cualitativo es idóneo cuando se busca explorar fenómenos complejos desde la perspectiva de los actores, especialmente en contextos donde el conocimiento es predominantemente tácito y las prácticas se configuran de forma contextualizada. La técnica de las entrevistas semiestructuradas fue de gran utilidad en el acceso a información respecto a las limitaciones actuales del sistema de mantenimiento y el uso que se le podría dar a la impresión 3D. esta metodología permitió también que emergieran patrones interpretativos y divergentes en relación con la viabilidad de implementar esta tecnología en ámbitos operacionales. Se aplicaron procedimientos de triangulación con observación directa en unidades militares y análisis documental, asegurando así la credibilidad y validez del estudio. (Arispe, 2021). El diseño muestral intencional centrado en 15 especialistas con experiencia directa en mantenimiento garantizó la relevancia de los testimonios recogidos. Este modelo de investigación cualitativa genera conocimiento profundo y transferible a estudios similares en otras ramas de las Fuerzas Armadas o en contextos institucionales análogos.

Con relación al nivel práctico, la investigación resulta altamente pertinente para la modernización de la gestión del mantenimiento en el Ejército del Perú. Tal como reveló el Diagnóstico Institucional del Ejército del Perú, existen limitaciones estructurales y operativas que afectan la disponibilidad de vehículos, armamento y equipos, muchas veces debido a tiempos prolongados de espera para la adquisición de repuestos o a la obsolescencia de piezas críticas (Ejército del Perú, 2020). La incorporación de tecnologías como la fabricación aditiva puede representar una solución eficiente para estas deficiencias. Diversos estudios y experiencias internacionales demostraron que la impresión 3D puede reducir sustancialmente los tiempos de reparación, mejora la disponibilidad operativa y disminuir los costos logísticos en operaciones de

defensa (Ministerio de Defensa de España, 2020). Además, su carácter modular y portátil permite su integración en entornos desplegados, lo cual resulta estratégico para zonas alejadas o con infraestructura limitada.

Un claro ejemplo de las limitaciones del modelo tradicional de adquisición de repuestos es el caso registrado en el DS N° 067-2023- EF, donde la compra directa de repuestos para vehículos de ingeniería militar se extendió a 74 días, con un alto costo en la adquisición y la inmovilización prolongada de sus vehículos. Sin embargo, Pilataxi, Ch (2024), nos proporciona información de los costos, tiempo de impresión y otros datos importantes del uso manufactura aditiva en la ingeniería automotriz, realizando el siguiente análisis comparativo:

Tabla 1

Comparación De Trabajos Tradicionales Y Manufactura Aditiva

ASPECTO	MANTENIMIENTO TRADICIONAL	MANUFACTURA ADITIVA
Tiempo de adquisición de repuestos	74 días	2 días
Costo promedio por pieza (embrague)	\$ 442.35	\$ 60.00
Tiempo de inactividad del equipo	80 días	4 días – 7 días
Costos de transporte y logística	\$ 50.00 - \$ 100.00	\$ 0.00 (en sitio)
Disponibilidad de piezas	Dependiente de stock	Fabricación baja demanda
Flexibilidad en personalización	Limitada	Alta

Nota. Fuente de elaboración propia de los autores

Los datos anteriores ilustran que la implementación de la manufactura aditiva ha logrado reducir significativamente tanto los costos como los tiempos asociados al mantenimiento de la industria automotriz. La capacidad de producir internamente piezas y componentes específicos

logró permitir una respuesta más rápida a las necesidades de mantenimiento, disminuyendo la dependencia de proveedores externos y optimizando el uso de recursos.

Además, la manufactura aditiva ha ofrecido la posibilidad de mejorar la confiabilidad y durabilidad de los componentes mediante el diseño y producción de piezas más resistentes y adaptarlas a las condiciones operativas particulares de la Institución

Esto no solo permite reducir la frecuencia de fallas y reparaciones, sino que también contribuye a una mayor disponibilidad de los equipos en escenarios críticos.

A pesar de los evidentes beneficios, la adopción de la manufactura aditiva en el ámbito militar peruano enfrentaría desafíos como la falta de infraestructura tecnológica adecuada, la necesidad de capacitación especializada del personal, y la resistencia al cambio organizacional. No obstante, experiencias internacionales han demostrado el éxito de esta tecnología en mejorar significativamente sus operaciones y acciones militares.

Esta investigación logró identificar y analizar las barreras técnicas y organizacionales que podrían dificultar la implementación de la manufactura aditiva en los procesos de gestión de mantenimiento del Ejército del Perú.

Finalmente, el valor académico del presente trabajo radica en que amplía el conocimiento sobre la relación entre innovación tecnológica y gestión logística militar, proporcionando evidencia teórica y empírica que podrá servir para futuras investigaciones en el sector defensa.

1.5 Viabilidad de la Investigación

La viabilidad de la presente investigación se sustentó en la disponibilidad de fuentes de información, factibilidad temporal, las competencias del equipo investigador y el respaldo institucional, lo que garantizó que el estudio pudiera desarrollarse de manera efectiva en el marco del Ejército del Perú.

1.5.1 Disponibilidad de Fuentes de Información

La investigación contó con acceso a fuentes de información primarias y secundarias relevantes, incluyendo directivas y manuales técnicos sobre mantenimiento militar, estudios

internacionales sobre manufactura aditiva aplicada a la defensa, así como datos internos del Ejército del Perú relacionados con tiempos de mantenimiento, costos logísticos y disponibilidad operativa de equipos. Asimismo, se dispuso de bibliografía académica y científica actualizada en el campo de la logística militar y las tecnologías emergentes, lo que aseguró un marco teórico robusto y actualizado.

1.5.2 Factibilidad Temporal

El estudio se planificó y ejecutó en un periodo de dos años (2024-2025), distribuidos en 3 fases que comprendieron:

a. Fase 1 (Exploratoria - Diagnóstico): En esta etapa se realizó la revisión documental de manuales de mantenimiento militar, normativas logísticas, bibliografía científica y experiencias internacionales de manufactura aditiva. También se realizó un mapeo de actores clave, a modo de detectar oficiales, suboficiales y especialistas en mantenimiento que aportarían información útil. Esta fase permitió contextualizar el problema y establecer las categorías preliminares de análisis.

b. Fase 2 (Recolección de información): Se realizó la aplicación de entrevistas semiestructuradas a expertos en logística, mantenimiento militar y a técnicos con conocimiento en manufactura aditiva. Simultáneamente, se realizaron observaciones en logísticas para registrar procedimientos y tiempos de gestión de repuestos. Toda la información obtenida fue registrada y organizada para garantizar su posterior análisis.

c. Fase 3 (Análisis): Se llevó a cabo la codificación abierta y axial de las entrevistas, observaciones y documentos, lo que generó una serie de categorías y subcategorías en función de los elementos más relevantes. A continuación, se realizó la triangulación de fuentes (documental, entrevistas y observación) para asegurar la validez y consistencia de los hallazgos. Esta fase fue clave para profundizar en la interpretación hermenéutica del fenómeno estudiado.

d. Fase 4 (Redacción Final): Los hallazgos fueron sintetizados en matrices analíticas y contrastados con la literatura revisada. Posteriormente, se sometieron a validación por parte de

expertos militares y académicos, quienes aportaron observaciones para fortalecer la propuesta. Finalmente, se elaboró la redacción del informe final, integrando las conclusiones y recomendaciones.

1.5.3 Competencias del Equipo Investigador

Los investigadores que tomaron parte del estudio incluyen un equipo de oficiales con experiencia en logística y gestión de mantenimiento militar. Esto asegura que el panel de expertos posea en la práctica el conocimiento del problema. Adicionalmente, se contó con asesoría académica especializada y el apoyo de expertos en manufactura aditiva, fortaleciendo la rigurosidad metodológica del estudio y asegurando la validez de los resultados obtenidos.

1.5.4 Respaldo Institucional

La validación de los hallazgos permitió establecer coherencia con los objetivos estratégicos Institucionales, dado que se trató de una investigación respaldada por la Escuela Superior de Guerra del Ejército, lo cual facilitó el acceso a información de la intervención especial del Comando Logístico del Ejército del Perú. Este apoyo no solo facilitó el desarrollo del trabajo, sino que también garantizó su pertinencia y utilidad en el marco del Plan de Transformación Institucional 2023-2034, orientado a optimizar la autosuficiencia logística y operativa.

En conjunto, estos factores evidenciaron que la investigación fue plenamente viable en términos técnicos, temporales, humanos e institucionales, lo que aseguró la factibilidad de su desarrollo y la solidez de sus resultados.

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes de la Investigación

Las industrias aeroespacial, automotriz, médica y militar se han beneficiado del crecimiento de la fabricación aditiva. El desarrollo de modelos digitales ha hecho posible crear piezas complejas y personalizadas, lo que permite la reparación y sustitución de componentes. La gestión de activos de la industria es ahora más eficiente gracias a los avances en la tecnología de impresión 3D, que permiten la reparación, sustitución y producción de componentes cruciales.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Roque (2023), en su investigación sobre el estudio de la dureza y la resistencia a la tracción del ácido poli acético (PLA) fabricado por manufactura aditiva y sometido a un tratamiento térmico de recocido, tuvo como objetivo examinar qué tan duro y fuerte resultó el PLA, elaborado mediante fabricación aditiva y luego calentado. Además, planteó objetivos específicos que buscaban establecer la forma de diagnosticar la variación en las propiedades mecánicas tras el tratamiento térmico, analizar la incidencia del tiempo, temperatura y densidad de la pieza, y definir los parámetros óptimos de las variables para el procedimiento de recocido, con la finalidad de conseguir mejores características mecánicas, esta tesis presentó un enfoque mixto, ya que combinó aspectos cualitativos y cuantitativos. Los principales aportes se centran tanto en la calidad como en la cantidad del diseño de la máquina, teniendo en cuenta las propiedades del material y el sistema, los subsistemas y los componentes en general. El estudio empleó una combinación de enfoques analíticos y sintéticos, debido a que durante la investigación se resaltó la necesidad de establecer cómo afecta el proceso de recocido a las piezas de PLA, lo cual se realizó generando ideas y haciendo experimentos para ver si son ciertas. Además, el estudio también implicó el examinar cómo diferentes factores afectan el resultado y la capacidad del material para soportar la presión. La investigación concluye, que el

tratamiento térmico hace que el PLA sea más fuerte y haga mejor su trabajo. Al recocer, podemos hacer que el material sea más fuerte y flexible, lo que significa que nuestras piezas impresas en 3D durarán más y funcionarán mejor. En caso de requerirse piezas más resistentes y duraderas, se utilizará un tratamiento térmico especial llamado recocido, para aumentar su dureza y resistencia a la tracción, haciéndolos más resistentes y menos propensos a romperse. También recomendó que el proceso de recocido se realice en el momento y la temperatura adecuados para lograr el mejor resultado.

Eyzaguirre (2022), investigó sobre la evaluación de procesos de manufactura aditiva en la reproducción volumétrica de los detalles de un diseño 3D de una futura prótesis óculo-palpebral, tuvo como objetivo mostrar la funcionalidad y complejidad de los productos ortopédicos mediante el uso de fabricación aditiva y diseño generativo, utilizando un enfoque mixto, que implica un enfoque hipotético-deductivo, mediante la presentación de una hipótesis y posteriormente la realización de experimentos para verificar. Esta investigación concluye, que la aplicación de técnicas de fabricación aditiva y diseño generativo puede mejorar el rendimiento de un producto ortopédico, que las organizaciones pueden duplicar y ampliar para mejorar los gastos operativos y de fabricación. La investigación recomendó que las empresas deberían animarse a integrar y expandir el uso de la fabricación aditiva y el diseño generativo para optimizar sus procesos ayudando a mejorar la experiencia de sus clientes, al tiempo que reducen sus gastos operativos y de fabricación.

Ramos (2022), en su investigación referente a la aplicación de la manufactura aditiva y diseño generativo en la producción de productos ortopédicos bajo un enfoque en el cliente, indicó que el experimento tuvo como propósito evaluar varios procesos de fabricación aditiva para determinar cuáles de ellos permiten la mejor representación volumétrica del diseño 3D de una futura prótesis óculo-palpebral utilizando un enfoque cuantitativo. Esto se nota en la metodología que combina diferentes métodos de fabricación aditiva a través de la recolección de datos numéricos, tales como tiempos de impresión, cantidades de materiales utilizados y los gastos

asociados a cada prototipo hecho, que utiliza un método hipotético-deductivo. Este método se caracterizó por formular hipótesis basadas en teorías existentes y luego confirmándolas, usando datos recogidos y analizados después. Se llega a la conclusión que no basta con elegir tecnologías óptimas en calidad de impresión, sino que también sean rentables y accesibles. La investigación recomendó la ampliación de las alternativas tecnológicas y equipos disponibles; estandarizar el proceso productivo; formalizar la digitalización y realizar evaluaciones sobre las capacidades de impresión que pueden ayudar a mejorar la calidad y efectividad de la MA en fabricación protésica maxilofacial, además de optimizar los métodos empleados en los estudios realizados.

Panta (2022), en su investigación sobre vigilancia tecnológica para determinar la viabilidad de la manufactura aditiva en la producción de bicicletas en el Perú, tuvo como objetivo la evaluación de la situación tecnológica en el Perú a través de la vigilancia tecnológica como metodología para implementar la fabricación aditiva aplicada a la producción de bicicletas, esta investigación es principalmente cuantitativa porque se basa en el análisis de publicaciones científicas, patentes y otros datos cuantificables para evaluar la situación tecnológica en el Perú con respecto a la fabricación aditiva para bicicletas. Se menciona el análisis bibliométrico que significa recopilar y analizar datos numéricos sobre publicaciones y citas que es característico de un enfoque cuantitativo; esta investigación mostró la utilización de un método hipotético-deductivo. Este método es típico de los estudios que tienen como objetivo elaborar hipótesis basadas en la revisión de la literatura y luego deducir conclusiones de la recopilación y análisis de datos. En términos de vigilancia tecnológica, se establecieron objetivos y se formularon hipótesis sobre la situación de la fabricación aditiva en el Perú que luego se someten a escrutinio mediante la recopilación de información cualitativa y cuantitativa. La investigación concluye que durante el período observado de 2011 a 2021, Perú no generó producción científica relevante en el campo de la fabricación aditiva aplicada a componentes y repuestos, lo que contrasta con países como Estados Unidos y Canadá que sí publicaron en esta área. Esto ha mantenido a Perú

más como importador que productor, limitando su desarrollo tecnológico y científico en esta materia. Se observa además que la mayoría de las publicaciones provienen de países asiáticos y europeos, reflejando una baja inversión y promoción de la investigación en suelo peruano. En consecuencia, el país está rezagado respecto a Asia en cuanto a producción científica y patentes relacionadas con la fabricación aditiva en bicicletas. Aunque se registran avances en el uso de nuevos materiales y tecnologías a nivel global, en Perú se han realizado estudios nacionales significativos sobre este tema, lo cual podría traducirse en mayores costos y dependencia de importaciones, en particular de naciones asiáticas como China. Esta conclusión se apoya en la revisión de publicaciones científicas y datos sobre inversión y producción tecnológica hasta 2021. Se observa un crecimiento general de la producción científica peruana, pero existen limitaciones claras a nivel específico en fabricación aditiva para componentes, así como en producción de tecnología y patentes locales. La investigación debe ser impulsada a nivel nacional, específicamente en el ámbito del desarrollo de la manufactura aditiva que apunta en específico a la producción de bicicleta. Esto requiere que desarrollemos tecnologías y procesos que permitan producir localmente y disminuir las importaciones de Asia, principalmente de China. Además, es fundamental despejar dudas técnicas relacionadas con el dimensionamiento adecuado de las piezas y los costos involucrados en la implementación de este tipo de proyectos. Por último, también se resaltó la importancia de realizar pruebas mecánicas que permitan evaluar el comportamiento y la resistencia de materiales como el Ácido Poli láctico (PLA) y el Polietileno Tereftalato Glicol (PETG), que son comúnmente usados en la impresión 3D para bicicletas. Estas acciones contribuirían no solo a fortalecer la capacidad tecnológica nacional sino también a optimizar la calidad y funcionalidad de los productos fabricados localmente. Esta visión se sustenta en estudios recientes que reflejan la realidad del Perú como un país que todavía depende mayormente de la importación y que tiene un camino importante por recorrer en términos de investigación y desarrollo en manufactura aditiva para bicicletas.

Chávez (2022), en su artículo de investigación sobre impresión 3D aplicada a edificaciones de escala natural: reflexiones desde la experiencia PUCP, investigación que tuvo como objetivo, desarrollar y validar tecnologías de impresión 3D aplicadas a la construcción, con un enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de materiales, buscando crear un sistema constructivo robótico autónomo que permita la reconstrucción de viviendas en situaciones de desastre, utilizando mejoras materiales locales, así como implementar una metodología constructiva integral sismo resistente a través de la impresión 3D de viviendas y edificios civiles. En la investigación presentada en el artículo, se utilizó un enfoque principalmente cuantitativo. Esto se deduce de la mención de proyectos específicos que involucran el desarrollo de tecnologías y sistemas constructivos, así como la evaluación de materiales y procesos constructivos a través de métricas como velocidad de construcción, reducción de costos y optimización del uso de materiales, utilizando un método hipotético - deductivo, que se caracterizó por la formulación de hipótesis basadas en teorías existentes y la posterior verificación de estas a través de la experimentación y la observación, mencionando el desarrollo de las tecnologías de impresión 3D y la evaluación de su efectividad en la construcción, lo que implicó formular hipótesis sobre los beneficios de estas tecnologías y validarlas a través de la investigación y la práctica. El artículo de investigación concluye que el uso de la tecnología 3D en la construcción puede aportar muchas cosas buenas, como poder diseñar cosas de diferentes maneras, encontrar nuevos materiales, construir más rápido, ahorrar dinero, utilizar mejor los recursos y más. Los expertos sugirieron que una vez probada y perfeccionada la impresión 3D en la construcción, debería incorporarse a la logística de la industria de la construcción. Al utilizar este método, podemos ahorrar dinero, aprovechar al máximo nuestros recursos y terminar los proyectos más rápido. También piensan que la impresión 3D puede ayudar a resolver el problema de no tener suficientes casas, escuelas y hospitales, lo que mejoraría la vida de todos.

Wong (2021), en su investigación sobre las oportunidades y obstáculos en la aplicación de la manufactura aditiva como una herramienta de innovación en Lima, señaló que el objetivo

es examinar las limitaciones del crecimiento de la adopción y aplicación de tecnología en el contexto peruano, identificando las oportunidades existentes para su aplicación, e identificando las barreras que impiden u obstaculizan el uso de su potencial. La investigación se realizó mediante un método cualitativo de alcance exploratorio, al utilizar un enfoque inductivo, explorando el tema y el caso estudiado a través del análisis de datos, partiendo de casos específicos y, en última instancia, determinando los factores que contribuyeron a las limitaciones del crecimiento de la tecnología en el Perú. A pesar del desarrollo tecnológico a nivel mundial, la adopción e implementación de tecnología es lenta y tardía en el contexto peruano. Se reconoció que sus aplicaciones son posibles, pero también existen barreras potenciales para su implementación. La integración de la tecnología en los procesos se destacó como clave para lograr un desarrollo exitoso en el futuro. La investigación concluye que es importante reconocer y resolver las barreras que obstaculizan la adopción y utilización de tecnología de fabricación aditiva en el entorno peruano. La propuesta apunta a fortalecer la difusión de información, ampliar las opciones de financiamiento, mejorar la protección de la propiedad intelectual y fomentar la colaboración entre los sectores académico, empresarial y gubernamental. Se destaca la importancia de aprovechar el potencial tecnológico existente, especialmente por su capacidad para impulsar la innovación y el desarrollo dentro de la industria.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Ficzere (2022), en su investigación aborda el impacto del posicionamiento de piezas en los costos variables de producción en el caso de la fabricación aditiva, el cual tuvo el propósito de analizar cómo la ubicación de las piezas en el espacio de trabajo influye en esos costos de producción variables en la fabricación aditiva. Para ello se utilizó un enfoque cuantitativo con métodos experimentales y analíticos, realizando un experimento en el que cinco componentes simples se colocaron en distintas posiciones para evaluar el efecto en los costos. Los resultados muestran que la colocación de las partes en la cama de fabricación, afecta el costo. Asimismo, se aconseja implementar una estrategia de precios clara y fácilmente entendible para los

consumidores. Se sugiere que, dado que el tiempo de fabricación depende del material empleado, se utilice un modelo de costes basado en el tiempo. Estas conclusiones coinciden con trabajos anteriores, que sostienen que la distribución y la orientación de las piezas generan influencia en el coste, la calidad y el tiempo de fabricación. Así, se demuestra la necesidad de seguir desarrollando métodos de optimización y planificación para reducir los costes variables en fabricación aditiva.

