

La manufactura esbelta en el contexto de la defensa nacional aplicada en las industrias de defensa y las fuerzas armadas: una revisión integradora

Lean Manufacturing in the context of National Defense applied in defense industries and the Armed Forces: an integrative review

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo presentar las contribuciones de la manufactura esbelta en el contexto de la defensa nacional, a partir de una revisión integradora de la literatura centrada en aplicaciones en las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas, e identificar oportunidades para integrarla en el Ejército Brasileño. La revisión integradora de la literatura destacó 27 artículos, en los que organizaciones militares e industrias de defensa de todo el mundo se han beneficiado de la aplicación de los principios y herramientas de la manufactura esbelta, en la medida en que elimina o reduce desperdicios de procesos, principalmente relacionados con la espera entre actividades y procesamientos innecesarios, logrando mejores resultados en la entrega de sus bienes y servicios. El Mapeo del Flujo de Valor (MFV) se destaca como la principal herramienta de manufactura esbelta para la mejora de procesos y la aplicación eficiente de recursos. Las oportunidades para integrarlo al Ejército Brasileño se identifican principalmente en los procesos de mantenimiento, modernización y revitalización de los Sistemas de Empleo Militar (SMEM), y pueden ser aplicadas en otros ambientes como gestión hospitalaria, obras militares, gestión organizacional, de proyectos, ciclo de vida de las PYMES y logística de suministro.

Palabras clave: Manufactura Esbelta. Ejército Brasileño. Revisión Integradora. Sistemas y Materiales de Empleo Militar.

Abstract: This paper aims to present the contributions of lean manufacturing in the context of National Defense, from an integrative literature review focused on applications in defense industries and Armed Forces, and identify opportunities to integrate the lean manufacturing to the Brazilian Army. The integrative literature review highlighted 27 articles, where military organizations and defense industries around the world have benefited from the application of lean principles and tools, as it eliminates or reduces process waste, mainly related to waiting between activities and unnecessary processing, achieving better results in the delivery of their goods and services. Value Stream Mapping (VSM) stands out as the main lean tool for process improvement and efficient application of resources. The opportunities to integrate lean manufacturing into the Brazilian Army are primarily identified in the processes of maintenance, repair and overhaul of Military Employment Systems and Materials (SMEM), and can be applied in other environments such as health management, military works management, organizational management, project management, life cycle management and supply logistics management.

Keywords: Lean Manufacturing. Brazilian Army. Integrative Review. Military Employment Materials and Systems.

Hanameel Carlos Vieira Gomes 

Exército Brasileiro. Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
hanameelcarlos@gmail.com

Giuseppe Miceli Junior 

Exército Brasileiro. Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
giuseppe.pged@ime.eb.br

Antonio Eduardo Carrilho da Cunha 

Exército Brasileiro. Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
carrilho@ime.eb.br

Recibido: 24 oct. 2023

Aprobado: 24 jun. 2024

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



Creative Commons
Attribution Licence

1 INTRODUCCIÓN

El Ejército Brasileño, en su proceso de transformación, ha buscado mejorar el Sistema Logístico Militar Terrestre (SLMT) a través de la modernización de las líneas de mantenimiento existentes en los Parques de Mantenimiento y Arsenales de Guerra, que realizan servicios de mantenimiento de los Sistemas y Materiales de Empleo Militar (SMEM). En línea con esto, el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCT&I) del Ejército Brasileño ha buscado mejorar la gestión del sistema fabril, que incluye actividades relacionadas con la modernización y/o revitalización de los SMEM desarrollados en las estructuras fabriles del Ejército Brasileño.

Entre los aspectos observados para la gestión de los procesos de mantenimiento, modernización y/o revitalización de SMEM, la utilización de sistemas de gestión de producción actuales apunta para el mejor aprovechamiento de los recursos empleados, sean ellos financieros, humanos, estructura física, entre otros. La manufactura esbelta, también conocida como *lean manufacturing*, surge entonces como un modelo de gestión de producción estándar para el siglo XXI (Rinehart; Huxley; Robertson, 1997 *apud* Shah; Barrio, 2007).

Uno de los principales objetivos de la manufactura esbelta es implementar una filosofía que permita a las organizaciones aumentar su eficiencia y perfeccionar sus procesos a través de una mejora continua, reduciendo y eliminando desperdicios (Jones, 2004). Por lo tanto, la manufactura esbelta está relacionada con el desempeño superior y la capacidad de proporcionar una ventaja competitiva a las organizaciones (Shah; barrio, 2003 *apud* Shah; Barrio, 2007).

Como objeto de estudio de este trabajo, se investigará la contribución de la manufactura esbelta en el contexto de la defensa nacional, con enfoque en estudios y aplicaciones en las Fuerzas Armadas y en las industrias de defensa, y a partir de estas contribuciones señalar las oportunidades de integrar la filosofía *lean manufacturing* en el Ejército Brasileño. Ante este objetivo, se pueden enumerar las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo ha contribuido el *lean manufacturing* a un mejor desempeño en las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas?
- ¿Qué herramientas de *lean manufacturing* se han aplicado ya en las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas?
- ¿Cuáles son las oportunidades para integrar la filosofía de *lean manufacturing* en el Ejército brasileño?

1.1 Contexto de Transformación del Ejército Brasileño

Frente a los profundos cambios ocurridos en todos los sectores de una nación, desde el surgimiento de nuevos modelos de negocios hasta la reformulación de los sistemas productivos, el Ejército Brasileño atraviesa, en los últimos años, un proceso de transformación para adquirir capacidades compatibles con la rápida evolución de la humanidad.

Este proceso de transformación del Ejército brasileño está alineado con las políticas y directrices en el ámbito de la defensa nacional, que están establecidas en la Política de Defensa Nacional (PND) y la Estrategia Nacional de Defensa (END). Con relación a la concepción de la

estructura de defensa del País, están comprendidos en esa compleja estructura: estudios referentes a las amenazas de la soberanía e intereses nacionales, desarrollo de las potencialidades de todos los segmentos del País, modernización de los equipamientos y calificación del capital humano de las Fuerzas Armadas, además de discusiones sobre conceptos, doctrinas, directrices y procedimientos de preparación y empleo de la expresión militar del Poder Nacional (Brasil, 2020b).

El *Libro Blanco de la Defensa Nacional* (LBDN), elaborado con base en la PND y la END, define la transformación de la defensa como consecuencia de la necesidad de mejorar las Fuerzas Armadas y dotarlas de capacidades adecuadas para el cumplimiento de su objeto constitucional. En Brasil, la transformación de la defensa ocurre a través de tres aspectos: el Plan de Articulación y Equipamiento de la Defensa (PAED), la modernización de la gestión del sistema de defensa nacional y la reorganización de la Base Industrial de Defensa (BID) (Brasil, 2020a).

En este contexto, el PAED, por ejemplo, consolida los Proyectos Estratégicos de las Fuerzas Armadas que buscan atender las demandas de articulación y de equipamiento necesarias para el cumplimiento de su destino constitucional, conforme preconizado en la END. Uno de los proyectos prioritarios se llama Obtención de Capacidad Operativa Plena (OCOP). Se entiende por OCOP el logro de alta disponibilidad y confiabilidad de los equipos, abarcando la recuperación de los medios existentes, su revitalización y modernización e, incluso, su reemplazo por obsolescencia (Brasil, 2020a).

Dado que los programas y proyectos estratégicos actúan como inductores del proceso de transformación en curso en el Ejército Brasileño (Brasil, 2020b), la dirección de los esfuerzos de inversión se realiza a través del Plan Estratégico del Ejército (PEEx) (Brasil, 2019), con base en las capacidades de interés del EB. Finalmente, relacionando los objetivos propuestos en el Plan Estratégico del Ejército (PEEx) con el tema central de este trabajo, destacamos los siguientes Objetivos Estratégicos del Ejército (OEE):

- OEE8 – Mejorar el Sistema de Logística Militar Terrestre: establece la modernización de las líneas de producción y mantenimiento de Parques y Arsenales de Guerra;
- OEE9 – Mejorar el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCT&I), establece la mejora de la gestión del sistema fabril, a través del mapeo de procesos relacionados a la modernización de los SMEM desarrollados en las estructuras fabriles del Ejército Brasileño.

Es necesario resaltar que el proceso de transformación del Ejército Brasileño, bajo el vector de la ciencia y la tecnología, deberá ser capaz de realizar el cambio necesario de paradigmas en todos sus sistemas y funciones para alcanzar el Ejército del futuro (Prado Filho, 2014). La importancia de la capacidad científico-tecnológica en la Expresión del Poder Militar Nacional, manifestada en las actividades de investigación y desarrollo, producción y modernización de las SMEM, desarrolladas por organizaciones y empresas militares de la Base Industrial de Defensa (BID), se configuran como un elemento central del desarrollo y sostenimiento del Poder Militar (Galdino; Schons, 2022).

Ante la coyuntura presentada, las organizaciones públicas y privadas, civiles y militares, han buscado adquirir las capacidades compatibles con la rápida evolución de la humanidad. En la estela del desarrollo y de los profundos cambios que han ocurrido en todos los sectores

de una nación, en la búsqueda de un sistema de gestión de producción capaz de adaptarse a los nuevos escenarios y demandas, la manufactura esbelta (*lean manufacturing*) es vista como una solución interesante para que las organizaciones trabajen eliminando o evitando los desperdicios, buscando alta productividad con calidad, agilidad y flexibilidad.