Blakey (2021), en su artículo científico sobre la fabricación aditiva de metales en el sector aeroespacial, se planteó como objetivo ofrecer una visión exhaustiva sobre la fabricación aditiva de metales en el ámbito aeroespacial. El análisis de diferentes aspectos, tanto técnicos como económicos, de la producción aeronáutica, que apunta a la reducción de peso estructural, gestión de costes, procesos de certificación y ejemplos de aplicación de esta tecnología en la industria. Se revisaron también las estructuras de celosía, su certificación y las oportunidades de mejora de la adición metálica en el sector aeroespacial. La investigación fue cualitativa y se realizó una revisión descriptiva y analítica sobre las ventajas, limitaciones, casos de éxito y dificultades en la aplicación de esta tecnología. La revisión sistemática de literatura en específico fue la forma en que se hizo esto, que ayudo a identificar aplicaciones de importancia y discutir sus beneficios, limitaciones y retos actuales. El estudio concluyó que la fabricación aditiva de metales representa una oportunidad significativa para el sector aeroespacial, destacándose por su capacidad para reducir costos y tiempos de producción, así como para facilitar el diseño de componentes innovadores y optimizados. Se propuso fomentar la implementación continua de esta tecnología, considerando tanto sus ventajas competitivas como los retos técnicos y normativos que conlleva. Finalmente, se recomendó impulsar investigaciones orientadas al desarrollo de nuevas aplicaciones y métodos de producción, con el propósito de maximizar los beneficios en términos de eficiencia, optimización de diseño y sostenibilidad económica dentro del sector aeroespacial.

Bird (2021), en su artículo explora la fabricación aditiva de sensores para aplicaciones de monitorización militar, investigación que se enfocó en analizar como esta tecnología impulsa el

avance de sensores químicos y biológicos, priorizando el desarrollo de dispositivos funcionales y analíticos para aplicaciones biomédicas que mejoren la adaptabilidad y el rendimiento de sensores impresos en 3D. Su enfoque cualitativo, permitió no solo evaluar los progresos tecnológicos actuales, sino también identificar futuras oportunidades en el ámbito militar. Mediante el análisis minucioso de distintas técnicas de fabricación aditiva, los autores buscaron la integración eficiente de circuitos electrónicos con sensores físicos, lo que mejoraría su protección y atención médica en el terreno. Además, la investigación subraya la urgencia de perfeccionar aspectos técnicos como la resolución y eficiencia de impresión, la reducción de tiempos y el desempeño general de los sensores. En esta última instancia, se propone incorporar tecnologías de energía inalámbrica y sistemas de recolección de energía para ampliar las capacidades electrónicas de los sensores, especialmente en ambientes complejos como el interior del cuerpo humano, posibilitando así un monitoreo remoto avanzado, diagnóstico y tratamiento. Se concluye que, una vez que se logre maximizar la funcionalidad de la fabricación de sensores, enfrentando los desafíos específicos del contexto militar, se garantiza mayor seguridad y eficacia en operaciones.

Hasanov (2021), en su investigación que trata la revisión sobre fabricación aditiva de piezas multimateriales, sus avances y desafíos, con la intención de explorar los avances recientes y los desafíos que aún se presentan en esta área. Se adoptó una perspectiva cualitativa apoyada en un método analítico - sintético para evaluar cuidadosamente tanto los progresos como los obstáculos y las aplicaciones prácticas de esta tecnología. Se examinaron los diversos materiales empleados y sus múltiples usos en distintos sectores industriales, lo que permitió ofrecer una visión más amplia al panorama actual. Se concluye que es relevante la observación hecha por los autores sobre el enorme potencial que representa la fabricación aditiva multimaterial, a pesar de las dificultades técnicas que se mantienen. Esta tecnología facilita la creación de componentes personalizados con propiedades específicas, algo esencial para producir piezas mecánicas a medida con característica de rendimiento adaptadas a cada necesidad particular.

La interfaz entre diferentes materiales resulta muy importante en este sentido, al igual que la mejora de la eficiencia de todos los procesos de fabricación y la compatibilidad de los materiales. Asimismo, se recomendó la optimización y refinamiento continuo de estos aspectos técnicos, con el fin de consolidar la fabricación aditiva de múltiples materiales como una herramienta valiosa y flexible para la industria, capaz de responder a demandas cada vez más complejas y diversificadas. Se subrayó que, aunque el camino todavía presenta retos, la amplitud de posibilidades abiertas invita a un compromiso firme con la innovación y la mejora constante.

Saleh (2021), en su artículo hace referencia a la fabricación aditiva de materiales poliméricos: avances, promesas y desafíos. El propósito fundamental del trabajo consiste en proporcionar un examen breve pero pormenorizado del estado de la tecnología, con atención a los diferentes procesos y a los diversos materiales que emplea. La metodología se sustenta en un análisis cualitativo de orientación descriptiva – analítica, lo que facilita una inmersión profunda en la evolución histórica, las técnicas y las aplicaciones industriales de estos sistemas de manufactura. Resulta particularmente interesante la diversidad de polímeros considerados en la revisión. El estudio no se limita a los termoplásticos convencionales, sino que amplía su mirada hacia composites, nanomateriales poliméricos, sistemas híbridos, plásticos reforzados con fibra y biopolímeros. Este abanico de materiales evidencia la complejidad y el dinamismo del campo. A través de un recorrido histórico, se discuten con detalle los procesos de fabricación y las aplicaciones que han emergido en múltiples sectores industriales, revelando una transición significativa: la fabricación aditiva con polímeros ha trascendido su función original de prototipado rápido para consolidarse como una alternativa versátil y madura en la producción. Las conclusiones del trabajo subrayan la necesidad crítica de avanzar en varios frentes. Se identifica como prioritario del diseño de interfaces para sistemas multimaterial, la optimización meticulosa de los parámetros de fabricación y la garantía de compatibilidad entre los materiales en la pieza final. El estudio aboga de manera enfática por la exploración continua y el desarrollo de nuevos materiales funcionales. En este sentido, se sugiere la creación de mezclas poliméricas elásticas

que mantengan la estabilidad dimensional, así como el diseño de ionómeros y polímeros sensibles a estímulos externos. La capacidad de satisfacer demandas específicas de resistencia, flexibilidad y textura resulta fundamental para apuntalar la fabricación aditiva como una técnica de manufactura robusta y con potencial para transformar los paradigmas productivos tradicionales.

Babu (2020), en su investigación sobre el diseño y adaptación de aleaciones para fabricación aditiva. La esencia de esta investigación está en poder obtener ciertas capacidades que permitan producir piezas con precisión, generando una optimización en las diferentes propiedades y partes de las que se encuentra compuesta una pieza, lo que hace la diferencia entre los métodos tradicionales con esta nueva forma de tecnología. Para poner a prueba estas capacidades, se adoptó un enfoque mixto que agrega experimentación de laboratorio con análisis detallados. Se ha considerado que la fabricación aditiva no solo es capaz de generar geometrías complejas, sino también de producir microestructuras con un diseño personalizado en aleaciones, logrando ventajas que no se podrían tener con los procesos convencionales. En conclusión, esta situación se convierte en un compromiso acompañado de grandes retos, teniendo entre estos, el de englobar a fondo los rápidos sucesos de solidificación y las transformaciones de fase, que son particulares de estos procesos. El futuro de esta nueva tecnología, obedece en gran medida del incremento de instrumentos computacionales avanzados para bosquejar estas aleaciones y de una investigación permanente sobre nuevas composiciones y arquitecturas microestructurales. Además, se sugiere lograr un entendimiento que refleje que estas mejoras permitirán concretar plenamente la noción de metalurgia a la carta, donde el material se fabrica capa a capa para cumplir tareas peculiares, abriendo un abanico amplio de oportunidades para la ingeniería de materiales y la fabricación personalizada.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Gestión de Mantenimiento

La administración de mantenimiento es el conjunto de procesos, técnicas y procedimientos con la intención de garantizar la operatividad de los equipos, así como la eficiencia de los mismos. (Moblely, 2020). La gestión efectiva del mantenimiento involucra la planificación de actividades correctivas, preventivas y predictivas, con el objetivo de maximizar la disponibilidad de los activos.

Según Epler et al. (2017), la prevención logística ayuda a elevar la conciencia entre los usuarios de servicios logísticos y a establecer condiciones que requieren un menor uso de recursos logísticos. Así, el apoyo logístico del sistema de defensa se vuelve más asequible. Esta disciplina es fundamental en organizaciones que dependen de la fiabilidad de su maquinaria y tecnología para el cumplimiento de sus objetivos, especialmente en contextos militares donde la disponibilidad de los equipos es crítica para la operación efectiva.

La gestión o gerencia de mantenimiento no es solamente la reparación, también incluye la planificación, organización, dirección, ejecución y control de toda acción necesaria para prevenir y evitar fallas, así como maximizar la disponibilidad en el tiempo y rendimiento de los sistemas. Esto quiere decir que también es incluido tener en cuenta una cuidadosa planificación, administración eficaz de los recursos y se tiene en cuenta todo lo que tienen en los recursos y un programa de acción. El objetivo es maximizar la vida útil de los equipos y reducir al mínimo los tiempos de inactividad, lo cual es vital en entornos militares donde cualquier interrupción puede tener consecuencias significativas.

La modernización de la gestión del mantenimiento requiere determinar objetivos, prioridades y responsabilidades, así como planificar, programar y controlar la ejecución de las tareas. Solís & Torres (2021) subrayan que una adecuada gestión debe considerar todo el ciclo de vida de los activos físico y procurar reducir los costes globales, asegurar el buen funcionamiento de los equipos y minimizar riesgos ambientales.

2.2.1.1. Modelo Logístico basado en PDCA y Análisis RAM

Solórzano & Espinosa (2021) proponen un modelo logístico de gestión de mantenimiento orientado a mejorar la disponibilidad operativa, que se fundamenta en el ciclo Deming (planificar-hacer- verificar- actuar) y en el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (RAM).

Este modelo se desarrolla en cinco etapas: definición de estrategias de mantenimiento, implementación de dichas estrategias, análisis de criticidad de los activos, evaluación de los indicadores RAM y selección de acciones de mejora. La propuesta destaca la importancia de la retroalimentación del control de datos técnicos para lograr una mejora continua en el sistema de mantenimiento.

2.2.1.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Productivo total se ha consolidado recientemente como una herramienta eficaz para maximizar la eficiencia y la eficacia en los procesos industriales. Solís-Meza y Torres-Rodríguez (2021), señalan que el TPM es una de las estrategias que garantiza una alta eficacia y eficiencia en la gestión del mantenimiento. Según el análisis que se llevó a cabo con 39 fuentes bibliográficas, el TPM genera mejoras significativas con respecto a los indicadores de mantenimiento. Así mismo, funciona en empresas grandes. Entre sus pilares se encuentran el mantenimiento autónomo, la mejora enfocada, la formación continua y la seguridad, todos orientados a reducir tiempos de parada y a incrementar la vida útil de los activos.

2.2.1.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Quintana et al. (2022) muestran que el RCM es una herramienta para asegurar el desempeño deseado de la gestión de mantenimiento. Su empleo engloba análisis operacionales, observación directa, lluvia de ideas y criterio de expertos para establecer los elementos básicos de un programa RCM y el desarrollo de planes de mantenimiento específicos. Los resultados de su estudio evidencian que incorporar un enfoque basado en la confiabilidad permite jerarquizar fallos, planificar acciones de mantenimiento y evaluar el impacto económico sobre los indicadores de rendimiento.

2.2.2 Manufactura Aditiva

El Ministerio de Defensa de España (DGAM, 2020) describe la manufactura aditiva como una tecnología para la industria y la defensa, que fabrica objetos uniendo material capa a capa a partir de modelos 3D. esta tecnología ofrece libertad de diseño y agilidad, permitiendo crear piezas a demanda sin necesidad de stock, producir repuestos y piezas personalizadas, y reducir significativamente los tiempos de obtención. La manufactura aditiva puede emplear distintos materiales y técnicas adaptándose a las prestaciones requeridas. Asimismo, destaca que la manufactura aditiva se ha utilizado para fabricar repuestos de vehículos y plataformas terrestres. Al desplegar impresoras en territorio nacional o en zonas de operación, es posible mejorar la disponibilidad de sistemas, ahorrar costes y tiempos y permitir reparaciones in situ. Las aplicaciones se extienden desde piezas plásticas no estructurales hasta componentes metálicos críticos, con la condición de cumplir procesos de certificación y control de calidad.

2.2.2.1 Transformación de la Cadena de Suministro y Economía

Díaz & Corpas (2023) explican que la manufactura aditiva está transformando las cadenas de suministro, pasando de modelos basados en economías de escala a cadenas de demanda más ágiles y personalizadas. Esta transición reduce inventarios, permite producciones de menor volumen y favorece la personalización, además de mitigar la dependencia de proveedores externos. También subrayan que la manufactura aditiva puede imprimir piezas difíciles de adquirir o ya obsoletas, eliminar largos tiempos de entrega, aprovechar geometrías complejas y reducir el desperdicio de material. Para la defensa, estas características son clave, porque el suministro de repuestos críticos suele estar expuesto a vulnerabilidades geopolíticas y limitaciones de proveedores.

2.2.2.2 Certificación y Desarrollo Tecnológico

La adopción de la manufactura aditiva en entornos militares requiere superar retos en la producción de piezas metálicas a gran escala con propiedades homogéneas. Díaz & Corpas (2023) destacan la necesidad de caracterizar materiales, validar procesos y lograr la certificación

de las piezas impresas para cumplir los requisitos de sistemas de armas. La DGAM (2020) enfatiza que la MA no debe sustituir indiscriminadamente a la fabricación convencional; más bien, debe integrarse de forma híbrida con procesos tradicionales para optimizar producción y calidad.

2.2.2.3 Logística de Mantenimiento y Sostenibilidad

La revisión sistemática de Mechter et al. (2022) muestra que la manufactura aditiva permite fabricar piezas de recambio en el punto de necesidad, reduciendo tiempos de espera, inventarios y costes de almacenamiento. Además, disminuye el uso de materia prima y la complejidad de la cadena de suministro, lo que aumenta la robustez y la eficiencia del sistema. Estas ventajas refuerzan la propuesta de utilizar manufactura aditiva para mejorar la gestión de mantenimiento militar, ya que se puede producir repuestos cuando y donde se necesiten.

2.2.3 Convergencia de la Gestión de Mantenimiento y Manufactura Aditiva en el Contexto Militar

2.2.3.1 Respuesta a la Obsolescencia y Escasez de Repuestos

Varias fuerzas armadas han señalado la dificultad de mantener equipos antiguos por falta de repuestos. El estudio de Díaz & Corpas (2023) menciona que uno de los principales atractivos de la MA para defensa es la posibilidad de imprimir componentes que ya no se fabrican o que son difíciles de obtener, reduciendo así los tiempos de inactividad. La MA se presenta, por tanto, como una alternativa para extender la vida útil de equipos a los que resulta costoso o imposible acceder a piezas de reemplazo.

2.2.3.2 Disponibilidad y Confiabilidad

Al integrar la manufactura aditiva en la cadena de mantenimiento, se elimina la espera prolongada de repuestos importados y se reducen los costos logísticos asociados al transporte y almacenamiento. Las cinco etapas del modelo PDCA aplicadas al mantenimiento, complementadas con la capacidad de fabricar repuestos bajo demanda, permiten aumentar la disponibilidad de equipos y mejorar indicadores RAM, dado que se reduce el tiempo de ciclo entre la detección de la falla y la reparación (Solórzano & Espinosa, 2021).

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Objetivo de la Investigación

El objeto de estudio de esta investigación consiste en analizar minuciosamente la introducción de la manufactura aditiva en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú. Este análisis contempla la evaluación de cómo dicha tecnología emergente se implementa y adapta dentro de la estructura logística militar, así como su incidencia en la transformación de los procesos y estrategias de mantenimiento existentes.

La investigación examina el impacto de la manufactura aditiva sobre variables fundamentales como los tiempos de espera para el suministro de repuestos, la disponibilidad de equipos, los costos operativos y la confiabilidad de los activos militares. Asimismo, se considerarán los factores humanos y organizacionales, incluyendo las percepciones del personal, la cultura institucional, y las barreras y facilitadores internos, junto con los aspectos técnico-económicos, tales como la viabilidad económica, las aplicaciones concretas y las barreras tecnológicas que pueden influir en el éxito de la implementación.

Al focalizarse en la experiencia de los distintos actores involucrados, el estudio pretende delimitar los alcances, oportunidades y desafíos que plantea la manufactura aditiva en el ámbito militar peruano, con el propósito de identificar cómo esta tecnología puede contribuir a maximizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los equipos del Ejército del Perú.

2.3.2 Conceptos Fundamentales

2.3.2.1 Gestión de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento se define como el conjunto de estrategias, procesos y acciones diseñadas para garantizar la operatividad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos y sistemas en una organización (Moblely, 2020). En el ámbito militar, la gestión de mantenimiento adquiere un papel crítico, ya que la eficiencia de los equipos impacta directamente en la capacidad de respuesta y la seguridad operativa de las fuerzas armadas.

2.3.2.1. Tiempos de Espera

Se entiende como el periodo entre la necesidad de una intervención y la disponibilidad de recursos (repuestos, personal). El modelo logístico de gestión de mantenimiento propuesto por Solórzano & Espinosa (2021) utiliza estrategias de monitoreo, control y retroalimentación basadas en el ciclo PDCA para reducir los tiempos de inactividad y mejorar la disponibilidad operativa. Estos tiempos impactan directamente en la productividad y deben ser minimizados mediante una coordinación eficiente de recursos y procesos.

2.3.2.1.2 Disponibilidad de Equipos

Es la proporción de tiempo en que un activo militar está en condiciones de cumplir su función. Según Solórzano & Espinosa (2021), la gestión de mantenimiento se dirige a incrementar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos (indicadores RAM). El mismo modelo logístico plantea que mediante el análisis de criticidad y el seguimiento de indicadores se pueden medir los efectos de las estrategias aplicadas sobre la disponibilidad. La disponibilidad alta es indispensable para asegurar la respuesta operativa del Ejército.

2.3.2.1.3 Costos de Mantenimiento

Incluyen los recursos financieros destinados a reparaciones, repuestos, mano de obra y tiempos de parada. Solís & Torres (2021) señalan que la gestión moderna del mantenimiento debe considerar el ciclo de vida de cada activo y buscar reducir los costos globales, garantizar el buen funcionamiento y disminuir riesgos. Los costos también comprenden la inversión en nuevas tecnologías, como la manufactura aditiva, y su retorno en términos de reducción de inventarios y tiempos muertos.