1.2 La Manufactura Esbelta

La historia de la manufactura esbelta se remonta a la década de 1950, después de la Segunda Guerra Mundial, cuando los japoneses Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, ingenieros de *Toyota Motor Company*, Compañía Productora de automóviles fundada en 1937, pensaron que era posible mejorar el sistema de producción. En aquel momento, en 1949, Toyota experimentó grandes problemas, sufriendo un desplome de las ventas, así como despidos masivos de sus empleados. Vale la pena señalar que para 1950, Toyota había producido 2.685 automóviles, mientras que la fábrica Rouge de Ford, en Detroit, Estados Unidos (EE.UU.), producía 7 mil unidades de automóviles por día (Womack; Jones; Roos, 1990).

Ante este escenario, después de una visita de Eiji Toyoda a la fábrica Rouge de Ford, los ingenieros perfeccionaron el modelo Ford de producción y dieron inicio, de forma experimental, a lo que en Toyota pasó a llamarse Sistema Toyota de Producción (STP) y, finalmente, la producción esbelta (Womack; Jones; Roos, 1990).

La aparición de STP tuvo como objetivo crear un sistema de producción más flexible y más rápido en relación con los cambios del mercado. Estas características serían un importante diferencial estratégico, una vez que la pronta respuesta a las constantes variaciones del mercado estaba alineada con la obtención de resultados efectivos en las principales dimensiones de la competitividad, que son: innovación, flexibilidad, calidad, costo y atención (Shingo, 1996).

El término “producción esbelta”, del inglés *lean production* o *lean manufacturing*, fue creado a fines de la década de 1980 por los investigadores del *International Motor Vehicle Program* (IMVP), un programa de investigación vinculado al *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), para comprender los desafíos que enfrenta la industria automotriz global, que en ese momento enfrentaba una ruptura de paradigma del sistema de producción, es decir, de un sistema de producción en masa a un sistema de producción flexible, eficiente e innovador (Womack; Jones; Roos, 1990).

El término *lean* fue utilizado por primera vez por Krafcik (1988), investigador asociado con el programa de investigación IMVP del MIT. Sin embargo, la popularización del término *lean manufacturing* ocurrió con Womack y colaboradores (1990), quienes describieron las prácticas de manufactura del STP, desarrollado con el propósito de adaptarse a los escasos recursos de la economía japonesa después de la Segunda Guerra Mundial.

Según Ohno (1997), la base de STP es la eliminación de residuos, a través de la integración de principios y herramientas que conducen a la búsqueda de la excelencia. La manufactura esbelta se basa en cinco principios, que ayudan a comprender mejor sus fundamentos y perspectivas del pensamiento esbelto, a saber: *especificar el valor*, determinando con precisión el valor agregado por producto específico; *identificar el flujo de valor*, a través del mapeo de la cadena de valor para cada producto; *asegurar el flujo*, haciendo que el valor fluya sin interrupciones; *trabajar con producción tirada* (*pull production*), haciendo que el cliente extraiga valor del producto; *buscar la*

perfección, buscando siempre la mejora continua. Sobre la base de estos principios, las industrias se vuelven flexibles y capaces de responder de manera efectiva a las necesidades del mercado (Womack; Jones, 2004).

Shingo (1996) afirma que la característica principal del STP es la reducción de desperdicios, ya que hasta entonces se consideraban parte del trabajo. Eliminarlos significa analizar todas las actividades y procesos de un sistema productivo, y eliminar aquellas actividades que no agregan valor al producto final (Womack; Jones, 2004). Ohno (1997) identifica los desperdicios de la producción, basados en las teorías y principios de Henry Ford.

Según Ohno (1997) y Shingo (1996), los desechos de la manufactura esbelta se pueden clasificar en siete categorías: *sobreproducción*, producir más allá de lo necesario; *espera*, tiempo de inactividad de personas y equipos; *transporte*, movimientos de material innecesarios; *procesamiento*, trabajo innecesario y proceso de material inadecuado; *stock*, cantidad de material disponible más allá de lo necesario; *movimiento*, movimiento de personal innecesario; y *defectos*, producto con calidad inferior a la deseada por el cliente y que necesita reelaboración.

Por lo tanto, la manufactura esbelta busca la excelencia productiva integrando principios y herramientas, todo esto a través de una mejora continua, además de reducir y eliminar desperdicios, permitiendo a las organizaciones reducir el costo, aumentar el margen de beneficio, y perfeccionar sus procesos.