2.3.2.1.4 Barreras Organizacionales

Son los obstáculos internos que dificultan la eficiencia del mantenimiento, como la resistencia al cambio, la carencia de capacitación técnica, la falta de integración entre unidades y deficiencias en la normativa. El modelo RCM aplicado por Quintanal et al. (2022) subraya que la implementación de nuevas estrategias de mantenimiento exige alinearse con políticas

organizacionales y normas de calidad, y que la adopción de tecnologías innovadoras demanda un cambio cultural y de gestión.

2.3.2.2 Manufactura Aditiva

La manufactura aditiva (MA), también conocida como impresión 3D, es un proceso de fabricación basado en la superposición de capas de material hasta obtener la forma final del objeto, a partir de un modelo digital (Rosen, 2021).

En el sector militar, la MA ha demostrado ser una alternativa viable para la fabricación de piezas y repuestos en entornos operativos, permitiendo una producción rápida, localizada y personalizada de componentes críticos. Según estudios previos, la MA ha sido implementada en unidades militares de Estados Unidos, donde se han desarrollado laboratorios de fabricación in situ para producir repuestos y mejorar la respuesta logística en escenarios de conflicto (Judson, 2019). En el caso del Ejército Australiano, la implementación de MA ha permitido fabricar piezas para vehículos blindados en zonas de operaciones, asegurando su disponibilidad (SPEE3D, 2020).

2.3.2.2.1 Viabilidad Económica

Se refiere a la relación costo–beneficio de introducir la manufactura aditiva en la cadena de mantenimiento. La literatura especializada resalta que la MA reduce inventarios, tiempos de obtención y desperdicio de material; Díaz & Corpas (2023) explican que permite imprimir piezas difíciles de adquirir, eliminando largos tiempos de entrega y optimizando recursos. Asimismo, el análisis de Mechter et al. (2022) muestra que la producción a demanda disminuye el coste de almacenamiento y el uso de materias primas, lo que fortalece la viabilidad económica de esta tecnología.

2.3.2.2.1 Aplicaciones

El documento del Ministerio de Defensa de España (DGAM, 2020) detalla que la MA se aplica para fabricar repuestos de vehículos, estructuras de sistemas aéreos no tripulados, carcasas, adaptadores y prótesis, permitiendo la personalización y reparación de componentes

en ambientes operacionales. Estas aplicaciones muestran cómo la MA extiende la vida de sistemas antiguos y soporta operaciones en lugares remotos, reduciendo la dependencia de cadenas logísticas largas.

2.3.2.2.1 Barreras Técnicas

Incluyen limitaciones de materiales, procesos y certificación. Díaz & Corpas (2023) advierten que producir piezas metálicas de gran tamaño con propiedades homogéneas sigue siendo complejo; se requiere caracterizar los materiales, validar procesos y establecer normas para certificar piezas impresas. Además, el DGAM subraya que la MA debe integrarse de forma híbrida con la fabricación convencional y no sustituirla indiscriminadamente, lo que implica adaptar procesos y capacitar al personal.

2.4 Definición de Términos Básicos

2.4.1 Economía Circular

La economía circular es un modelo económico orientado a optimizar el uso de los recursos, minimizar los residuos y promover la reutilización y el reciclaje dentro de los procesos productivos. Según la comisión Europea (2015), “la economía circular es un modelo en el que el valor de los productos, materiales y recursos se mantiene en la economía durante el mayor tiempo posible, y se reduce al mínimo la generación de residuos” (p. 2).

2.4.2 Tecnologías emergentes

Las tecnologías emergentes son innovaciones y tecnologías que se encuentran en una fase de desarrollo inicial, pero con un alto potencial transformador sobre los sistemas productivos, económicos y sociales. Según la OCDE (2021), “son innovaciones con capacidad de alterar significativamente la estructura y dinámica de los sectores donde se aplican” (p. 15).

2.4.3 Piezas Críticas

Las piezas críticas son aquellos componentes esenciales cuya falla puede interrumpir el funcionamiento de un sistema, maquinaria o equipo, generando consecuencias graves en la operación, la seguridad o la disponibilidad del servicio. Según la norma ISO 14224 (2016), “las

piezas críticas son aquellos elementos cuya falla causa la pérdida total o parcial de la función del sistema” (p. 47).

2.4.4 Logística Militar

La logística militar comprende el conjunto de actividades destinadas a planificar, obtener, distribuir y mantener los recursos necesarios para garantizar la capacidad operativa de las fuerzas armadas. De acuerdo con el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD, 2020), “la logística militar es la ciencia de planificar y llevar a cabo el movimiento y mantenimiento de las fuerzas” (p. 112).

2.4.5 Ácido poli actico (PLA)

El ácido poli actico (PLA) es un biopolímero termoplástico derivado de recursos renovables, como el maíz o la caña de azúcar, ampliamente utilizado en manufactura aditiva por su facilidad de impresión, estabilidad dimensional y bajo impacto ambiental. Según Farah, Anderson y Langer (2016), “el PLA es un polímero biodegradable y biocompatible que presenta buenas propiedades mecánicas y térmicas, adecuado para aplicaciones industriales y biomédicas” (p. 432).

2.4.6 Polietileno Tereftalato Glicol (PETG)

El polietileno tereftalato Glicol (PETG) es un copoliéster termoplástico derivado del PET modificado con glicol, lo que le confiere mayor resistencia al impacto, flexibilidad y estabilidad dimensional, siendo ampliamente empleado en manufactura aditiva por su durabilidad y facilidad de procesamiento. Según Tymrak, Kreiger y Perace (2014), “el PETG combina la resistencia mecánica del ABS con facilidad de impresión del PLA, ofreciendo un equilibrio óptimo entre rigidez, transparencia y resistencia térmica” (p. 8).

2.4.7 Nanomateriales Poliméricos

Los nanomateriales poliméricos son materiales compuestos formados por una matriz polimérica reforzada con nanopartículas (como nanotubos, nano fibras o nanoarcillas), diseñados para mejorar propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas o de resistencia al desgaste. “Los

nanocompuestos poliméricos exhiben mejoras significativas en rigidez, resistencia y estabilidad térmica incluso con pequeñas concentraciones de refuerzo nanométrico” (Hussain et al., 2006, p. 170).

2.4.8 Biopolímeros

Los biopolímeros son macromoléculas naturales o sintéticas derivadas de fuentes renovables que poseen la capacidad de biodegradarse mediante procesos biológicos, representando una alternativa sostenible frente a los polímeros convencionales derivados del petróleo. Según Chen (2012), “los biopolímeros son materiales poliméricos producidos a partir de recursos biológicos y diseñados para reducir el impacto ambiental de los procesos industriales” (p. 588).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño Metodológico

El diseño metodológico de la investigación se fundamentó en un enfoque cualitativo, adoptando el método hermenéutico como estrategia central de análisis. Este enfoque resultó pertinente debido a que permitió interpretar, comprender y analizar en profundidad las experiencias, discursos y documentos relacionados con la gestión de mantenimiento militar y la potencial implementación de la manufactura aditiva en el Ejército del Perú.

De acuerdo con Hernández-Sampieri et al. (2018), la investigación cualitativa posibilita el estudio de fenómenos complejos en su contexto natural, sin manipular variables, a través de la recolección y análisis de información desde múltiples fuentes. Bajo esta perspectiva, la hermenéutica brindó las herramientas necesarias para interpretar documentos normativos, testimonios de especialistas y observaciones directas, otorgando sentido a los datos en relación con la problemática planteada.

En síntesis, el diseño metodológico se desarrolló con un enfoque cualitativo y hermenéutico, lo cual posibilitó comprender de manera integral las limitaciones de la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, así como analizar la viabilidad y beneficios de la manufactura aditiva como alternativa estratégica para optimizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares.

3.2 Diseño Muestral

El diseño muestral de la investigación se sustentó en la aplicación de un muestreo no probabilístico e intencional. Esta decisión metodológica respondió a la necesidad de seleccionar participantes que posean un nivel de conocimiento y experiencia relevante en la gestión de mantenimiento militar, así como en la aplicación de tecnologías emergentes, como la manufactura aditiva.

De acuerdo con Arispe (2020), el muestreo no probabilístico e intencional se caracteriza por estar basado en el criterio del investigador, quien determina los sujetos de estudio a partir de la experiencia y familiaridad con la población objetivo. Este enfoque exige detallar el proceso de selección de la muestra y se orienta a asegurar la obtención de información pertinente y significativa para los objetivos de la investigación.

En consecuencia, la estrategia muestral adoptada permitió focalizar el estudio en aquellos actores cuya experticia y trayectoria resultan fundamentales para comprender en profundidad los procesos de mantenimiento militar y la viabilidad de integración de nuevas tecnologías, garantizando así la relevancia y calidad de los datos recolectados.

La población seleccionada para el estudio estuvo compuesta por 117 integrantes del Comando Logístico del Ejército del Perú. Todos estos participantes ejercen funciones directamente vinculadas con el mantenimiento de equipos, la gestión de repuestos y la logística institucional, lo que garantizó que su conocimiento y experiencia sean relevantes para los objetivos de la investigación.

En cuanto a la muestra, se realizaron 15 entrevistas dirigidas específicamente a 09 Oficiales, 04 Técnicos y 02 Suboficiales del Ejército del Perú. Esta selección estuvo orientada a obtener información de actores con diferentes niveles jerárquicos y especialización dentro de la institución, permitiendo así una visión integral sobre los procesos de mantenimiento y gestión logística.

El tipo de muestreo empleado fue no probabilístico e intencional, fundamentado en la experiencia y conocimiento de la población seleccionada. Esta estrategia permitió focalizar el estudio en sujetos con alto nivel de experticia, asegurando la pertinencia y profundidad de los datos obtenidos. De este modo, el diseño muestral garantizó que los hallazgos obtenidos fueran consistentes con la realidad institucional del Ejército del Perú y permitieran alcanzar una comprensión integral del fenómeno investigado.

3.3. Técnica e Instrumentos de Recolección de Información

Para garantizar la validez de la investigación, se utilizaron técnicas de recolección de datos acordes con el enfoque cualitativo y el método hermenéutico. De acuerdo con Hernández-Sampieri et al. (2018), la elección de técnicas en investigaciones cualitativas debe facilitar una interpretación profunda del fenómeno en estudio. Esto implica recurrir a fuentes diversas y considerar múltiples perspectivas, lo que enriquece la comprensión y análisis del objeto investigado. Por su parte, Arispe (2020) señala que los instrumentos son esenciales para la aplicación adecuada de cada técnica. La elaboración de estos instrumentos demanda pertinencia, es decir, deben diseñarse considerando cuidadosamente las variables e indicadores relevantes para el estudio. Asimismo, resulta indispensable que los instrumentos cuenten con validez, tanto de contenido como de constructo, y que los datos obtenidos sean confiables. Como referencia, la confiabilidad puede estimarse verificando aproximadamente el 10% de la población o muestra utilizada en la investigación. Finalmente, es fundamental asegurar la coherencia entre la técnica seleccionada y el instrumento de recolección de datos, de modo que ambos se complementen y contribuyan eficazmente al logro de los objetivos planteados en el estudio. En este estudio, se emplearon tres técnicas principales:

3.3.1. Análisis Documental: Se revisaron manuales técnicos de mantenimiento militar, directivas institucionales, planes logísticos, normativas vigentes, reportes operativos y bibliografía científica relacionada con manufactura aditiva y gestión de mantenimiento militar.

a. Instrumento: Fichas de análisis documental.

b. Categorías vinculadas: Gestión de mantenimiento, manufactura aditiva.

c. Sub-Categorías vinculadas: Tiempos de espera, disponibilidad de equipos, costos de mantenimiento, viabilidad económica, barreras técnicas, aplicaciones.

3.3.2. Entrevistas Semiestructuradas: Se llevo a cabo un conjunto de entrevistas a Oficiales, Técnicos y Sub oficiales que están ligados a la gestión de mantenimiento, siguiendo un guion temático previamente validado por expertos. La información proveniente de las entrevistas brindó

la posibilidad de que se puedan evaluar las percepciones de los actores sobre los beneficios, limitaciones y oportunidades de la implementación de la manufactura aditiva en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú.

a. Instrumento: Guía de entrevista semiestructurada.

b. Categorías vinculadas: Tiempos de espera, costos de mantenimiento, aplicaciones de manufactura aditiva, barreras técnicas y organizacionales.

c. Sub-Categorías vinculadas: Tiempos de espera, disponibilidad de equipos, costos de mantenimiento, barreras organizacionales, viabilidad económica, barreras técnicas y aplicaciones.

3.3.3. Observación no Participante: Se realizaron observaciones directas en unidades que tienen relación con la logística, así como talleres de mantenimiento militar que registra procedimientos de gestión de repuestos, tiempos vinculados a reparaciones y limitantes en la disponibilidad en partes críticas.

a. Instrumento: Guía de observación estructurada.

b. Categorías vinculadas: Gestión de mantenimiento, disponibilidad de equipos, barreras técnicas.

c. Sub-Categorías vinculadas: Tiempos de espera, disponibilidad de equipos, costos de mantenimiento, viabilidad económica, barreras técnicas, aplicaciones.

Gracias a estas herramientas se fueron triangulando, con lo que se obtuvo una visión global del problema y se minimizó la posibilidad de sesgos.

3.4. Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información

El procesamiento de la información fue de empleando un enfoque cualitativo hermenéutico, donde se intentó ofrecer interpretaciones sobre las entrevistas, observaciones y documentos que obtuvimos. Este método permite captar las experiencias y significados dentro de la institución militar, facilitando así una comprensión integral del fenómeno. Además, contextualiza los resultados en el entorno del Ejército del Perú. Siguiendo a Hernández-Sampieri

et al. (2018), el análisis identificó patrones y categorías temáticas emergentes. A juicio de Arispe (2022), se usó la entrevista como principal estrategia para la obtención de datos que permiten comprender los significados y valoraciones de las experiencias recolectadas. El proceso analítico siguió varias fases:

3.4.1. Organización y sistematización de la información

Toda la información recolectada fue transcrita, clasificada y registrada en matrices de análisis cualitativo. Los datos fueron organizados por categorías y subcategorías preestablecidas y aprobadas en la matriz de consistencia, lo que permite la coherencia de los objetivos, recogida y análisis.

3.4.2. Codificación y Categorización

Se aplicó un proceso de codificación abierta, en el que se identificaron fragmentos de texto relevantes provenientes de entrevistas, observaciones y documentos técnicos. Estos fragmentos se etiquetaron con un código inicial que marca una idea o concepto relacionado con el objeto de estudio. Posteriormente, se realizó la codificación axial, donde los códigos se agruparon en categorías y subcategorías, estableciendo relaciones entre ellos para evidenciar patrones y nexos conceptuales entre los distintos hallazgos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y SÍNTESIS

4.1 Definición de Categorías y Sub categorías

El procedimiento de codificación y categorización posibilitó la identificación de las dimensiones esenciales que componen el fenómeno. Esto se realizó a partir de una lectura hermenéutica sobre los datos recolectados a partir de entrevistas, observación mediante entrevistas, observación directa y revisión documental.

De acuerdo a la metodología cualitativa, establecida por Strauss & Corbin (2022), la codificación abierta permitió el desmembramiento de todos los datos en unidades de significados que se relacionaron con la gestión del mantenimiento y la manufactura aditiva. Posteriormente, mediante la codificación axial, se establecieron relaciones entre las categorías y sus propiedades, identificando los factores que influyen en la eficiencia del mantenimiento. Finalmente, la codificación selectiva permitió integrar las categorías en un marco conceptual que explica cómo la manufactura aditiva puede optimizar los procesos de mantenimiento del Ejército del Perú. El resultado fue la identificación de dos categorías centrales, Gestión de mantenimiento y Manufactura aditiva, y un conjunto de subcategorías emergentes, construidas inductivamente a partir del discurso de los participantes y del análisis comparativo constante de la evidencia empírica.

4.1.1 Categoría 1: Gestión de Mantenimiento

La información obtenida de las entrevistas y la observación directa en los talleres del Ejército del Perú reveló que la gestión de mantenimiento es percibida por el personal técnico como un proceso fragmentado, condicionado por limitaciones administrativas y tecnológicas. Los participantes coincidieron en que la falta de autonomía logística, los extensos procedimientos de adquisición y la carencia de piezas críticas provocan retrasos significativos en la recuperación de

equipos, reduciendo la disponibilidad operativa de las unidades. La gestión de mantenimiento constituye un subsistema estratégico del sostenimiento logístico militar, cuya eficiencia depende de su capacidad para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y continuidad de los activos materiales. En el contexto del Ejército del Perú, la ausencia de integración tecnológica y la rigidez de los procesos administrativos obstaculizan la mejora continua, generando dependencia de agentes externos y desarticulación institucional. La categoría reflejó un modelo de mantenimiento predominantemente reactivo, donde las decisiones se orientan a reparar fallas en lugar de prevenirlas o mitigarlas. Esta situación es consecuencia de un sistema logístico que prioriza el procedimiento burocrático sobre la funcionalidad técnica, debilitando la capacidad operativa. En ese sentido, la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú requiere una reingeniería institucional que incorpore innovación tecnológica, descentralización y autonomía técnica.

4.1.1.1 Subcategorías Derivadas

4.1.1.1.1 Tiempos de espera. Los tiempos de espera para la adquisición de repuestos fueron identificados como el principal factor de indisponibilidad operativa. Los datos revelan demoras que oscilan entre semanas y meses debido a la tramitología interna y la falta de proveedores nacionales.

“Tenemos vehículos esperando piezas desde hace meses y años, el trámite es demasiado largo” (Entrevista 2).

“A veces al equipo le comienzan a fallar otros sistemas cuando llega el repuesto que inicialmente se necesitaba, porque estuvo tanto tiempo parado que se deteriora.” (Entrevista 4)

Este fenómeno representa una ineficiencia estructural del sistema logístico, que puede ser mitigada mediante la fabricación local de componentes estratégicos.

4.1.1.1.2 Disponibilidad de Equipos. La disponibilidad se entiende como el grado en que los equipos se encuentran en condiciones operativas. Los testimonios indican que, en promedio, solo entre el 60 % y 70 % de los equipos están plenamente operativos, principalmente por falta de piezas críticas.

“No podemos cumplir de manera eficiente todas las actividades porque hay demasiados equipos fuera de servicio por falta de repuestos.” (Entrevista 6).

“Se priorizan las unidades más importantes, pero otras quedan relegadas sin solución inmediata.” (Entrevista 7).

Se considera que la disponibilidad operacional refleja la capacidad real del sistema logístico para sostener las operaciones y acciones militares. Su mejora depende de acortar los ciclos de reparación y abastecimiento.

4.1.1.1.3 Costos de Mantenimiento. El costo de mantenimiento se incrementa por la dependencia de importaciones, la compra de repuestos en pequeñas cantidades y la contratación por urgencia.

““En algunos casos el precio del repuesto termina siendo tres veces más alto por los intermediarios.” (Entrevista 3).

“Se gastan mayores recursos en tercerizar servicios de mantenimiento a todo costo que podrían invertirse en producción local para realizar mantenimiento al doble de los equipos.” (Entrevista 5)

4.1.1.1.4 Barreras Organizacionales. Los participantes identificaron problemas de comunicación entre niveles jerárquicos, falta de capacitación técnica y resistencia institucional al cambio.

“Muchos todavía no creen en la tecnología nueva, prefieren seguir con los métodos antiguos.” (Entrevista 8).

“No hay capacitación constante, aprendemos con lo poco que tenemos.” (Entrevista 1)

Esta subcategoría refleja una cultura organizacional tradicional que obstaculiza la innovación. La transformación de esta cultura es un requisito indispensable para la integración efectiva de la manufactura aditiva.