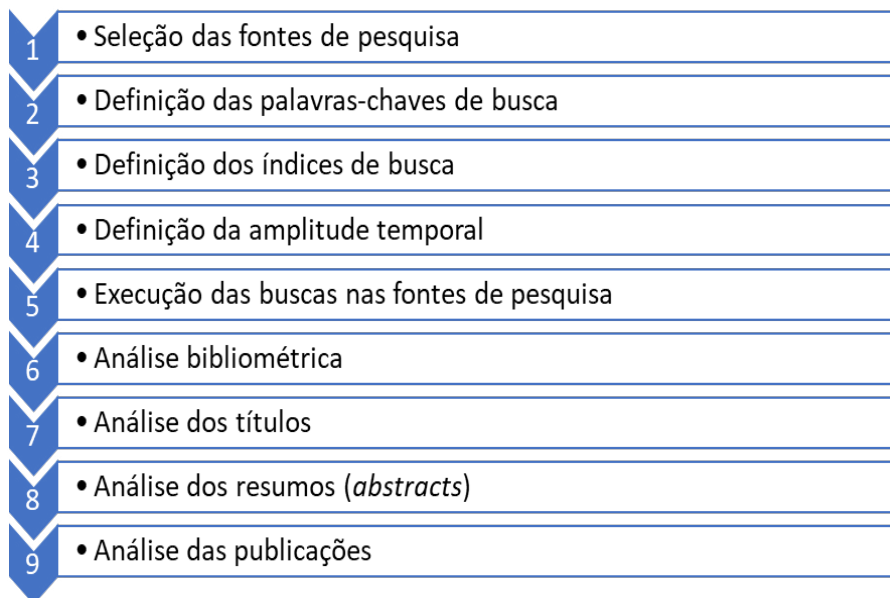
Este trabajo está estructurado de la siguiente forma: la introducción presenta el contexto de transformación del Ejército Brasileño y la evolución histórica de la manufactura esbelta. La sección de metodología presenta el diseño de la investigación como una revisión integradora de la literatura, identificando las literaturas que abordan las contribuciones del *lean manufacturing* para las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas. En la sección resultados y discusiones, se analizan los trabajos encontrados en la revisión de la literatura, identificando las ganancias de desempeño obtenidas a partir de la aplicación de la filosofía *lean* y sus herramientas. Finalmente, la conclusión ofrece *insights* sobre el tema orientados a aplicaciones en las Fuerzas Armadas, así como oportunidades de integrar la manufactura esbelta al Ejército Brasileño.

2 METODOLOGÍA

La revisión de la literatura sirve para mapear el campo de estudio de la investigación y su desarrollo, además de permitir identificar vacíos existentes (Chen, 2017). Así, en este trabajo, se realizó la revisión de la literatura con el objetivo de identificar y mapear trabajos nacionales e internacionales que relacionan la manufactura esbelta con la defensa nacional, con enfoque en industrias de defensa y Fuerzas Armadas. Snyder (2019) presenta que las principales revisiones son: revisión sistemática, semisistemática e integradora.

En este estudio, se adoptó una revisión integradora con el objetivo de evaluar y sintetizar la literatura sobre el tema de investigación con el fin de ver nuevas contribuciones para llenar los vacíos existentes. La revisión integradora debería dar como resultado un avance del conocimiento en lugar de describir y presentar una visión general sobre el área de investigación (Snyder, 2019). El paso a paso utilizado para desarrollarla fue adaptado a partir de un método sistemático para elaboración de investigaciones en bases de datos de revistas (Lacerda, 2009). La Figura 1 muestra el paso a paso utilizado.

Figura 1. Pasos para la revisión de la literatura



Fuente: elaborado por los autores.

Las fuentes de información seleccionadas fueron trabajos nacionales e internacionales, considerando los artículos publicados en revistas (*article y review*) y artículos en conferencias o congresos (*conference paper y proceedings paper*), localizados en las siguientes bases de datos: SCOPUS y Web Of Science (WOB). Estas bases de datos contienen información importante para el análisis bibliométrico, incluidos resúmenes (*abstracts*), referencias, índices de citas, autores, instituciones, afiliaciones, países, factor de impacto y otra información (Carvalho; Fleury; Lopes, 2013). Las palabras clave se definieron a partir del entorno de aplicación de la manufactura esbelta: industrias de defensa y Fuerzas Armadas (Ejército, Armada y Fuerza Aérea). La Tabla 1 presenta las *strings* de búsqueda utilizadas en sus bases de datos.