En síntesis, la gestión de mantenimiento representa la base problemática del estudio. Los datos demuestran que existe un patrón estructural que limita la capacidad de respuesta del Ejército del Perú.

4.1.2 Manufactura Aditiva

El análisis documental y las entrevistas mostraron que la manufactura aditiva es reconocida por los participantes como una tecnología innovadora con alto potencial de aplicación en el ámbito militar. El personal entrevistado manifestó curiosidad, expectativa y, en algunos casos, conocimiento empírico sobre su funcionamiento. La visita a un taller de una empresa privada especializada en manufactura aditiva permitió observar la viabilidad técnica para producir componentes complejos y replicar piezas discontinuadas. Se concibe la manufactura aditiva como una tecnología estratégica de soberanía logística, capaz de transformar los modelos de mantenimiento tradicionales al permitir la producción descentralizada de repuestos, herramientas y componentes críticos. Su incorporación fortalecería la autonomía tecnológica y reduciría la dependencia del abastecimiento externo. La manufactura aditiva constituye un medio para transitar de un modelo de mantenimiento reactivo a uno predictivo e innovador. A través de ella, el Ejército podría establecer un nuevo paradigma de sostenimiento basado en capacidades internas, interoperabilidad tecnológica y reducción de tiempos logísticos. No obstante, su implementación requiere planificación, inversión y una normativa técnica robusta.

4.1.2.1 Subcategorías Derivadas

4.1.2.1.1 Viabilidad Económica. Los datos indican que la manufactura aditiva es económicamente viable si se aplica de manera gradual, priorizando repuestos de bajo volumen y alta rotación.

“Con el costo de un solo servicio de mantenimiento o la importación de un solo repuesto se podrían fabricar aquí decenas de piezas pequeñas para recuperar la operatividad de varios equipos.” (Entrevista 9).

“Lo importante es empezar con algo sencillo y demostrar que funciona.” (Entrevista 10).

La viabilidad económica se sustenta en la reducción de costos indirectos y en el retorno progresivo de la inversión.

4.1.1.2.2 Aplicaciones. Los testimonios y observaciones confirmaron que la manufactura aditiva podría aplicarse en la fabricación de piezas estructurales ligeras y componentes discontinuados.

“En la práctica podríamos imprimir diferentes piezas que hoy ya no se consiguen” (Entrevista 11).

“Sería útil crear talleres móviles, para imprimir piezas en el momento y poder atender las necesidades de mantenimiento de forma rápida, especialmente en zonas de emergencia donde se vienen realizando operaciones y acciones militares” (Entrevista 12).

Estas declaraciones reflejan la comprensión práctica del personal sobre las ventajas funcionales de la tecnología en escenarios operativos y de emergencia.

4.1.1.2.3 Barrera Técnicas. La investigación identificó limitaciones relacionadas con la falta de equipos industriales, materiales certificados y personal especializado

“Aquí no tenemos impresoras para piezas de metal, y los polímeros que se usan no están regulados.” (Entrevista 13).

“No existe un manual ni una norma que diga cómo certificar una pieza impresa.” (Entrevista 14)

La superación de estas barreras requiere la formulación de normas, la creación de laboratorios de certificación y un plan de formación técnica institucional.

En síntesis, la manufactura aditiva emerge como una solución tecnológica integral a las limitaciones del mantenimiento militar, siempre que se aborde dentro de un marco normativo, técnico y formativo sólido. En conjunto, esta categoría redefine el concepto de mantenimiento militar, transformándolo en un proceso dinámico, autónomo y sostenible.

4.2 Soporte de Categorías

El soporte de categorías en esta investigación se fundamentó en la evidencia empírica obtenida mediante entrevistas semiestructuradas, análisis documental y observación directa, lo cual permitió garantizar que las categorías y subcategorías identificadas no fueran construcciones arbitrarias de los investigadores, sino que reflejaran de manera fiel la realidad del sistema de mantenimiento militar y la potencial aplicación de la manufactura aditiva en el Ejército del Perú.

El análisis hermenéutico de los datos permitió identificar dos categorías principales: gestión de mantenimiento y manufactura aditiva, cada una con sus respectivas subcategorías. Estas se validaron mediante la convergencia de múltiples fuentes de información, asegurando que el soporte de categorías se basara en evidencia tangible y no únicamente en interpretaciones subjetivas.

Los testimonios de Oficiales, Técnicos y Sub Oficiales, coincidieron en señalar que los tiempos de espera para la adquisición de repuestos fueron excesivos, oscilando entre 6 y 18 meses, e incluso llegando a superar los dos años en ciertos casos. Esta demora generó acumulación de equipos inoperativos en talleres, lo cual fue corroborado mediante observación directa.

Respecto a la disponibilidad de equipos, los entrevistados indicaron que la carencia de repuestos no comerciales dejó inactivos sistemas completos como cocinas de campaña, equipo especial de ingeniería, vehículos de apoyo de combate y equipos de comunicaciones. La evidencia observacional confirmó la práctica de canibalizar equipos o fabricar piezas artesanales para suplir la falta de repuestos, lo cual comprometió la seguridad y durabilidad de los materiales.

En cuanto a los costos de mantenimiento, los datos recogidos señalaron que la adquisición de repuestos importados incrementó entre tres y cinco veces su valor original. Esta

situación fue corroborada en documentos institucionales y obligó a priorizar reparaciones de equipos, dejando otros sistemas fuera de servicio de forma indefinida

Tabla 2

Evidencia Empírica de la Categoría Gestión de Mantenimiento

Fuente De Datos	Evidencia Recopilada
Entrevistas	Espera de 6 a 18 meses para repuestos críticos; en algunos casos, más de 2 años (Entrevista 03)
	Un solo componente no disponible dejó inoperativos sistemas completos (Entrevista 07)
	Costos de repuestos importados incrementados hasta 5 veces respecto al precio civil, obligando a priorizar reparaciones (Entrevista 02)
Análisis	El plan de Transformación Institucional 2034 identificó la desarticulación entre planeamiento logístico y necesidades operativas como una debilidad crítica
	Reportes internos de mantenimiento confirmaron la dependencia de proveedores extranjeros y la baja disponibilidad de stock estratégico
Observación Directa	Se verificó acumulación de vehículos y equipos de ingeniería inactivos en talleres, a la espera de repuestos.
	Se registraron improvisaciones con piezas artesanales o canibalización de equipos, que no garantizaban la durabilidad ni seguridad operativa

Nota. Los datos recopilados demuestran que la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú presenta deficiencias estructurales, relacionadas con retrasos en la adquisición de repuestos, baja disponibilidad de equipos y costos elevados.

La evidencia recopilada demostró que los entrevistados consideraron viable económicamente la implementación de la manufactura aditiva, en especial para piezas de bajo volumen, alto costo y difícil adquisición en el mercado nacional. Aunque se reconoció la necesidad de una inversión inicial en impresoras y capacitación, los beneficios a mediano plazo en reducción de costos de mantenimiento y tiempos de espera justificaron su incorporación en la planificación multianual del Ejército.

En cuanto a las aplicaciones, los testimonios destacaron la utilidad de la manufactura aditiva en la fabricación de carcasas, tapas, soportes, perillas, adaptadores y piezas para drones, radios portátiles, maquinaria de ingeniería y cocinas de campaña. Se resaltó que muchos de estos componentes, aunque no eran críticos, generaban inoperatividad prolongada de equipos al no encontrarse disponibles en el mercado.

Finalmente, las barreras técnicas y organizacionales fueron ampliamente mencionadas. Entre ellas, se identificó la falta de impresoras industriales y materiales certificados, la carencia de capacitación técnica especializada y la inexistencia de normativa que validara el uso de piezas impresas en sistemas militares. A nivel organizacional, los entrevistados señalaron la resistencia institucional al cambio y la débil articulación con centros de investigación y universidades como obstáculos adicionales para la implementación de esta tecnología.

Tabla 3*Evidencia Empírica de la Categoría Manufactura Aditiva*

Fuente de Datos	Evidencia Recopilada
Entrevistas	<p>“La manufactura aditiva permitiría descentralizar parte de la demanda logística, generando capacidad de respuesta inmediata en zonas donde históricamente tenemos un alto índice de subejecución por limitaciones técnicas” (Entrevista 13).</p> <p>Se resaltó que la impresión 3D permitiría recuperar equipos actualmente inactivos por falta de componentes menores.</p>
Análisis Documentario	<p>La optimización y equipamiento de las Brigadas de Protección de la Amazonía requiere un sistema de mantenimiento eficiente y autosostenible. La manufactura aditiva permitiría fabricar repuestos en zonas de despliegue, reduciendo la dependencia de proveedores externos.</p>
Observación Directa	<p>En empresas del sector privado dedicadas a la manufactura aditiva, se observó que ésta redujo el tiempo de producción de repuestos en un 50% en comparación con métodos tradicionales.</p> <p>Se observó la práctica frecuente de canibalización de equipos y uso de soluciones artesanales, lo cual podría ser reemplazado por manufactura aditiva bajo estándares de calidad</p>

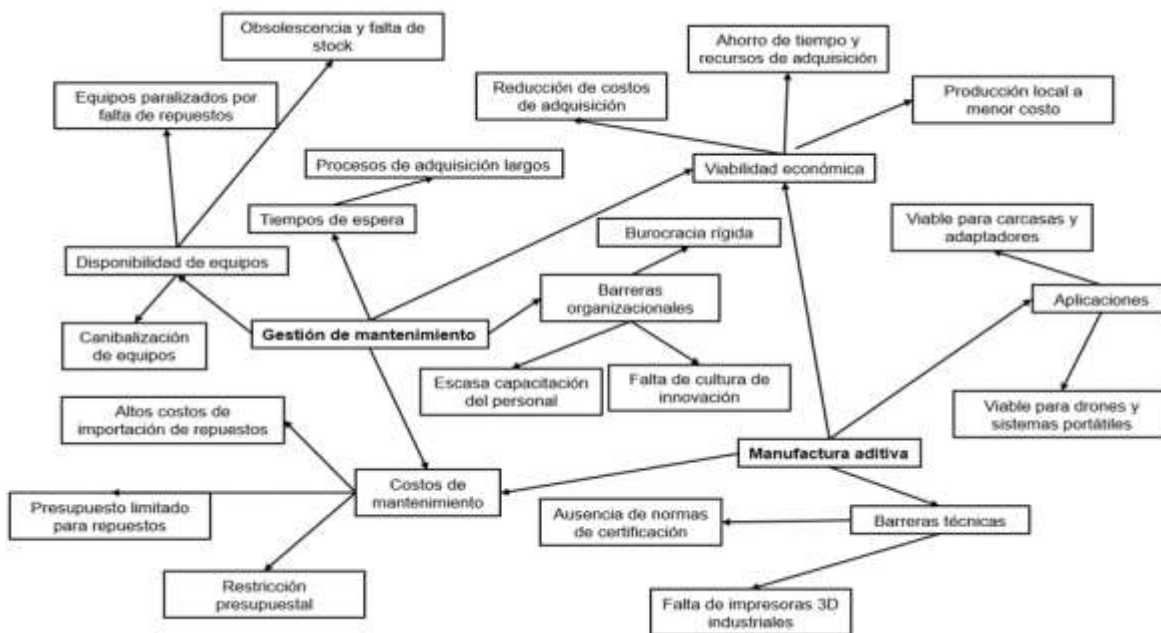
Nota. El soporte de categorías se basa en evidencia empírica obtenida a través de entrevistas, análisis documental y observaciones directas, asegurando que las categorías identificadas reflejan una problemática real y fundamentada

Los datos recopilados evidencian que la manufactura aditiva representa una solución viable para mejorar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú. Su capacidad para reducir costos de mantenimiento, disminuir los tiempos de espera y aumentar la autonomía logística la convierte en una alternativa estratégica para fortalecer la operatividad de las unidades militares.

4.3 Red Semántica

Figura 1

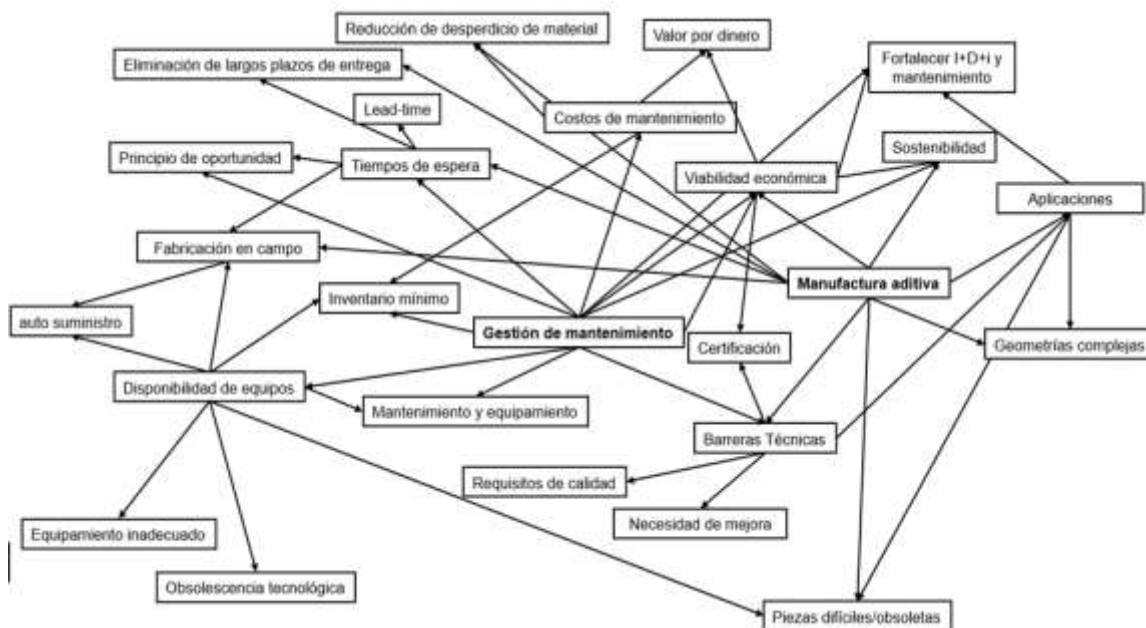
Red semántica de entrevistas



Nota. La figura organiza los resultados del análisis de contenido de 15 entrevistas semiestructuradas en dos categorías centrales: Gestión de mantenimiento y Manufactura aditiva, cada una subdividida en subcategorías. Se han identificado las frases/ideas recurrentes de los entrevistados, y se han conectado con las flechas indicando la relación semántica con la subcategoría correspondiente reflejando la frecuencia de mención y las relaciones inferidas. El análisis evidencia que los costos de mantenimiento y la viabilidad económica actúan como un punto de convergencia entre la gestión de mantenimiento y la manufactura aditiva. En la primera, se expresa como la restricción presupuestal y altos costos de importación limitan la disponibilidad de repuestos y obligan a priorizar reparaciones urgentes. En la segunda, se interpreta como oportunidad de optimización, dado que la impresión 3D permitiría producir localmente piezas a menor costo, reducir gastos logísticos y acortar plazos de reposición. Es así como se configura el puente conceptual que conecta la necesidad de eficiencia en el mantenimiento con el potencial de innovación tecnológica de la manufactura aditiva. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

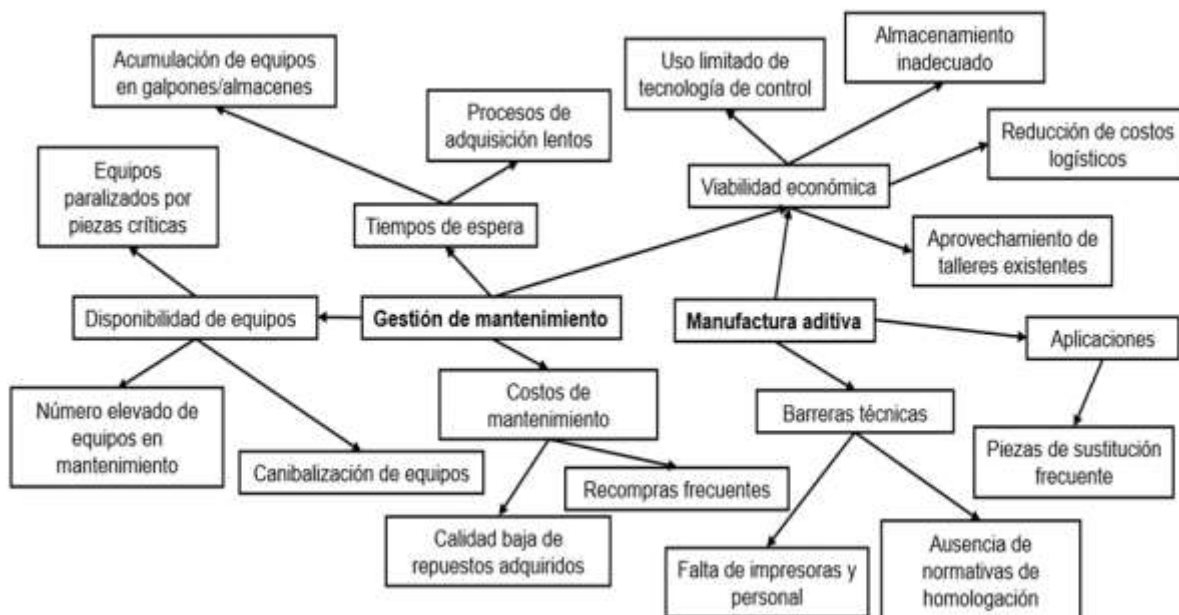
Red Semántica de Análisis Documental



Nota. Elaborada a partir del análisis documental. La figura sintetiza dos categorías principales: Gestión de mantenimiento y Manufactura aditiva, con sus respectivas subcategorías: tiempos de espera, disponibilidad de equipos, costos de mantenimiento, viabilidad económica, aplicaciones y barreras técnicas. Los nodos – texto provienen de términos/fragmentos identificados en los documentos. Las aristas reflejan relaciones explícitas (comentadas en los textos) e inferidas (por co-ocurrencia temática) entre conceptos. Por ejemplo, la *Manufactura aditiva* se vincula con la con la reducción de plazos de espera; esto se refleja en que el nodo “*tiempos de espera*” sobresale en el eje de mantenimiento. Al mismo tiempo, “*viabilidad económica*” conecta ambos ejes, pues los estudios de caso muestran disminución de costos operativos al utilizar la Manufactura aditiva. De manera similar, la “*disponibilidad de equipos*” se interrelaciona con la lógica del suministro, evidenciando cómo la impresión local de repuestos mejora el “*auto suministro*” logístico y acorta la inactividad. Se nota además que ciertos documentos resultaron clave, aportando información sobre asignación presupuestal y planes de mantenimiento, mientras que las referencias técnicas enfatizan aplicaciones concretas y limitaciones. Fuente: Elaboración propia a partir del análisis documental.

Figura 3

Red semántica Observación



Nota. La figura integra los resultados de observaciones de campo en diferentes talleres y galpones del Ejército del Perú, organizados en dos categorías centrales: *Gestión de mantenimiento* y *Manufactura aditiva*. Los nodos secundarios representan aspectos constatados durante la visita. En la primera categoría, los hallazgos muestran tiempos de espera prolongados y saturación de talleres, lo que impacta negativamente en la *disponibilidad de equipos* y eleva los costos operativos debido al uso de repuestos de baja calidad y almacenamiento inadecuado. En la segunda categoría, se identifican posibles aplicaciones de la manufactura aditiva para producir piezas de sustitución frecuente, con beneficios potenciales en la reducción de costos logísticos y tiempos de mantenimiento; sin embargo, se observan barreras técnicas, como la ausencia de impresoras 3D, la falta de personal capacitado y la carencia de normativas que permitan certificar piezas impresas. En conjunto, la red semántica refleja que la manufactura aditiva podría convertirse en un mecanismo de alivio para la viabilidad económica del mantenimiento militar, siempre que se invierta en equipamiento y se establezca un marco regulatorio adecuados. Elaboración propia.

4.4 Triangulación

Categoría	Entrevista	Observación	Análisis Documental	Síntesis Integrativa
Gestión de Mantenimiento	El personal entrevistado en su mayoría manifiesta de que la llegada de repuestos y/o piezas críticas pueden demorar entre 6 a 18 meses debido a la burocracia y lentitud en los procesos logísticos.	Mediante esta técnica se pudo observar y constatar en diferentes almacenes, y galpones que existe sin equipos reparación por falta de repuestos.	Mediante el análisis de los documentos se constató que las entidades del Estado requieren procesos que suelen demorar, lo que extiende los tiempos de adquisición de repuestos. Asimismo, se evidencian fallas en la programación multianual de necesidades.	Se puede sintetizar que los extensos plazos en la adquisición de repuestos representan una de las principales limitaciones en la gestión de mantenimiento. En este contexto, la manufactura aditiva se plantea como una alternativa estratégica, ya que permitiría fabricar piezas críticas directamente en el lugar de operación, reduciendo drásticamente los tiempos de espera al prescindir de los procesos burocráticos establecidos por la normativa estatal.
	En su mayoría, los entrevistados coinciden en que la falta de repuestos genera la inoperatividad de los	Se observa una alta tasa de inoperatividad de equipos, piezas hechizas, e incluso	El DL 1137 establece que el Ejército del Perú tiene como función garantizar la independencia, soberanía e integridad territorial de la	En síntesis, se ha podido constatar que la falta de repuestos impacta directamente en la operatividad del material y

equipos, obligando a canibalizar otros sistemas o mantenerlos fuera de servicio.	uso restringido de material para evitar pérdida de componentes.	República, en el ámbito de su competencia. Sin embargo, los largos tiempos de adquisición de repuestos impactan negativamente en la capacidad operativa de los equipos.	equipo del Ejército del Perú. Esta situación conduce a la inoperatividad prolongada de sistemas, prácticas como la canibalización y el uso de soluciones no estandarizadas, lo cual compromete la capacidad operativa.
El personal entrevistado manifiesta que los costos de los repuestos que no se encuentran en el mercado nacional son elevados, y el presupuesto anual resulta insuficiente para cubrir la demanda real.	Por medio de este método se observó que puede existir sobrecostos por compras de último momento o urgentes. Asimismo, se evidencia ausencia de inversión en infraestructura de mantenimiento.	El DL 1439 SNA promueve eficiencia y optimización de costos en abastecimiento. La Ley de Contrataciones y Adquisiciones establece regulaciones para el control de costos, pero los procesos de compra suelen elevar los costos debido a la necesidad de intermediarios.	Al poder realizar la triangulación en esta categoría llegamos a sintetizar que los altos costos de adquisición de repuestos, especialmente aquellos no disponibles en el mercado nacional, representan una limitación crítica para la gestión de mantenimiento. En este escenario, la manufactura aditiva se presenta como una alternativa costo-eficiente, al

				permitir la producción de piezas in situ.
Manufactura Aditiva	Los entrevistados coincidieron en que, la manufactura aditiva permitiría reducir significativamente los costos logísticos, eliminando intermediarios.	Se pudo observar que con la MA las piezas pueden ser fabricadas en pocas horas, sin necesidad de grandes talleres o almacenes, y utilizando catálogos virtuales.	El PTI al 2030 plantea innovación tecnológica, pero requiere definiciones específicas. Las Directivas internas del Ejército del Perú no contemplan aún la inversión en tecnología de manufactura aditiva, pero consideran la reducción de costos operativos como un objetivo clave para la sostenibilidad del mantenimiento.	Se ha podido sintetizar que es económicamente viable ya que los ahorros en costos logísticos y operativos justifican la inversión inicial. No obstante, al buscar reducir costos operativos y aumentar la sostenibilidad, su integración progresiva requerirá ajustes normativos y planificación para su implementación efectiva.
	El personal de entrevistados identifica como principales aplicaciones de la MA la fabricación de piezas no comerciales, y componentes estructurales para mejorar la operatividad en el campo.	Se observó que se fabrican piezas de alta precisión con material de gran resistencia, empleado incluso en los equipos para la industria minería.	Las directivas del Ejército no especifican aplicaciones de manufactura aditiva, pero sí reconocen la importancia de mantener piezas críticas en disponibilidad para asegurar la operatividad de los equipos.	Se puede sintetizar que la MA posee un alto potencial para mejorar la operatividad al producir repuestos no disponibles en el mercado nacional, y producir piezas adaptadas a las necesidades del entorno operativo, con alta precisión y resistencia.

<p>El personal entrevistado coincide en que las principales barreras para implementar la MA son la falta de inversión inicial significativa para obtener los equipos, personal capacitado y normativa interna.</p>	<p>Se observó desconocimiento operativo y técnico sobre MA. En el contexto militar, se requeriría capacitación y adecuación del entorno impresión.</p>	<p>El DL1439 y DS 009-2025-EF no contempla específicamente tecnologías aditivas en adquisiciones. Los Reglamentos y Manuales internos que dispone la Institución no contemplan la manufactura aditiva, por lo cual de no se han establecido procedimientos específicos para superar estas barreras técnicas en entornos militares.</p>	<p>Se puede sintetizar que la manufactura aditiva enfrenta barreras técnicas, no solo se requerirá una inversión inicial para adquisición de equipos, y capacitación técnica del personal, sino también un marco normativo interno que permita su regulación, estandarización y aprovechamiento para asegurar una adopción sostenible y segura.</p>
--	--	--	---

CAPÍTULO V: DIÁLOGO TEÓRICO – EMPÍRICO

La gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú enfrenta desafíos estructurales que afectan la disponibilidad y operatividad de sus equipos, principalmente debido a la dependencia de repuestos importados, los tiempos prolongados de adquisición y los altos costos asociados a la logística de mantenimiento. La manufactura aditiva ha sido identificada como una alternativa viable para optimizar estos procesos, mejorando la autonomía logística y reduciendo costos (Gibson et al, 2021).

La presente investigación analiza la interacción entre los datos empíricos obtenidos en el estudio provenientes de entrevistas, análisis documental y observaciones directas y los marcos teóricos existentes. Este diálogo permitió contrastar los hallazgos con investigaciones previas, identificó patrones emergentes y discutió la aplicabilidad de los resultados en el contexto militar.

Respecto al Objetivo General; se planteó analizar la implementación de la manufactura aditiva como alternativa para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, examinando la manera en que la manufactura aditiva puede contribuir a mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares afectados por fallas en el sistema de mantenimiento tradicional. Con los hallazgos obtenidos se demuestra que el sistema actual presenta limitaciones estructurales, tales como dependencia de repuestos importados, procesos administrativos prolongados, burocracia rígida, canibalización frecuente, improvisación de reparaciones y obsolescencia de inventarios. A la vez, se comprobó que la manufactura aditiva ofrece oportunidades claras para reducir costos, producir piezas no disponibles en el mercado y fortalecer la autonomía logística del Ejército. Estos resultados concuerdan con Díaz & Corpas (2023), quienes sostienen que la MA disminuye la dependencia del mercado internacional. En el mismo sentido, Mecheter et al. (2022), destacan su capacidad para reducir inventarios, transporte y tiempos de entrega; y el informe de la DGAM (2020), indica que la producción en el punto de

necesidad incrementa la eficiencia en operaciones militares. Finalmente, se identificó coincidencia con Solórzano & Espinosa (2021), quienes señalan que los retrasos logísticos afectan directamente la disponibilidad operativa. Este escenario concuerda con el marco conceptual planteado por Blanchard & Fabrycky (2019), quienes explican que la disponibilidad del sistema depende de disminuir los tiempos de reposición y mejorar la resiliencia logística; y con Rosen (2021), quien sustenta que la MA permite fabricación distribuida con tiempos reducidos, facilitando la integración en modelos modernos de mantenimiento. Con la información obtenida se afirma que la manufactura aditiva no solo aborda fallas técnicas del sistema de mantenimiento, sino que constituye una herramienta estratégica para transformar el modelo logístico militar, permitir respuesta inmediata a fallas críticas y elevar la autonomía operativa. Su implementación exige gestión del cambio organizacional, estandarización técnica, certificación de piezas y fortalecimiento doctrinario.

El Objetivo Específico 1, analizar el impacto de los tiempos de espera en la adquisición de repuestos, buscó analizar cómo los tiempos prolongados de adquisición afectan la disponibilidad y operatividad de los equipos militares. Los hallazgos de esta investigación señalaron que los plazos de espera generan paralización prolongada de vehículos, sistemas y maquinaria. Se evidenció que un solo repuesto no disponible puede inhabilitar un sistema completo, incrementando la acumulación de equipos inoperativos y provocando la canibalización como alternativa de supervivencia logística. También se identificó que los retrasos no provienen únicamente de los procesos administrativos, sino de una burocracia rígida, múltiples validaciones y una fuerte dependencia del mercado internacional. En relación a ello, los resultados del estudio realizado por Solórzano & Espinosa (2021), quienes demostraron que los retrasos logísticos afectan de forma directa la disponibilidad operacional. De manera similar Díaz & Corpas (2023), explican que cadenas logísticas dependientes del exterior aumentan la vulnerabilidad institucional. Finalmente, los análisis de Mecheter et al. (2022), afirman que la falta de agilidad

en la reposición de piezas disminuye la capacidad de respuesta militar. Asimismo, coinciden con reportes institucionales que advierten la escasez de repuestos no comerciales en mercados locales. Este escenario concuerda con los postulados de Blanchard & Fabrycky (2019), para quienes la reposición oportuna es un componente crítico en la gestión del ciclo de vida del mantenimiento y concuerda con Mobley (2021), quien sostiene que los modelos tradicionales deben modernizarse para reducir tiempos de reposición y aumentar disponibilidad. A partir de las contribuciones anteriores se puede señalar que, mientras persistan tiempos de adquisición tan extensos y una burocracia rígida, la disponibilidad operativa del Ejército del Perú, continuará siendo vulnerable. La manufactura aditiva se posiciona como una alternativa directa y eficaz para minimizar la dependencia externa, reducir los tiempos de espera y asegurar la continuidad operativa.

Respecto al Objetivo Especifico 2 de la investigación, evaluar la viabilidad económica de la manufactura aditiva, se planteó analizar si los costos y beneficios asociados a la MA justifican su implementación en el sistema de mantenimiento militar. Los hallazgos de esta investigación señalaron que la MA reduce significativamente los costos derivados de repuestos importados, los cuales pueden multiplicarse entre tres y cinco veces por logística y trámites. Los entrevistados señalaron que, pese a la inversión inicial, la MA permitiría recuperar la inversión en un periodo estimado de dos a tres años, gracias a la producción local de piezas y la eliminación de intermediarios. En relación a estos hallazgos, autores como Schwab (2016), resalta que las tecnologías disruptivas reducen costos estructurales. De manera similar Mecheter et al. (2022), documentan ahorros sustanciales en materiales y transporte. Finalmente, Díaz & Corpas (2023), afirman que la MA mejora la eficiencia presupuestal al evitar sobrecostos de importación. También coinciden con análisis de experiencias internacionales que muestran reducción en costos logísticos y de almacenamiento. Estos antecedentes están en consonancia con Solís & Torres (2021), quienes indican que la integración de tecnologías emergentes reduce costos del

ciclo de vida del mantenimiento. A partir de lo señalado anteriormente se afirma que la MA es económicamente viable y constituye una inversión estratégica, pues permite disminuir gastos recurrentes y optimizar el uso de recursos públicos, aumentando la autosuficiencia logística y reduciendo vulnerabilidades asociadas a la importación.

El análisis correspondiente al Objetivo Específico 3, determinar los beneficios de la manufactura aditiva en la reducción de la indisponibilidad de equipos, se centró en indagar la capacidad de la MA para mejorar la disponibilidad de activos militares mediante la producción descentralizada de repuestos. Los hallazgos de esta investigación han descubierto que la MA permitiría fabricar piezas específicas que no existen en el mercado nacional o tienen tiempos de importación excesivos. La fabricación en talleres militares evitaría la canibalización, reduciría el tiempo de reparación y permitiría recuperar equipos paralizados que dependen de piezas de bajo costo, pero de difícil reposición. En relación a ello, los resultados del estudio realizado por Huang et al. (2020) demuestran que la MA reduce en más del 70 % el tiempo de fabricación de piezas cuando se producen en el punto de uso, mientras que Bikas et al. (2019) destacan que esta tecnología permite reponer rápidamente componentes de alta rotación sin necesidad de cadena logística tradicional. Por otro lado, el Departamento de Defensa de EE. UU. (2021), reporta fabricación de repuestos en zonas de conflicto para garantizar continuidad operativa y la DGAM (2020), reconoce la capacidad de la MA para asegurar operatividad en misiones reales. Este escenario concuerda con Rosen (2021), quien describe el beneficio de la fabricación inmediata desde un modelo digital y con Blanchard & Fabrycky (2019), quienes afirman que la disponibilidad depende de una reposición rápida y sostenible. Con la información obtenida se afirma que la MA incrementa la disponibilidad al eliminar factores que históricamente generan indisponibilidad prolongada. Su incorporación no solo resuelve cuellos de botella técnicos, sino que fortalece la resiliencia operativa y reduce la vulnerabilidad logística en escenarios de crisis, lo que permite

recuperar equipos detenidos por fallas menores, optimiza el mantenimiento correctivo y preventivo, y reduce la dependencia de cadenas logísticas externas.

El Objetivo Específico 4, identificar y analizar las barreras técnicas y organizacionales para la implementación de la manufactura aditiva, se centró en analizar qué factores técnicos y organizacionales limitan la adopción efectiva de la MA en el Ejército. Con los hallazgos obtenidos se demostró que existen barreras significativas como falta de impresoras industriales, ausencia de materiales certificados, carencia de software especializado, inexistencia de protocolos de certificación, escaso personal capacitado, resistencia cultural y rigidez de las estructuras jerárquicas. Los entrevistados señalaron que la innovación suele avanzar más lento que las necesidades operativas debido a la ausencia de una política institucional clara. Estos resultados concuerdan con Díaz & Corpas (2023), quienes destacan la necesidad de certificar materiales antes de su uso militar coincidiendo con la DGAM (2020), que señala que la MA requiere estándares técnicos y procesos híbridos y con Quintanal et al. (2022), quienes explican que la adopción tecnológica exige cultura organizacional flexible, alineamiento doctrinario y capacitación sostenida. Según Rogers (2003), la adopción de innovaciones disruptivas requiere formación progresiva, liderazgo institucional y aceptación colectiva, especialmente en organizaciones jerarquizadas. A ello se suman vacíos normativos, en vista que no existen lineamientos para certificar piezas impresas, validar procesos de fabricación, asegurar trazabilidad o definir estándares de calidad para repuestos producidos internamente. Sin estos elementos, la manufactura aditiva no puede ser integrada formalmente al sistema de mantenimiento, lo que representa una barrera organizacional significativa. Este escenario concuerda con la teoría de difusión de innovaciones de Rogers (2003), que sostiene que las organizaciones jerárquicas presentan mayores niveles de resistencia al cambio tecnológico, especialmente cuando no existen incentivos claros ni capacidades instaladas suficientes. Con la información obtenida se afirma que la implementación de la MA requiere una estrategia integral

que aborde las barreras técnicas y culturales. Sin un proceso formal de gestión del cambio, la inversión tecnológica no generará los beneficios esperados. El fortalecimiento doctrinario, la certificación técnica exigible y la capacitación gradual son elementos indispensables para su adopción exitosa.

Los hallazgos empíricos y los marcos teóricos revisados evidenciaron que la manufactura aditiva no debe entenderse únicamente como una innovación técnica, sino como una estrategia integral de transformación logística. En el plano teórico, la investigación aportó elementos para ampliar la comprensión sobre la relación entre innovación tecnológica y eficiencia en la gestión de mantenimiento militar, particularmente en América Latina, donde las experiencias documentadas aún son limitadas. En el ámbito práctico, los hallazgos proporcionan insumos notablemente útiles para el diseño de las políticas de modernización logística, la promoción de proyectos piloto en unidades seleccionadas, la elaboración de normativas de certificación de piezas impresas y el análisis de la viabilidad de plantas móviles en el ámbito de las zonas de operaciones.

En síntesis, el diálogo entre teoría y práctica confirmó que la manufactura aditiva constituye una respuesta viable y necesaria para superar las limitaciones actuales de la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú. Además, abrió nuevas líneas de investigación que orientan una agenda de transformación institucional, encaminada hacia la sostenibilidad operativa, la autonomía logística y la innovación tecnológica en las Fuerzas Armadas.

CONCLUSIONES

Respecto al Objetivo General, se logró comprender e interpretar de manera integral cómo la manufactura aditiva puede convertirse en una alternativa estratégica para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, permitiendo mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares. Los hallazgos demostraron que su implementación tiene el potencial de reducir significativamente los tiempos de espera en la reposición de repuestos críticos, disminuir la dependencia de proveedores externos y fortalecer la autonomía logística mediante la fabricación local bajo demanda. Lo más relevante del estudio es que la manufactura aditiva no solo representa una herramienta tecnológica emergente, sino un cambio de paradigma en la forma en que se concibe el sostenimiento logístico militar. La evidencia empírica reveló que esta tecnología permitiría producir piezas críticas en el propio entorno militar, evitando prolongadas inmovilizaciones de equipos y promoviendo una mayor autosuficiencia operativa. Asimismo, el personal entrevistado manifestó una percepción favorable hacia su utilidad, destacando su capacidad para acelerar reparaciones y mejorar la respuesta técnica de las unidades. El análisis documental corroboró esta tendencia, evidenciando que diversas fuerzas armadas en el mundo ya integran la impresión 3D en sus procesos logísticos, lo que refuerza la importancia de su adopción en la modernización del Ejército del Perú. Existen limitaciones que deben ser consideradas como aspectos cruciales para su implementación, entre ellas la carencia de infraestructura tecnológica adecuada, la inexistencia de normativa técnica específica, las brechas de capacitación del personal y ciertos niveles de resistencia organizacional al cambio. Estas barreras reflejan que la adopción de la manufactura aditiva requiere no solo inversión en equipos, sino también la adecuación de procesos institucionales, el fortalecimiento del capital humano y la formalización de protocolos técnicos. Para superar estos desafíos, es fundamental que la institución impulse un proceso de adaptación integral que contemple planificación

estratégica, capacitación gradual del personal involucrado y la elaboración de lineamientos técnicos que aseguren el uso seguro y estandarizado de la tecnología. La participación del personal técnico responsables del mantenimiento y órganos rectores logísticos será determinante para garantizar un proceso ordenado y sostenible. En conclusión, pese a las limitaciones identificadas, la investigación ha logrado demostrar que la manufactura aditiva representa una oportunidad real y viable para transformar la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú. Su incorporación permitiría incrementar la disponibilidad operativa, reducir la dependencia externa y fortalecer la autonomía tecnológica, aportando significativamente a los objetivos institucionales de modernización y sostenibilidad logística.