Tabla 1. String de búsqueda para la revisión de la literatura

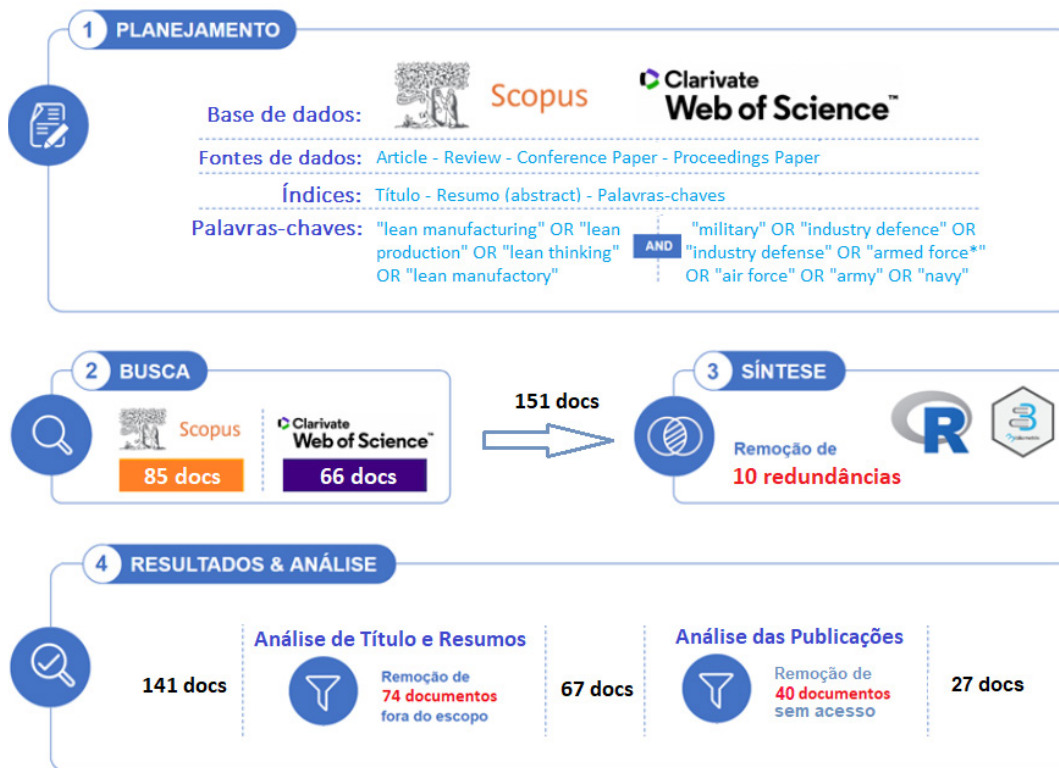
Base de Datos	String de búsqueda
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY(("lean manufacturing" OR "lean production" OR "lean thinking" OR "lean manufactory") AND ("military" OR "industry defence" OR "industry defense" OR "armed force*" OR "air force" OR "army" OR "navy"))
Web of Science	TS=(((lean manufacturing) OR (lean production) OR (lean thinking) OR (lean manufactory)) AND ((military) OR (industry defence) OR (industry defense) OR (armed force*) OR (air force) OR (army) OR (navy)))

Fuente: elaborado por los autores.

El título, el resumen y las palabras clave se definieron como índices de búsqueda, por ser los primeros componentes de un artículo con los que los lectores entran en contacto, actuando en el proceso de decisión del lector sobre si leer o no un texto (García; Gattaz; Gattaz, 2019). En cuanto a la amplitud temporal definida para la investigación, no fue establecida una limitación temporal, con la finalidad de obtener el mayor número de publicaciones.

La Figura 2 presenta el procedimiento de la investigación delineado a partir de la secuencia de pasos propuestos para la revisión. A partir de la recolección e importación de los datos de las bases SCOPUS y Web of Science, en el formato *BibTeX*, utilizando el programa *RStudio*, se aplicó un filtro de verificación de documentos redundantes para evitar duplicidades de textos. En el análisis de los títulos y resúmenes de las publicaciones, fueron excluidos 74 trabajos considerados como fuera del alcance de la investigación. Finalmente, en la fase de análisis de las publicaciones, se realizó la lectura integral del contenido de 27 trabajos.

Figura 2. Procedimiento de la investigación sobre *lean manufacturing and defense* (*armed forces and industries defence*)



Fuente: elaborado por los autores.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como objeto de estudio de este trabajo, se investigaron las contribuciones de la manufactura esbelta en industrias de defensa y Fuerzas Armadas, y a partir de estas contribuciones, se

señalaron las oportunidades de integrarla (*lean manufacturing*) al Ejército Brasileño, respondiendo así a las preguntas de investigación enumeradas en la introducción de este trabajo, a saber:

- ¿Cómo ha contribuido el *lean manufacturing* a un mejor desempeño en las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas?;
- ¿Qué herramientas de *lean manufacturing* se han aplicado ya en las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas?;
- ¿Cuáles son las oportunidades para integrar la filosofía de *lean manufacturing* en el Ejército brasileño?

Inicialmente, el análisis de los 27 documentos encontrados permite relacionar la producción científica en el mundo sobre el tema *lean manufacturing and defense*. La Tabla 2 presenta la distribución de la producción científica de cada país.