En cuanto al Objetivo Específico 1, se logró analizar con profundidad el impacto que generan los tiempos de espera en la adquisición de repuestos críticos dentro del sistema de mantenimiento del Ejército del Perú, evidenciando cómo estos retrasos afectan directamente la disponibilidad operativa y prolongan la inmovilización de equipos esenciales. La información obtenida reveló que los plazos de reposición pueden extenderse desde varios meses hasta más de un año, debido a procesos administrativos extensos, burocracia rígida, dependencia de proveedores externos y la inexistencia de stock nacional de piezas no comerciales. Lo más relevante del estudio es que estos tiempos prolongados no solo incrementan la indisponibilidad técnica, sino que obligan a adoptar prácticas como la canibalización de equipos, la priorización forzada de reparaciones y la acumulación de medios inoperativos en las unidades. Las entrevistas mostraron que esta situación genera desgaste operativo, pérdida de continuidad en las misiones y disminución de la capacidad de respuesta, mientras que el análisis documental confirmó que las normativas actuales de contratación y adquisición incrementan la duración de los procesos y elevan los costos logísticos. Existen limitaciones cruciales que inciden en esta problemática, entre ellas, trámites administrativos secuenciales que no responden a la urgencia operativa, ausencia de alternativas internas para producir repuestos críticos, dependencia casi absoluta del mercado internacional y una estructura logística que no incorpora tecnologías

emergentes capaces de reducir los plazos de reposición. Estas limitaciones reflejan que el modelo actual de abastecimiento no es suficiente para sostener la disponibilidad requerida en escenarios operacionales exigentes. Para superar estos desafíos, es fundamental que la institución avance hacia mecanismos que permitan reducir la dependencia externa y acortar el ciclo de reposición de repuestos mediante la producción local. El personal técnico de las diferentes especialidades debe participar activamente en este proceso, priorizando la identificación de piezas críticas, la catalogación y digitalización de modelos, la estandarización de procedimientos y la adopción gradual de tecnologías que permitan fabricar repuestos bajo demanda. En conclusión, pese a los retrasos estructurales y la dependencia del mercado internacional, la investigación ha logrado demostrar que existe una oportunidad clara para transformar el modelo de reposición de repuestos mediante alternativas tecnológicas como la manufactura aditiva. Esta posibilidad permitiría acortar significativamente los tiempos de espera, disminuir la paralización prolongada de equipos y fortalecer la autonomía logística, contribuyendo directamente a mejorar la disponibilidad operativa del Ejército del Perú.

Sobre el Objetivo Específico 3, se logró determinar los beneficios que ofrece la manufactura aditiva para reducir la indisponibilidad de equipos militares, demostrando que esta tecnología permite fabricar repuestos críticos de manera rápida y localizada, disminuyendo significativamente los tiempos de reparación y evitando la acumulación de medios inoperativos en las unidades. Los hallazgos evidenciaron que la capacidad de producir piezas bajo demanda, directamente en talleres militares, contribuye a mejorar la continuidad operativa y a fortalecer la capacidad de respuesta ante fallas inesperadas. Lo más relevante del estudio es que la manufactura aditiva posibilita una autonomía logística inédita para el Ejército del Perú, al eliminar la dependencia de proveedores externos y al permitir recuperar equipos que, bajo el sistema tradicional de abastecimiento, permanecerían inactivos durante meses. Los testimonios recogidos mostraron que el personal militar identifica esta tecnología como una herramienta capaz de evitar la canibalización de equipos, resolver cuellos de botella recurrentes en el

mantenimiento y brindar soluciones inmediatas en escenarios operacionales complejos. Asimismo, la observación directa confirmó que, cuando la fabricación local es viable, los tiempos de rehabilitación se reducen de manera significativa, impactando de forma directa en la disponibilidad operacional. Existen limitaciones cruciales que deben considerarse, entre ellas la falta de infraestructura especializada para impresión 3D en las unidades, la ausencia de procedimientos institucionales para validar repuestos fabricados, las brechas en competencias técnicas del personal y la inexistencia de mecanismos formales para integrar la MA a los procesos de mantenimiento vigentes. Estos aspectos reflejan que, para que la tecnología reduzca efectivamente la indisponibilidad, debe operar dentro de un sistema estructurado, estandarizado y respaldado por capacidades institucionales sólidas. Para superar estos desafíos, es fundamental que la institución implemente un sistema de producción local basado en manufactura aditiva, que involucre activamente a técnicos, operadores, jefes de mantenimiento y especialistas logísticos. Es necesario documentar los casos de éxito existentes, digitalizar piezas críticas, incorporar modelos CAD validados en los planes de mantenimiento y promover una cultura técnica que reconozca la MA como parte de las rutinas operativas. La participación directa de las unidades con mayor carga operativa será clave para garantizar una adopción efectiva y sostenible. En conclusión, pese a las limitaciones estructurales identificadas, la investigación ha logrado demostrar que la manufactura aditiva constituye una herramienta eficaz para reducir la indisponibilidad de equipos militares. Su implementación permitiría acortar tiempos de reparación, disminuir la canibalización, aumentar la autonomía logística y fortalecer la capacidad operativa del Ejército del Perú, aportando beneficios inmediatos y sostenibles para el sistema de mantenimiento institucional.

Respecto al Objetivo Específico 4, logró identificar y analizar las barreras técnicas y organizacionales que dificultan la implementación de la manufactura aditiva en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú, evidenciando que los principales obstáculos se relacionan con la falta de infraestructura especializada, la ausencia de normativa técnica, las brechas de

capacitación y ciertos niveles de resistencia institucional al cambio. Los hallazgos permitieron comprender que la tecnología, por sí sola, no garantiza mejoras, sino que requiere un entorno organizacional preparado para su integración. Lo más relevante del estudio es que la resistencia al cambio no proviene únicamente de la falta de conocimiento, sino también de la ausencia de roles definidos, procesos estandarizados y mecanismos formales que respalden la adopción de esta tecnología disruptiva. Los entrevistados señalaron que existe incertidumbre respecto a quién debe diseñar, operar, supervisar y certificar las piezas fabricadas, lo que genera desconfianza y dificulta la incorporación de prácticas innovadoras en los talleres. Asimismo, se evidenció que las estructuras jerárquicas tradicionales tienden a ralentizar la introducción de nuevas tecnologías, limitando el potencial de la manufactura aditiva para transformar el mantenimiento. Existen limitaciones cruciales que deben ser atendidas, tales como la falta de personal técnicamente certificado, la ausencia de protocolos de calidad, la inexistencia de procesos formales para validar repuestos MA, la carencia de equipos adecuados en las unidades y la necesidad de promover una cultura organizacional que valore la innovación tecnológica. Estas limitaciones indican que la barrera principal no es únicamente tecnológica, sino institucional, pues implica la transformación de mentalidades, rutinas, percepciones y roles dentro del sistema de mantenimiento. Para superar estos desafíos, es fundamental que la institución desarrolle un proceso gradual y participativo de gestión del cambio, que integre capacitación práctica, acompañamiento técnico, difusión de experiencias exitosas y formalización de responsabilidades. La participación del Comando Logístico del Ejército (COLOGE), los Servicios Logísticos (SINGE, SMGE, SINTE, SCOME), y el Comando de Educación y Doctrina (COEDE) será determinante para asegurar una adopción sostenible. El fortalecimiento del capital humano y la claridad en los procedimientos son elementos esenciales para consolidar la manufactura aditiva como una capacidad institucional. En conclusión, pese a las barreras técnicas y organizacionales identificadas, la investigación ha demostrado que es posible incorporar la manufactura aditiva en el sistema de mantenimiento del Ejército del Perú, siempre que se

implementen acciones de gestión del cambio orientadas a fortalecer las competencias del personal, clarificar roles y actualizar los procesos internos. Con ello, la institución podrá avanzar hacia un modelo logístico moderno, flexible e innovador, capaz de aprovechar las ventajas de esta tecnología disruptiva para mejorar la disponibilidad operativa y la autosuficiencia logística.

En síntesis, de los resultados se desprende que la manufactura aditiva puede convertirse en una palanca de transformación estratégica para la gestión de mantenimiento que aborde desde una perspectiva integral que combine infraestructura, capacitación, normatividad, gestión del cambio y sostenibilidad operativa. Su adopción no solo optimizaría la disponibilidad y confiabilidad de los equipos militares, sino que también consolidaría una mayor autonomía logística, proyectando al Ejército hacia un modelo moderno de gestión de mantenimiento acorde con las demandas de la defensa nacional en el siglo XXI.

Finalmente, este estudio no solo ofrece un modelo de optimización para la gestión de mantenimiento, sino que también abre la puerta a futuras investigaciones y/o nuevas líneas de investigación sobre la integración de tecnologías avanzadas en la logística militar, contribuyendo al desarrollo de capacidades estratégicas para la defensa nacional, que se consideran de gran relevancia para fortalecer la gestión de mantenimiento militar en el Perú. Entre ellas, destacan: evaluar el impacto real de proyectos piloto de manufactura aditiva en unidades logísticas de alta rotación; desarrollar estándares de certificación de calidad para repuestos impresos en 3D utilizados en aplicaciones militares; analizar la viabilidad operativa de fábricas móviles de manufactura aditiva para su uso en operaciones de emergencia o zonas remotas; y diseñar estrategias de gestión del cambio orientadas a la adopción efectiva de tecnologías disruptivas en entornos organizacionales tradicionales del sector defensa.

RECOMENDACIONES

En relación con el objetivo general, se recomienda formular un *Plan de Integración Manufactura Aditiva para el Mantenimiento en el Ejército del Perú*, concebido como una estrategia de transformación logística que permita reducir los tiempos de espera, fortalecer la disponibilidad operativa y disminuir la dependencia externa para la obtención de repuestos críticos. Para ello se sugiere desarrollar una implementación en fases que comprenda el diagnóstico para identificar repuestos críticos cuya ausencia genera inmovilizaciones prolongadas, creación de un banco digital inicial de modelos CAD, priorizados según la evidencia empírica, instalación y operación de talleres piloto de MA, enfocados en repuestos no comerciales o con tiempos de adquisición mayores a 90 días, diseño de lineamientos normativos preliminares para estandarizar procesos de diseño, impresión, postprocesado y control de calidad, capacitación técnica del personal de mantenimiento, con énfasis en operación de impresoras, diseño CAD e ingeniería inversa. La implementación de esta estrategia estará a cargo del Comando Logístico del Ejército (COLOGE) como órgano rector del sistema de mantenimiento, con apoyo de la Dirección de Planeamiento y Presupuesto (DIPLANE) para asegurar la programación de recursos, y con la participación de FAME, SIMA y centros tecnológicos del sector defensa como aliados estratégicos para transferencia de conocimientos y soporte especializado. Esta estrategia beneficiará a todas las unidades del Ejército que enfrentan indisponibilidad prolongada de vehículos, sistemas de armas, equipos de ingeniería, comunicaciones y electrónica; permitiéndoles acortar tiempos de recuperación, reducir la canibalización, minimizar costos de inactividad y aumentar la autonomía logística en

escenarios operativos y de instrucción. La evaluación, seguimiento y monitoreo deberán realizarse a través de un sistema de control trimestral liderado por la DIPLANE, verificando el funcionamiento de los talleres piloto, la calidad técnica de las piezas fabricadas, la reducción real de los tiempos de reposición, la continuidad en el abastecimiento de insumos, el nivel de capacitación del personal. Para que el plan sea viable, deberán cumplirse supuestos esenciales como continuidad presupuestal, estabilidad del personal técnico, disponibilidad de insumos certificados y adopción progresiva de la normativa interna. El monitoreo permitirá ajustar fases, asegurar la sostenibilidad institucional y consolidar la manufactura aditiva como una capacidad estratégica permanente dentro del sistema logístico militar.

Con relación al Objetivo Especifico 1, teniendo en cuenta que las demoras prolongadas se originan no solo en la complejidad de los procesos administrativos, sino también en una burocracia rígida, en la fuerte dependencia de proveedores externos y en prácticas como la canibalización de equipos para sostener la operatividad mínima, se recomienda implementar un *procedimientos*, destinados a reducir los tiempos de reposición, evitar la paralización prolongada de equipos y fortalecer la autonomía logística en las unidades operativas. Para ello se sugiere desarrollar una implementación práctica y progresiva que incluya clasificación inmediata de repuestos fabricables, mediante un catálogo digital técnico que identifique piezas no comerciales, de alto tiempo de importación o de rotación frecuente e incluirlos en un banco digital, empleado en talleres nodales de MA que deberán ser implementados en las grandes unidades estratégicas, priorizando aquellas en zonas con mayor demanda operativa, como por ejemplo, la V DE por su participación en acciones militares en sector del Putumayo. Para

ello es importante que estos procedimientos sean u incluidos dentro del Plan de Anual de Mantenimiento para asegurar trazabilidad, planificación anticipada y uso sistemático de la MA en repuestos críticos. La implementación de esta estrategia estará a cargo del Comando Logístico del Ejército (COLOGE) como ente rector del sistema de mantenimiento, en coordinación con los Servicios Logísticos para la validación técnica de los modelos CAD y el control funcional de los repuestos. COLOGE tendrá la responsabilidad de aprobar los repuestos aptos para fabricación local, supervisar la calidad de las piezas producidas y adecuar los procedimientos administrativos para priorizar la fabricación interna cuando ello suponga una mejora operativa. Esta estrategia beneficiará directamente a las unidades operativas que actualmente enfrentan inmobilizaciones prolongadas debido a la falta de repuestos, especialmente aquellas que realizan operaciones y acciones militares en zonas alejadas. La reducción de tiempos de espera permitirá recuperar equipos con mayor rapidez, disminuir la canibalización, optimizar la disponibilidad técnica y mejorar la capacidad de respuesta institucional ante emergencias y escenarios complejos. También beneficiará al Ejército como sistema al reducir costos operativos asociados a inactividad. La evaluación y el seguimiento deberán realizarse mediante un sistema de monitoreo trimestral liderado por la Dirección de Planeamiento y Presupuesto (DIPLANE). Para la viabilidad del procedimiento deberán cumplirse supuestos esenciales como la continuidad en la provisión de insumos certificados, la operatividad de las impresoras industriales, la estabilidad del personal técnico y la correcta aplicación de los lineamientos internos. El monitoreo permitirá ajustar procesos, consolidar aprendizajes y garantizar que la fabricación rápida de

repuestos críticos se institucionalice como una capacidad permanente del sistema de mantenimiento militar.

Con relación al Objetivo Específico 2, aunque la inversión inicial en impresoras industriales, materiales y capacitación es considerable, los costos indirectos derivados de los largos tiempos de inactividad, los sobrecostos de importación y el uso de intermediarios terminan siendo superiores en el mediano plazo. se recomienda implementar un *modelo de gestión económica*, centrado en el costo beneficio con la finalidad de maximizar el uso eficiente de los recursos institucionales. Para ello se sugiere desarrollar una implementación progresiva donde primero se identifique y priorice los repuestos de mayor demanda que se puedan imprimir empleando esta tecnología, haciendo una comparación entre costo de importación con el costo de fabricación local y el impacto económico. El establecimiento de alianzas técnico-productivas con FAME, SIMA y universidades que cuenten con laboratorios de impresión 3D, favorecería la transferencia tecnológica y acelerar el aprendizaje técnico-institucional. La implementación de esta estrategia estará a cargo del Comando Logístico del Ejército (COLOGE), como responsable de evaluar los costos operativos asociados a fallas y tiempos de inactividad; junto con la Dirección de Planeamiento y Presupuesto (DIPLANE), encargada de integrar los requerimientos presupuestales al PIA, PIM y POI; y con la participación de FAME y SIMA como aliados tecnológicos para garantizar la calidad certificada de los repuestos y reducir riesgos financieros en las fases iniciales de implementación. Esta estrategia beneficiará a todo el sistema de mantenimiento del Ejército del Perú, especialmente a las unidades que enfrentan altos costos derivados de la indisponibilidad prolongada de equipos y la necesidad de canibalización. Además,

beneficiará a la institución en su conjunto al optimizar al mejorar la eficiencia del ciclo de vida de los equipos y asegurar inversiones sostenibles y medibles fortaleciendo su sostenibilidad logística y mejorando la continuidad operativa en escenarios críticos. La evaluación, seguimiento y monitoreo deberán realizarse mediante informes trimestrales elaborados por la COPER, y emitidos al DIPLANE donde se pueda verificar la disponibilidad de insumos, la adquisición y mantenimiento de impresoras, la estabilidad del personal técnico, el nivel de ahorro sostenido, y el cumplimiento de la normativa interna para certificación. Para asegurar la viabilidad del modelo, deberán cumplirse los supuestos de continuidad presupuestal, estabilidad del personal especializado, acceso a insumos certificados y adecuada trazabilidad de los repuestos fabricados. El monitoreo permitirá mejorar la transparencia económica, ajustar decisiones de inversión, fortalecer la sostenibilidad institucional y consolidar la manufactura aditiva como una capacidad eficiente, rentable y perdurable dentro del Ejército del Perú.

Con relación al Objetivo Especifico 3, al determinar los beneficios de la manufactura aditiva en la reducción de la indisponibilidad de equipos militares, los hallazgos mostraron que la capacidad de producir repuestos de manera rápida y localizada permite acortar significativamente los tiempos de reparación, disminuir la acumulación de equipos inoperativos, reducir la necesidad de canibalizar sistemas y mejorar la autonomía logística en escenarios operacionales complejos. Se recomienda implementar procedimientos orientados a fabricar de manera inmediata repuestos no comerciales o de difícil adquisición, con el fin de evitar la paralización prolongada de equipos y fortalecer la autonomía logística del Ejército. Para ello se sugiere que estos procedimientos inicien con la identificación de piezas recurrentes, incorporando la

experiencia del personal técnicos y los cuadros de necesidades de las diferentes unidades a nivel nacional y que pueda ser catalogado en modelos digitales, y puedan ser integrados en los procesos cotidianos de reparación, promoviendo que las unidades militares utilicen la impresión 3D como recurso habitual para reducir tiempos de inactividad y evitar la canibalización de equipos. La implementación de esta estrategia estará a cargo del Comando Logístico del Ejército (COLOGE), como autoridad responsable del sistema de mantenimiento, y de los Servicios Logísticos, quienes acompañarán técnicamente el diseño, validación funcional y certificación operativa de los repuestos fabricados. Asimismo, FAME y centros tecnológicos aliados actuarán como facilitadores de transferencia tecnológica, asegurando estándares de calidad y acompañamiento metodológico para la producción de piezas confiables. Esta estrategia beneficiará directamente a las unidades operativas que sufren interrupciones debido a la inmovilización prolongada de equipos, al permitir una recuperación más rápida y autónoma de vehículos, sistemas electrónicos y maquinaria estratégica. Al mismo tiempo, beneficiará al sistema logístico institucional al reducir la necesidad de canibalización, minimizar la acumulación de equipos inoperativos y asegurar continuidad operativa en contextos de alta demanda o escenarios remotos. La evaluación, seguimiento y monitoreo deberán realizarse mediante reuniones periódicas de análisis entre el COLOGE, los Servicios Logísticos y los responsables del mantenimiento de cada División. Estas reuniones permitirán revisar casos reales de recuperación de equipos, identificar dificultades, registrar aprendizajes y ajustar procedimientos. A nivel institucional, se deberá realizar una evaluación anual, centrada en comprender cómo la integración de la MA transforma las prácticas, percepciones y dinámicas del

mantenimiento militar, más allá de métricas exclusivamente técnicas. Los supuestos necesarios incluyen la disponibilidad continua de insumos, funcionamiento operativo de las impresoras, estabilidad del personal capacitado y compromiso institucional con la transformación tecnológica. Este monitoreo garantizará que la manufactura aditiva se consolide como una capacidad permanente, sostenible y articulada al sistema de mantenimiento militar, fortaleciendo la continuidad de operaciones y la autonomía logística.

Con relación al Objetivo Específico 4, para afrontar las barreras técnicas y organizacionales que podrían dificultar la implementación de la manufactura aditiva en los procesos de gestión de mantenimiento, se recomienda se recomienda gestionar un programa de capacitación especialmente orientado al personal técnico que permita la adopción de esta tecnología en los talleres y estructuras logísticas del Ejército del Perú. Para ello se sugiere desarrollar un proceso progresivo iniciando por la capacitación gradual y acompañamiento práctico, priorizando el aprendizaje situado en talleres, el diseño CAD, la ingeniería inversa y la operación de impresoras 3D. Esta capacitación debe orientarse a desarrollar competencias técnicas y a reducir la resistencia al cambio identificada en los hallazgos cualitativos, de esta forma se establecería de forma clara los roles y responsabilidades, definiendo quién diseña, quién aprueba, quién imprime y quién certifica los repuestos; esto es necesario para evitar ambigüedades organizacionales que generan desconfianza o duplicidad de funciones, para finalmente incorporar progresivamente la MA en los procesos y rutinas logísticas, siendo parte de las actividades reales de mantenimiento para que el personal observe resultados concretos y beneficios operativos inmediatos. La implementación de esta estrategia

estará a cargo del Comando Logístico del Ejército (COLOGE), como organismo rector del sistema de mantenimiento, en coordinación con el Comando de Educación y Doctrina del Ejército (COEDE), responsable de incorporar la manufactura aditiva en los programas de formación técnica, cursos de actualización y doctrina institucional. Esta estructura permitirá que los actores directamente involucrados en el mantenimiento participen activamente en la construcción del cambio organizacional. Esta estrategia beneficiará al personal técnico militar, fortaleciendo sus competencias profesionales, su autonomía técnica y su capacidad de innovación, lo que incrementará la legitimidad y calidad de su labor. A nivel institucional, la MA permitirá reducir la improvisación y la canibalización de equipos, consolidando una cultura técnico-logística basada en evidencia y solución de problemas. El beneficio central radica en transformar la cultura organizacional hacia una que valore la tecnología, la estandarización y el aprendizaje continuo, asegurando la sostenibilidad de la MA en el tiempo. La evaluación, seguimiento y monitoreo deberán realizarse a través del COLOGE, mediante informes de seguimiento que registren avances, barreras persistentes, experiencias exitosas, casos emblemáticos y desafíos no resueltos. El propósito de este monitoreo no es solo medir indicadores técnicos, sino comprender cómo la organización incorpora y normaliza la manufactura aditiva como parte de su identidad logística y técnica.

Los supuestos clave incluyen estabilidad del personal capacitado, continuidad presupuestal mínima, funcionamiento operativo de talleres nodales, y compromiso del Comando con el cambio tecnológico. El seguimiento garantizará la consolidación de la MA como una capacidad institucional permanente y sostenible dentro del sistema de mantenimiento militar.

PROPUESTA PARA ENFRENTAR LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La investigación tuvo como propósito analizar la implementación de la manufactura aditiva (MA) como alternativa para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, identificando sus beneficios, limitaciones técnicas y barreras organizacionales. Los hallazgos cualitativos demostraron que la MA puede reducir significativamente los tiempos de espera de repuestos, disminuir la dependencia externa, mejorar la disponibilidad operativa y fortalecer la autonomía logística. A partir de estos hallazgos, se diseña la presente propuesta institucional, orientada a ofrecer una ruta técnica, operativa y organizacional para introducir la manufactura aditiva en el sistema de mantenimiento, asegurando una implementación progresiva, sostenible y acorde con la estructura logística militar.

Fundamentación Teórica y Metodológica

La propuesta se sustenta en la Teoría de la Inteligencia Estratégica (Puig, 2019), que plantea la capacidad institucional de anticipar escenarios y adaptar sus sistemas para asegurar ventajas operativas sostenibles. En el terreno militar, esto se traduce en la importancia de contar con tecnologías disruptivas como la manufactura aditiva que permita en entornos cambiantes y exigentes. Asimismo, se apoya en los principios de la Gestión de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que priorizan la disponibilidad, la eficiencia operativa y la mejora continua mediante la integración de procesos tecnológicos y humanos (Nakajima, 1998; Moubrey, 2001). Estos enfoques justifican la inclusión de la MA como una herramienta que mejora la confiabilidad de los sistemas al eliminar brechas logísticas y minimizar fallos debido a la obsolescencia. Desde el enfoque logístico, se considera la Teoría de la Autonomía Estratégica Militar, la cual postula que la capacidad de defensa de un Estado depende directamente de su autosuficiencia tecnológica e industrial (Montt Martínez, 2015). En

este marco, la manufactura aditiva no solo mejora la gestión de mantenimiento, sino que refuerza la independencia operativa del país.

La metodología que se presenta en esta sección se estructura a partir de los hallazgos empíricos obtenidos a partir de entrevistas a personal técnico del Ejército y observación directa en talleres de mantenimiento. Esta información se contrastó con la experiencia de un taller de manufactura aditiva privado, pudiendo identificar de esta forma las brechas presentes, que resultaron ser tecnológicas, formativas y organizacionales.

Con base en ello, se diseña una propuesta que integra tres dimensiones de acción: infraestructura tecnológica, gestión del conocimiento y regulación institucional, orientadas a la sostenibilidad del sistema logístico militar.

1. Desarrollo de la Propuesta

2.1. Denominación de la Propuesta

Guía para la Implementación Progresiva de la Manufactura Aditiva en la Gestión de Mantenimiento del Ejército del Perú.

2.2. Objetivo General

Optimizar la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú mediante la implementación progresiva de manufactura aditiva asegurando su aplicación técnica, operativa y organizacional con el fin de incrementar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares.

2.3. Fases de Implementación

La propuesta se estructura en cuatro fases progresivas, derivadas de los hallazgos, permitiendo una implementación ordenada, realista y sostenible. Cada fase responde a las brechas identificadas: tecnológicas, formativas y organizacionales.

2.3.1. Fase I: Diagnóstico y Planificación Estratégica

2.3.1.1. Estrategia. Identificar los repuestos críticos y no comerciales cuya ausencia genera inmovilizaciones prolongadas, priorizando aquellos fabricables mediante manufactura aditiva.

2.3.1.2. Acciones

- a. Elaborar un inventario actualizado de piezas con alta rotación, largos tiempos de espera o impacto directo en la paralización prolongada de equipos militares.
- b. Clasificar y priorizar los repuestos priorizados considerando su criticidad operativa, frecuencia de reposición y tiempos de adquisición, con énfasis en aquellos cuya importación supera los 90 días,

2.3.1.3. Recursos Necesarios.

- a. Equipos técnicos conformados por oficiales, técnicos y especialistas logísticos con conocimiento directo del mantenimiento.
- b. Analistas para procesar la información histórica de fallas, requerimientos y tiempos de reposición, permitiendo priorizar repuestos basados en evidencia

2.3.1.4. Resultado Esperado. Catálogo inicial de repuestos priorizados para fabricación mediante manufactura aditiva, con información técnica suficiente para orientar la instalación de talleres piloto y la asignación de recursos.

2.3.2. Fase 2: Diseño normativo y guía de procedimientos

2.3.2.1. Estrategia. Establecer un marco regulatorio preliminar que permita integrar la MA en los procesos de mantenimiento, garantizando trazabilidad, seguridad técnica y confiabilidad de los repuestos.

2.3.2.2. Acciones. Elaborar un manual que contemple:

- a. Alcance y limitaciones de la MA en el contexto militar.
- b. Lineamientos para la homologación de piezas producidas mediante impresión 3D.
- c. Protocolos de certificación de materiales y repuestos, incluyendo criterios de seguridad y confiabilidad.
- d. Normas para la gestión documental, asegurando la trazabilidad de cada componente fabricado.

Desarrollar una Guía de Procedimientos para la MA en mantenimiento, que incluya de manera detallada:

- a. Solicitud de repuestos, para identificar la necesidad, justificación y autorización.
- b. Diseño CAD e ingeniería inversa: generación del modelo digital, validación de dimensiones y especificaciones técnicas.
- c. Impresión y post proceso: selección de parámetros de impresión, tecnologías aplicables, acabados superficiales y ensayos básicos.
- d. Control de calidad: pruebas dimensionales, mecánicas y de desempeño funcional.
- e. Liberación técnica: verificación e incorporación del repuesto al equipo.
- f. Registro documental: inclusión en el sistema logístico institucional, con trazabilidad del ciclo del repuesto.

2.3.2.3. Recursos Necesarios:

- a. Comité técnico multidisciplinario, encargado de redactar y validar los documentos normativos.
- b. Asesores académicos y expertos en manufactura aditiva, provenientes de universidad y centros de investigación especializados, para asegurar que los procedimientos respondan a estándares internacionales.
- c. Soporte documental y digital, plataformas seguras para la gestión de archivos CAD, control de versiones y resguardo de información técnica.

2.3.2.4. Resultado Esperado. Contar con un marco normativo preliminar y procedimientos estandarizados que regulen la aplicación de la manufactura aditiva en el mantenimiento. Dicho marco permitirá garantizar la validez técnica, la seguridad operativa y la confiabilidad de los recursos fabricados, al mismo tiempo que brindará a los talleres una guía clara y formal para la solicitud, producción, verificación y uso de piezas impresas en 3D. además, este resultado servirá como base para posteriores fases de implementación, auditoría y escalonamiento, asegurando

que la MA no se incorpore de manera aislada, sino dentro de un sistema institucional de sostenimiento logístico.

2.3.3. Fase 3: Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades

2.3.3.1. Estrategia. Desarrollar competencias técnicas y operativas en el personal responsable del mantenimiento, asegurando que la adopción de la manufactura aditiva esté respaldada por capacidades internas sostenibles y no dependa únicamente de la adquisición de equipos

2.3.3.2. Acciones.

a. Implementar programas de capacitación práctica para operadores, diseñadores CAD y técnicos inspectores.

b. Desarrollar módulos formativos progresivos (diseño, operación, inspección de calidad) con enfoque aplicado.

c. Suscribir convenios de cooperación técnica con universidades y centros tecnológicos especializados para acelerar la transferencia de conocimiento.

2.3.3.3. Recursos Necesarios

a. Recursos humanos: Instructores especializados en ingeniería mecánica, diseño CAD, manufactura aditiva, control de calidad, personal militar seleccionado de áreas de mantenimiento, asesores académicos.

b. Recursos tecnológicos: Laboratorios de diseño asistido por computadora, estaciones de escaneo 3D para ingeniería inversa, impresoras 3D de distintas tecnologías, software CAD.

c. Recursos financieros: Presupuesto destinado a becas, pasantías, adquisición de software y equipamiento de apoyo didáctico.

d. Recursos normativos: Lineamientos de certificación del personal y manuales de competencias ajustados a estándares internacionales de la industria.

2.3.3.4 Resultado Esperado. Formulación y certificación de un núcleo de especialistas militares en manufactura aditiva, con capacidades técnicas y operativas suficientes para diseñar, producir y validar repuestos de manera autónoma dentro de los talleres de mantenimiento del Ejército.

Este resultado permitirá que la incorporación de la MA no dependa únicamente de equipos tecnológicos, sino de un capital humano robusto y sostenible, capaz de liderar proyectos de innovación, asegurar la confiabilidad de los repuestos y garantizar la continuidad operativa en escenarios de alta demanda. A su vez, este núcleo formará a nuevas generaciones de técnicos militares, asegurando la sostenibilidad de la propuesta en el largo plazo.

2.3.4. Fase 4: Evaluación, escalamiento y sostenibilidad

2.3.4.1. Estrategia. Consolidar la manufactura aditiva (MA) como una capacidad institucional permanente dentro de la gestión de mantenimiento, mediante un proceso de evaluación integral, seguido de un escalonamiento progresivo a otras unidades y la implementación de mecanismos que aseguren su sostenibilidad en el tiempo.

2.3.4.2. Acciones

- a. Evaluación técnica y operativa de los proyectos piloto, mediante auditorias periódicas.
- b. Evaluación económica, comparando los costos de adquisición tradicional frente a los obtenidos con la producción local, calculando indicadores de rentabilidad como el retorno de la inversión y el costo de propiedad.
- c. Escalonamiento progresivo a nivel institucional, extendiendo la implementación de la MA a unidades logísticas adicionales, en función de la demanda operativa, los resultados del piloto y la capacidad de absorción de cada unidad.
- d. Consolidación de un repositorio digital de repuestos impresos (almacén digital), que centralice los modelos CAD validados, parámetros de impresión y reportes de control de calidad, garantizando trazabilidad y estandarización en todas las unidades.
- e. Aseguramiento de la sostenibilidad.

2.3.4.3. Recursos necesarios

- a. Recursos humanos: comité institucional de evaluación, auditores técnicos y económicos, equipos de formación, gestores del repositorio digital

b. Recursos tecnológicos: sistemas de monitoreo de desempeño logístico, plataformas de gestión documental seguras, software para control de inventarios digitales, ampliación de la infraestructura de impresión 3D.

c. Recursos financieros: presupuesto multianual destinado al escalonamiento, mantenimiento de equipos y programas de innovación tecnológica.

d. Recursos normativos: reglamentos y procedimientos actualizados, políticas de certificación y estandarización de repuestos impresos.

2.3.4.4. Resultado esperado. Consolidación de la manufactura aditiva como una capacidad institucionalizada en el Ejército del Perú, respaldada por un sistema de evaluación técnica y económica que demuestre su impacto positivo en la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares. Se espera que, tras la fase de escalamiento, la MA se encuentre plenamente integrada a los procesos de mantenimiento y logística militar, apoyada por un marco normativo sólido, un repositorio digital de repuestos validados y un programa sostenido de capacitación del personal. En consecuencia, esta fase asegurará la sostenibilidad operativa y la autonomía logística del Ejército, cumpliendo con el objetivo general de la investigación y proyectando al sector defensa hacia un modelo de mantenimiento moderno e innovador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bird, DT y Ravindra, NM (2021). Bird, D. T., & Ravindra, N. M. (2021). Additive Manufacturing of Sensors for Military Monitoring Applications. *Polymers*, 13(9), 1455. <https://doi.org/10.3390/polym13091455>
- Blakey-Milner, B., Gradl, P., Snedden, G., Brooks, M., Pitot, J., Lopez, E., ... & Du Plessis, A. (2021). Metal additive manufacturing in aerospace: *Materials & Design*, 209, 110008. <https://doi.org/10.1016/J.MATDES.2021.110008>
- Blanchard & Fabrycky (2019). *Ingeniería y análisis de sistema quinta Edición*. Prentice Hall International series in industrial and systems engineering.
- Chávez, D., Silva, G., Aguilar, R., Kim, S., & Nakamatsu, J. Impresión 3D aplicada a edificaciones de escala natural: reflexiones desde la experiencia PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/190890>
- Corporación Rey. (2024). Impresiones 3D. <https://www.rey.com.pe/es/model-printing>
- DPTOING (2022). PUCP desarrolla sistema de impresión 3D para construcción automatizada. <https://departamento-ingenieria.pucp.edu.pe/noticia/pucp-desarrolla-sistema-de-impresion-3d-para-construccion-automatizada/>
- Ejército del Perú. (2019). Plan de Transformación Institucional del Ejército del Perú al 2034. Dirección de Planeamiento del Ejército.
- Epler, I. J., Andrejić, M. D., Milenkov, M. A., & Sokolović, V. S. (2017). Concept of logistics prevention development in a defence system. *Vojnotehnicki glasnik/Military Technical Courier*, 65(4), 1027-1043.

ESAN, (2020). Avances en la impresión 3D en el Perú. Conexión ESAN.
<https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/avances-en-la-impresion-3d-en-el-peru>

Eyzaguirre de la Roca, D. (2022). Evaluación de procesos de manufactura aditiva en la reproducción volumétrica de los detalles de un diseño 3D de una futura prótesis óculo-palpebral. <https://hdl.handle.net/20.500.12815/27843>

Ficzere. P. (2022), El impacto del posicionamiento de piezas en los costos variables de producción en el caso de la fabricación aditiva. <https://pp.bme.hu/tr/article/view/15827>

Gibson et al (2020). *Tecnologías de Fabricación aditiva*. Springer. DOI: [10.1007/978-3-030-56127-7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7)

Hasanov, S., Alkunte, S., Rajeshirke, M., Gupta, A., Huseynov, O., Fidan, I., Alifui-Segbaya, F., & Rennie, A. (2022). Review on Additive Manufacturing of Multi-Material Parts: Progress and Challenges. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.3390/jmmp6010004>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Infodefensa. (2024). Asmar impulsará con Leitat Chile su estrategia de manufactura aditiva para construcción naval. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4392340/asmar-impulsara-leitat-chile-estrategia-manufactura-aditiva-construccion-naval>

Judson, J. (2019). Still in service: Ex Lab is the US Army's problem solving MacGyver. *Defense news*. <https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/ausa/2019/10/14/still-in-service-ex-lab-is-the-us-armys-problem-solving-macgyver/>

Klahn et al (2023). *Economía de la fabricación aditiva*. Springer Handbook of Additive Manufacturing, pp. 31-42. DOI: [10.1007/978-3-031-20752-5_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20752-5_2)

- Merkt, O. (2020). *Modelos predictivos para la optimización del mantenimiento: Un estudio analítico de la literatura sobre estrategias de mantenimiento industrial*. Tecnologías de la información para la gestión: Investigación actual y futuras direcciones. AITM ISM 2019. Apuntes de las clases sobre procesamiento de información empresarial, vol. 380. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43353-6_8
- Mobley, R. K. (2020). *Maintenance engineering handbook*. McGraw-Hill Education. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:20111
- Panta Morales, A. (2022). *Vigilancia tecnológica para determinar la viabilidad de la manufactura aditiva en la producción de bicicletas en el Perú*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24162>
- Pérez et al (2020) *Avances actuales en la fabricación aditiva*. Procedia CIRP volumen 88, pp 439-444. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.076>
- Pilataxi Chicaiza, D. W. (2024). *Fabricación de una caja de cambios CVT mediante el proceso de manufactura aditiva FMD como material didáctico para ingeniería automotriz*. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/5202>
- Pollock, T. M., Clarke, A. J., & Babu, S. S. (2020). Design and tailoring of alloys for additive manufacturing. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 51, 6000-6019. <https://doi.org/10.1007/s11661-020-06009-3>
- Ramos, G. (2022). *Aplicación de la manufactura aditiva y diseño generativo en la producción de productos ortopédicos bajo un enfoque en el cliente*. <https://hdl.handle.net/20.500.12590/17423>

Roque Chero, G. N. (2023). Estudio de la dureza y la resistencia a la tracción del PLA fabricado por manufactura aditiva y sometido a un tratamiento térmico de recocido.

<https://hdl.handle.net/20.500.12773/16116>

Rosen, D. W. (2021). Additive Manufacturing Technologies. Springer.

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-56127-7>

Saleh Alghamdi, S., John, S., Roy Choudhury, N. y Dutta, NK (2021). Fabricación aditiva de materiales poliméricos: avances, promesas y desafíos. *Polímeros*, 13 (5), 753.

<https://doi.org/10.3390/polym13050753>

SPEE3D (2020). Australian Army Push Metal 3D Printing to Extremes in Latest Field Trial.

<https://www.spee3d.com/australian-army-push-metal-3d-printing-to-extremes-in-latest-field-trial/>

Solís & Torres (2021). Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión de mantenimiento.

INGENIAR Vol 4 Num 8. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0051>

Solórzano & Espinoza (2021). *Modelo logístico de gestión de mantenimiento como estrategia de mejora a la disponibilidad*. INGENIAR Vol 4 Num 8.

<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespssep.0028>

Stewart (2024). *Calum Stewart habla sobre la revolución de las operaciones militares con la fabricación aditiva: Perspectivas del éxito de SPEE3D*. AM CRONICLE.

<https://amchronicle.com/insights/calum-stewart-on-revolutionizing-military-operations-with-additive-manufacturing-insights-from-spee3ds-success/>

Unidad de Prospectiva y Estrategia Tecnológica, Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, Dirección General de Armamento y Material. (2020, junio).

Fabricación aditiva para defensa. Secretaría de Estado de Defensa, Ministerio de

Defensa de España.