Tabla 2. Producción científica en el mundo sobre *lean manufacturing and defense* (*armed forces and industries defence*)

País	Cantidad
Estados Unidos	13
Italia	3
Reino Unido	2
España	2
Bélgica	1
Brasil	1
Singapur	1
China	1
India	1
Malasia	1
Noruega	1

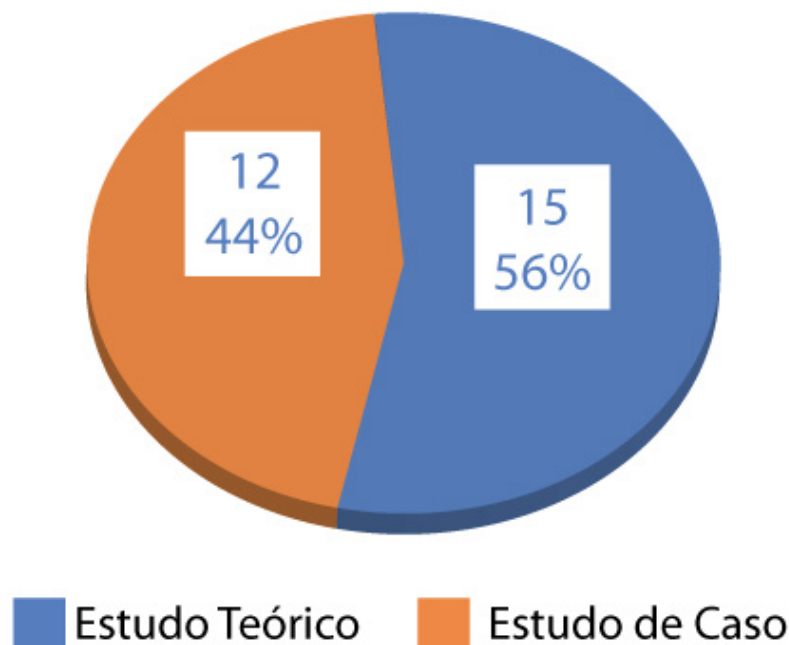
Fuente: elaborado por los autores.

Dada la distribución que se presenta en la Tabla 2, existe un mayor número de publicaciones norteamericanas, lo que puede tener relación con algunos hechos. En primer lugar, cabe destacar que los estudios para comprender los desafíos enfrentados por la industria automotriz global en los años 1980 se difundieron para la industria de Defensa aeronáutica y aeroespacial, ejerciendo una influencia directa en la aplicación de la manufactura esbelta de las Fuerzas Armadas norteamericanas (Womack; Jones; Roos, 1990; Mathaisel; Comm, 2000).

Es importante destacar el apoyo brindado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, desde 1988, en la implementación de una estrategia de mejora continua del desempeño en todos los niveles y áreas de actividad (DoD, 1988). El reflejo de esto se correlaciona con el tamaño y el poder de las fuerzas armadas estadounidenses, siendo considerada la más grande del mundo (Global Firepower, 2023).

Dando continuidad en el análisis de los trabajos de la revisión de la literatura, la síntesis del conocimiento fue posible a partir de la lectura de los artículos seleccionados, clasificándolos en algunas categorías. Los trabajos clasificados como estudios teóricos presentaban apenas las relaciones de beneficios de la manufactura esbelta en el ambiente estudiado, contextualizando la filosofía *lean manufacturing* en el entorno de estudio sin medir la mejora del rendimiento. Por otra parte, los trabajos clasificados como estudios de caso presentaban aplicaciones efectivas de los principios y herramientas *lean manufacturing*, destacando y midiendo los beneficios obtenidos. La Figura 3 presenta la distribución de los 27 trabajos en cuanto al tipo de investigación.

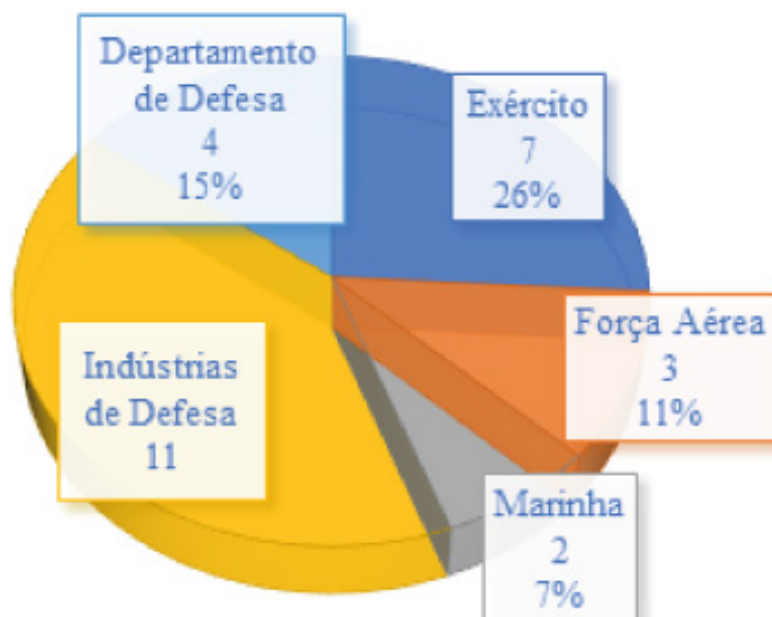
Figura 3. Distribución de los trabajos de la revisión de la literatura por tipo de investigación



Fuente: elaborado por los autores.

Se generó una segunda clasificación de los trabajos a partir del análisis de las áreas de aplicación del tema de investigación. La Figura 4 muestra la división de los trabajos de acuerdo con cada área aplicada, y en la Tabla 3 los trabajos de cada área de aplicación están relacionados con el tipo de investigación utilizada. Otra clasificación obtenida de los 12 artículos clasificados como estudios de caso es la frecuencia de aplicación de las herramientas *lean manufacturing*. La Figura 5 presenta la frecuencia identificada para cada herramienta aplicada en los artículos clasificados como estudios de caso.

Figura 4. Distribución de los trabajos de revisión de la literatura por área de aplicación/estudio



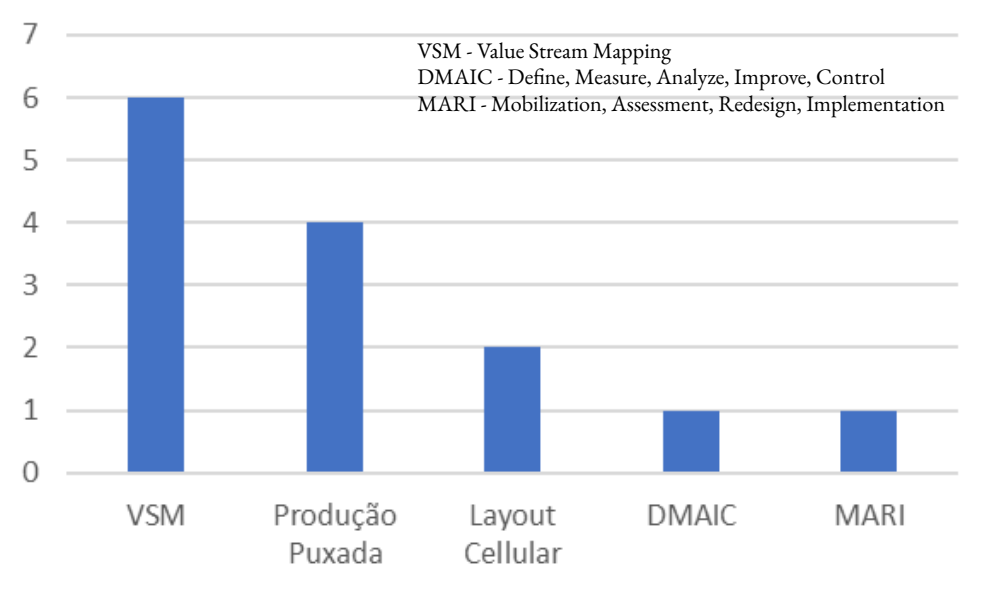
Fuente: elaborado por los autores.

Tabla 3. Distribución de los trabajos de la revisión de la literatura por área de aplicación/estudio y tipo de investigación

Área de aplicación/estudio	Estudio De Caso	Estudio Teórico
Industrias de Defensa	4	7
Fuerza Aérea	2	1
Ejército	4	3
Armada	1	1
Departamento de Defensa	1	3

Fuente: elaborado por los autores.

Figura 5. Frecuencia de aplicación de las herramientas *lean manufacturing* en los trabajos de la revisión de la literatura



Fuente: elaborado por los autores.

Entre los 27 artículos leídos, cabe exponer las contribuciones de los autores, destacando los trabajos clasificados como estudios de caso, que de alguna forma miden los beneficios provenientes de la implementación de principios y herramientas de la manufactura esbelta. Tomando como base los resultados presentados en la Tabla 3 inicialmente, se abordarán los trabajos aplicados en las industrias de defensa.

El estudio de caso en una industria de defensa¹, presentado por Pattanaik y Sharma (2009), identificó los beneficios de la manufactura esbelta a través de la implementación de un sistema de manufactura celular, también conocido como *layout celular*, en el que las máquinas de la célula productiva se agruparon de acuerdo con las características de cada pieza producida. El nuevo *layout* de producción celular, combinando algunas operaciones productivas y reubicando las máquinas dentro de las células de producción, permitió un aumento porcentual del 44% al 54% de las actividades que agregaban valor, disminuyendo el porcentaje de las actividades que no agregaban valor, como el tiempo de espera y el tiempo de preparación (Pattanaik; Sharma, 2009).