<https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/SiteAssets/Lists/Publicaciones/EditForm/Fabricaci%C3%B3n%20aditiva.pdf>

Wong, P. (2021). Oportunidades y obstáculos en la aplicación de la manufactura aditiva como una herramienta de innovación en Lima. Estudio de caso en Universidad Peruana.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/20896>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título: Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento mediante el Empleo de la Manufactura Aditiva en el Ejército del Perú, Lima 2025

Preguntas de investigación	Objetivos	Categorías y Subcategorías	Metodología
<p>Problema General: ¿Cómo puede la implementación de la manufactura aditiva mejorar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, optimizando la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares para el año 2025?</p> <p>Problemas Específicos: ¿Qué impacto tiene la demora en la adquisición de repuestos críticos en la disponibilidad y operatividad de los equipos militares del Ejército del Perú?</p>	<p>Objetivo General: Analizar la implementación de la manufactura aditiva como alternativa para optimizar la gestión de mantenimiento en el Ejército del Perú, con el fin de mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares en el año 2025.</p> <p>Objetivos Específicos: Analizar el impacto de los tiempos de espera en la adquisición de repuestos críticos en la disponibilidad y operatividad de los equipos militares del Ejército del Perú. Evaluar la viabilidad económica de la manufactura aditiva en la reducción de costos asociados a la adquisición y</p>	<p>Categoría 1: Gestión de mantenimiento</p> <p>Subcategorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Tiempos de espera b. Disponibilidad de equipos c. Costos de mantenimiento d. Barreras organizacionales 	<p>Enfoque de Investigación: Cualitativo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada – Exploratoria.</p> <p>Método de investigación: Hermenéutico.</p> <p>Población: Comando Logístico del Ejército en Lima.</p> <p>Técnica:</p>

<p>¿Cómo puede la manufactura aditiva reducir los costos asociados a la adquisición y producción de repuestos en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú?</p> <p>¿Qué beneficios aporta la manufactura aditiva en la disminución de la indisponibilidad de equipos militares debido a fallos o daños imprevistos?</p> <p>¿Cuáles son las barreras técnicas y organizacionales para la implementación de la manufactura aditiva en los procesos de gestión de mantenimiento del Ejército del Perú?</p>	<p>producción de repuestos para la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú.</p> <p>Determinar los beneficios de la manufactura aditiva en la reducción de la indisponibilidad de equipos militares, enfocándose en sus aplicaciones de la manufactura aditiva, principalmente en la capacidad para producir repuestos de manera rápida y eficiente.</p> <p>Identificar y analizar las barreras técnicas y organizacionales que podrían dificultar la implementación de la manufactura aditiva en los procesos de gestión de mantenimiento del Ejército del Perú.</p>	<p>Categoría 2:</p> <p>Manufactura Aditiva</p> <p>Subcategorías:</p> <p>a) Viabilidad económica</p> <p>b) Aplicaciones</p> <p>c) Barreras Técnicas</p>	<p>Entrevista</p> <p>Observación</p> <p>Revisión documental.</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Guía de Entrevista</p> <p>Ficha de registro de datos.</p> <p>Ficha de análisis documentario.</p> <p>Técnicas de procesamiento y análisis de información:</p> <p>Triangulación</p>
---	---	--	--

Anexo 2: Validación del instrumento

2.1. Ficha N° 1



PERÚ

Ministerio
de DefensaEjército
del PerúComando de Educación y Doctrina del Ejército
Escuela Superior de Guerra del Ejército
Escuela de Postgrado**"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"**

Chorrillos, 22 de enero de 2025

Informe N° 001

De: Mg Lizeth Cacho De La Cruz
Para: Lic Carlogiordanni Casanova Cruzado
Lic Josefina Delaude Alvarado de Casanova

Me dirijo a Usted respetuosamente para saludarlo y agradecer la designación para la evaluación de la Validez de Contenido de la Guía de entrevista semiestructurada, instrumento de recolección de información para la tesis titulada: **"Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025"**.

Después de la evaluación correspondiente se determina que:

- a. El instrumento cumple en su totalidad con los criterios, por lo que es válido para proceder a la recolección de la información (X)
- b. El instrumento no cumple en su totalidad con los criterios, por lo que deberá levantar las observaciones siguiendo las sugerencias propuestas ()

Mg. Lizeth Cacho De La Cruz
Código ORCID [0000-0002-5311-7670](https://orcid.org/0000-0002-5311-7670)

2.2 Ficha N° 2



PERÚ

Ministerio
de DefensaEjército
del PerúComando de Educación y Doctrina del Ejército
Escuela Superior de Guerra del Ejército
Escuela de Postgrado**"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"**

Chorrillos, 22 de enero de 2025

Informe N° 002

De: Mg Gerardo Llacuachaqui Hinojosa
Para: Lic Carlogiordanni Casanova Cruzado
Lic Josefina Delaude Alvarado de Casanova

Me dirijo a Usted respetuosamente para saludarlo y agradecer la designación para la evaluación de la Validez de Contenido de la Guía de entrevista semiestructurada, instrumento de recolección de información para la tesis titulada: **"Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025"**.

Después de la evaluación correspondiente se determina que:

- a. El instrumento cumple en su totalidad con los criterios, por lo que es válido para proceder a la recolección de la información (X)
- b. El instrumento no cumple en su totalidad con los criterios, por lo que deberá levantar las observaciones siguiendo las sugerencias propuestas ()

Mg. Gerardo Llacuachaqui Hinojosa

Código ORCID [0009-0003-0922-5134](https://orcid.org/0009-0003-0922-5134)

2.3 Ficha N° 3



PERÚ

Ministerio
de DefensaEjército
del PerúComando de Educación y Doctrina del Ejército
Escuela Superior de Guerra del Ejército
Escuela de Postgrado**"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"**

Chorrillos, 23 de enero de 2025

Informe N° 003

De: Mg Oscar Vega Ravello
Para: Lic Carlogiordanni Casanova Cruzado
Lic Josefina Delaude Alvarado de Casanova

Me dirijo a Usted respetuosamente para saludarlo y agradecer la designación para la evaluación de la Validez de Contenido de la Guía de entrevista semiestructurada, instrumento de recolección de información para la tesis titulada: **"Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025"**.

Después de la evaluación correspondiente se determina que:

- a. El instrumento cumple en su totalidad con los criterios, por lo que es válido para proceder a la recolección de la información (X)
- b. El instrumento no cumple en su totalidad con los criterios, por lo que deberá levantar las observaciones siguiendo las sugerencias propuestas ()

Mg. Oscar Vega Ravello

Código ORCID [0009-0006-3442-5770](https://orcid.org/0009-0006-3442-5770)

2.4 Ficha N° 4



PERÚ

Ministerio
de DefensaEjército
del PerúComando de Educación y Doctrina del Ejército
Escuela Superior de Guerra del Ejército
Escuela de Postgrado**"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"**

Chorrillos, 24 de enero de 2025

Informe N° 004

De: Mg Cristhian Mirano Chacon
Para: Lic Carlogiordanni Casanova Cruzado
Lic Josefina Delaude Alvarado de Casanova

Me dirijo a Usted respetuosamente para saludarlo y agradecer la designación para la evaluación de la Validez de Contenido de la Guía de entrevista semiestructurada, instrumento de recolección de información para la tesis titulada: **"Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025"**.

Después de la evaluación correspondiente se determina que:

- a. El instrumento cumple en su totalidad con los criterios, por lo que es válido para proceder a la recolección de la información (X)
- b. El instrumento no cumple en su totalidad con los criterios, por lo que deberá levantar las observaciones siguiendo las sugerencias propuestas ()

Mg. Cristhian Mirano Chacon

Código ORCID [0009-0003-0656-4122](https://orcid.org/0009-0003-0656-4122)

2.5 Ficha N° 5



PERÚ

Ministerio
de DefensaEjército
del PerúComando de Educación y Doctrina del Ejército
Escuela Superior de Guerra del Ejército
Escuela de Postgrado**"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"**

Chorillos, 24 de enero de 2025

Informe N° 005

De: Mg Eddy Abrella Chaparro
Para: Lic Carlogiordanni Casanova Cruzado
Lic Josefina Delaude Alvarado de Casanova

Me dirijo a Usted respetuosamente para saludarlo y agradecer la designación para la evaluación de la Validez de Contenido de la Guía de entrevista semiestructurada, instrumento de recolección de información para la tesis titulada: **"Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025"**.

Después de la evaluación correspondiente se determina que:

- a. El instrumento cumple en su totalidad con los criterios, por lo que es válido para proceder a la recolección de la información (X)
- b. El instrumento no cumple en su totalidad con los criterios, por lo que deberá levantar las observaciones siguiendo las sugerencias propuestas ()

Mg. Eddy Abrella Chaparro

Código ORCID [0000-0003-4654-1892](https://orcid.org/0000-0003-4654-1892)

Anexo 3: Instrumentos de Recolección de Información

GUÍA DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Buenos días, me encuentro desarrollando un trabajo de investigación para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias Militares con mención en Gestión Pública en la Escuela Superior de Guerra del Ejército -Escuela de Posgrado, habiendo elegido el tema titulado: **“Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025”**. Por lo que desarrollaré esta entrevista anónima y desde ya le agradezco su gentil colaboración.

Teniendo en consideración su conocimiento y experiencia profesional, tenga a bien responder las siguientes preguntas:

1. En su experiencia, ¿qué factores considera que limitan la disponibilidad operativa de los equipos militares en el contexto actual?
2. Cuando se pierde o daña una pieza que no se puede reemplazar fácilmente en el mercado, ¿cómo afecta esto la disponibilidad y el empleo operativo de los equipos?
3. ¿Qué experiencias ha tenido respecto a los tiempos de espera para la adquisición de repuestos en los procesos de mantenimiento?
4. ¿Qué experiencias ha tenido en relación con los tiempos de espera para la adquisición de repuestos militares que no se encuentran disponibles en el mercado comercial?
5. ¿Qué impacto tienen los costos de adquisición de repuestos en la gestión de mantenimiento del Ejército?
6. Desde su experiencia, ¿qué tan viable considera la implementación de la manufactura aditiva para reducir los costos de adquisición de repuestos que actualmente dependen del mercado extranjero?
7. ¿Cree que la inversión en esta tecnología sería sostenible en el tiempo, considerando el ahorro potencial en importación y almacenamiento de piezas críticas?
8. ¿En qué tipos de equipos o sistemas considera más útil aplicar la manufactura aditiva, especialmente pensando en repuestos no comerciales o de difícil adquisición?
9. En su opinión, ¿cuáles son las principales barreras técnicas y organizacionales que dificultarían producir localmente piezas no comerciales mediante manufactura aditiva en el Ejército del Perú?

GUÍA DE OBSERVACIÓN

GUÍA DE OBSERVACIÓN CUALITATIVA			
Observación N°	01	Fecha	10/02/25
Lugar	Comando logístico del Ejército – Lima - Perú		
Espacio – Situación	Departamento		
Aspectos Observados	Consideraciones/Analíticas respecto al aspecto observado		
Principales piezas que requieren sustitución constante			
Numero de equipos en mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo)			
Calidad de repuestos que se adquieren			
Disponibilidad de repuestos			
Uso de tecnología actual (Base de datos de piezas criticas)			
Numero de ambientes adecuados para almacenar repuestos			
Ambientes disponibles como talleres			
Observaciones adicionales:			
Nombre del Investigador – Observador			

FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL


Se seleccionó los documentos considerados de mayor relevancia para la elaboración del estudio, considerando fuentes relevantes de las bases de datos, buscadores académicos, y repositorios (Google Académico, Scopus, Scielo, WOS, Dialnet). De esta forma, los documentos claves que cumplieron a cabalidad con los criterios establecidos en las fases del estudio, y que dieron sustento al estudio conceptual, son los que se describen a continuación:

Tipo de documento	Referencia	Tema seleccionado
Plan de Transformación Institucional del ejército 2020 – 2034 (PTI)	Ejército del Perú (2020). <i>Plan de Transformación Institucional del Ejército del Perú 2020-2034</i> . Lima, Perú: Ministerio de Defensa.	OE 1 Incrementar las capacidades militares para el empleo del Ejército.
DL N° 1439 del Sistema Nacional de Abastecimiento	Ministerio de Economía y Finanzas (2018). <i>Decreto Legislativo N° 1439, Decreto Legislativo del Sistema Nacional de Abastecimiento</i> . Lima, Perú: Ministerio de Economía y Finanzas. https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/201359-1439	Establecimiento de los principios, definiciones, composición, normas y procedimientos del Sistema Nacional de Abastecimiento.
Reglamento del DL N° 1439 del Sistema Nacional de Abastecimiento	Ministerio de Economía y Finanzas (2019). <i>Reglamento del Decreto Legislativo N° 1439, Decreto Legislativo del Sistema Nacional de Abastecimiento</i> . Lima, Perú: Ministerio de Economía y Finanzas. https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1788548-1?fbclid=IwAR1qC14PglxKiSZMDg_O8xdubPoJz5XHVJ1XnQ_-UEUC19LS9nDI9UA8A7s	Regulación de los mecanismos para asegurar el aprovisionamiento y la gestión de los bienes, servicios y obras.

DL N° 1137: <i>Ley del Ejército del Perú</i>	Congreso de la República del Perú (2021). <i>Ley del Ejército del Perú</i> . Diario Oficial El Peruano. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2565707/Ley%20del%20Ej%C3%A9rcito%20del%20Per%C3%BA1.pdf.pdf?v=1638533523	Marco legal de competencias y funciones del Ejército del Perú.
Metodología del Plan de Transformación Institucional en su versión 2	Diagnóstico causa raíz del problema (2023)	AE 1.2 Equipamiento e infraestructura moderna en el Ejército para entrar en operaciones con alta probabilidad de éxito.
DS N° 009 – 2025 - EF	Reglamento de la Ley N° 32069, Ley General de Contrataciones Públicas	Procedimientos para adquisición de repuestos.
Directiva Militar	Directiva N° 4153-20257DILOGE/SD-ABASTO/D-2.a.1, Normas y procedimientos para la implementación y funcionamiento del sistema Nacional de Abastecimiento en el Ejército del Perú	Lineamientos de carácter técnico, para garantizar la cadena de abastecimiento.
Reglamento Militar	RCG N° 194-CGE/COEDE/U-6. c.1/27.00 (2016). RE 36-32, Organización, normas y responsabilidades en operaciones de mantenimiento.	Conceptos doctrinarios y procedimientos de mantenimiento.
Artículo científico	Díaz & Copas (2024). <i>Uso de la fabricación aditiva para fines militares como una vía de contribuir a la economía circular y la sostenibilidad</i> . Revista Economía Industrial. https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/4	Aumento de la personalización y eficiencia, impacto en la sostenibilidad e innovación en defensa

	<u>30/D%C3%8DAZ%20GARC%C3%8DA%20Y%20CORPAS%20IGLESIAS.pdf</u>	
Artículo científico	Bird & Ravindra (2021). <i>Fabricación aditiva de sensores para aplicaciones de monitorización militar</i> . MDPI Polímeros vol. 13. <u>https://www.mdpi.com/2073-4360/13/9/1455</u>	Aplicación de la manufactura aditiva en el ámbito militar.

Anexo 4. Autorización para la recolección de información

	PERÚ	Ministerio de Defensa	Ejército del Perú	Comando de Educación y Doctrina del Ejército Escuela Superior de Guerra del Ejército Escuela de Postgrado
---	-------------	------------------------------	--------------------------	---

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Chorrillos, 05 de marzo de 2025

Oficio N° 622 /U-26.e.a/DGI

Señor General de División Comandante General del COLOGE.- Lima

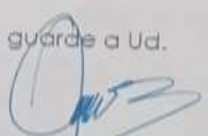
Asunto : Solicita brindar facilidades a personal que se indica.

Ref. : a. Reglamento para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Militares,
 b. Reglamento de Investigaciones de la ESQE-EPG.


Tengo el honor de dirigirme a Ud., en relación a los documentos de la referencia para solicitarle se digne disponer a quien corresponda, brindar las facilidades para el levantamiento de datos e informaciones a la My Ing DELAUDE ALVARADO Josefina y al My Cab CASANOVA CRUZADO Carlogiordanni, estudiantes de la XIII Maestría en Ciencias Militares de esta casa de estudios que vienen realizando la investigación titulada: "**Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército , Lima 2025**".

Agradeciendo de antemano por las facilidades brindadas, en espera del acuse de recibo correspondiente, es propicia la oportunidad para expresarle mis consideraciones y deferente estima.

Dios guarde a Ud.



 O - 224724171 - A+
JUAN KENNETH VALVERDE VIRHUEZ
 General de Brigada
 Director de la Escuela Superior de Guerra
 Escuela de Postgrado



Distribución:

COLOGE01

Archivo.....01/02

MESA DE PARTES

COMANDO EN JEFE FUJ. EJERCITO

FECHA: 14/03/25

HORA: 11:30

IMP-FRM: D. VIRHUEZ

FIRMA: [Signature]

Anexo 5. Consentimiento Informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Escuela Superior de Guerra del Ejército- Escuela de Posgrado

Investigador (es): Carlogiordanni Casanova Cruzado

Josefina Mercedes Delaude Alvarado de Casanova

Título de Tesis: Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento mediante el empleo de la manufactura aditiva en el Ejército, Lima 2025

Propósito del estudio: El propósito de este estudio es mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos militares para el año 2025. Su ejecución permitirá evidenciar las ventajas y desafíos de la manufactura aditiva en el ámbito castrense,

Procedimiento: Si usted decide participar en este estudio, se realizará lo siguiente:

La entrevista/encuesta puede demorar unos 30 minutos. Los resultados de la investigación se le entregará a usted en forma individual y se almacenará respetando la confidencialidad y el anonimato.

Riesgos: La investigación no presentará riesgo alguno para su integridad física ni emocional.

Beneficios: La implementación de manufactura aditiva en la gestión de mantenimiento del Ejército del Perú representa una oportunidad estratégica para mejorar significativamente su operatividad y capacidad de respuesta.

Costos e incentivos: Usted no deberá pagar nada por la participación. Tampoco recibirá ningún incentivo económico a cambio de su participación.

Confidencialidad: Nosotros guardaremos la información de manera anónima, utilizando códigos y no con nombres. Si los resultados de este estudio son publicados, no se mostrará ninguna información que permita su identificación.

Si tiene alguna duda y necesita más información puede comunicarse con el Lic. Carlogiordanni Casanova Cruzado Cel 996699257, la Lic. Josefina Delaude Alvarado de Casanova Cel 954958289 o con el asesor: Mg. Karina Vizarreta Huertas Cel 906 858 936.

CONSENTIMIENTO: Acepto voluntariamente participar en este estudio. Recibiré una copia firmada de este consentimiento.

Participante:

01	CUNYA SALDARRIAGA ERICKA TATIANA	
02	CONTRERAS RAEZ MARVIN HARRY	
03	DAVALOS CHECCO MARCO ANTONIO	

04	FLORES VERA RICARDO EDUARDO	
05	HUAMAN ALVAREZ JULIO LADISLAO	
06	MELLADO DELGADO GABRIELA	
07	MEZA RAMOS CAROLA DARCY	
08	MIRANDA MANRIQUE DIEGO EDUARDO	
09	MONTEZA PEREZ HAROL	
10	OSORIO ESTEBAN IVANOV	
11	PORTOCARRERO GOMEZ MAX BERTONY	
12	ROSALES RAMOS GABRIEL MARCELO	
13	SEMPERTEGUI FLORES NATALI KATHERINE	
14	TREBEJO RAMIREZ LUIS ENRIQUE	
15	VIDAL PARDAVE EMER JOSE	

Investigadores: Carlogiordanni Joshue Casanova Cruzado DNI 44675834

Josefina Mercedes Delaude Alvarado de Casanova DNI 43293232