Los beneficios de la implementación de la manufactura esbelta presentados por Pickrell, Lyons y Shaver (2005) son resultados de estudios de casos relacionados con una industria de defensa estadounidense fabricante de controles y sistemas eléctricos, electrohidráulicos e hidráulicos para aplicaciones en dispositivos aeroespaciales y de defensa. El primer estudio de caso presentado tuvo como resultado mejoras sustanciales en reducciones de costos, ciclo de tiempo, devoluciones de clientes al inventario, y un aumento en la capacidad de producción; mientras que en el

¹ La empresa objeto de estudio, ALCAST, ubicada en India, es proveedora de piezas y componentes para misiles y otros materiales bélicos para el gobierno indio.

segundo estudio de caso, un sistema automatizado de control de documentos fue implementado, reduciendo rechazos de clientes y retrasos en la fabricación debido a errores de documentación de revisión durante la producción (Pickrell; Lyons; Shaver, 2005).

La industria aeronáutica y aeroespacial se ha beneficiado enormemente de la filosofía *lean manufacturing*. Siguiendo el ejemplo del grupo de investigación asociado al MIT, que a finales de los años 1980 buscó comprender los desafíos que enfrentaba la industria automotriz global (Womack; Jones; Roos, 1990), en 1993 se creó un programa con representantes del gobierno estadounidense, industria y academia (MIT) para crear e implementar cambios en la industria aeronáutica y aeroespacial de defensa, basados en un conocimiento sistemático de la filosofía de *lean manufacturing*, con el objetivo de lograr grandes avances en eficiencia y calidad en las próximas décadas (Mathaisel; Comm, 2000).

El trabajo de Fleishman (2002) muestra las ventajas obtenidas al incorporar los principios de la manufactura esbelta en el ensamblaje del sistema de combustible del avión de transporte militar C-17, fabricado por *Boeing Company*. A través de la utilización de los principios y herramientas de la manufactura esbelta, el equipo de diseño encontró los ajustes necesarios para la adaptación del sistema de combustible de la aeronave, mejorando la eficiencia del montaje y manteniendo el desempeño de la aeronave. También en el contexto de la industria aeronáutica, Kinard (2018) destaca que el programa de la aeronave F-35, fabricado por *Lockheed Martin*, encontró en la manufactura esbelta una estrategia clave como parte del sistema productivo, adoptando *just-in-time* (JIT), trabajo estandarizado y producción tirada (*pull production*).

La aplicación de principios y herramientas de manufactura esbelta tanto en las industrias de defensa como en las Fuerzas Armadas se observa en el trabajo de Mathaisel (2005). El modelo desarrollado por el autor, denominado LEA (*Lean Enterprise Architecture*), fue diseñado para ser aplicado en una industria de defensa aeroespacial, pero su aplicación se ha expandido a organizaciones militares, aplicándose en la Fuerza Aérea de Estados Unidos. Los resultados alcanzados a partir de la implementación del modelo LEA en las organizaciones son: mejora de la calidad de los bienes y servicios en hasta 85%; aumento de la productividad en hasta 30% al año; aumento de la satisfacción del cliente motivado por la entrega de los bienes y servicios en el plazo; reducción de los costos de la operación por medio de la eliminación de residuos y agilidad en el flujo de trabajo (Mathaisel, 2005).

Otras aplicaciones identificadas en el contexto de la Fuerza Aérea de EE.UU. fueron en el área de logística y gestión de personal. El trabajo de Berry y Akhbari (2000), desarrollado en el contexto de la Fuerza Aérea Norteamericana (*United States Air Force - USAF*), presenta la integración del *lean manufacturing* en la logística de suministro del avión de transporte militar C-17, disminuyendo los costos involucrados en el proyecto, de manera que el programa C-17 sea más competitivo, asegurando que un proyecto que tuvo su primera entrega en 1991 se mantenga por el siglo XXI.

Aunque en entornos civiles y militares la implementación de la manufactura esbelta se centra en procesos relacionados con la fabricación, el mantenimiento o la adquisición de equipos y materiales militares, la propuesta presentada por Valencia y Rusnock (2018) aplicaron la filosofía *lean manufacturing* para comprender y mejorar la productividad de los aviadores de respuesta a emergencias de la Fuerza Aérea de EE. UU. utilizando la herramienta Value Stream Mapping (MFV).

Pasando a las aplicaciones encontradas en los ejércitos, desde la logística de suministros hasta la aplicación en la gestión de salud, los principios y herramientas de la manufactura esbelta

posibilitaron la mejora de desempeño en los ambientes en que fueron aplicadas, resultando en el perfeccionamiento de procesos, por lo que logrando una mayor eficiencia. El estudio de caso de implementación de la manufactura esbelta en la mejora de la logística militar presentado por Acero y colaboradores (2019) demuestra que el enfoque estratégico de la logística militar debe centrarse en la mejora de los procesos logísticos, para lograr los requisitos de las Fuerzas Armadas de eficiencia de entrega de suministros en el teatro de operaciones.

La manufactura esbelta se implementó en la gestión de la cadena de suministro de las organizaciones militares con el objetivo de mejorar los tiempos de respuesta y garantizar la flexibilidad necesaria mientras se evita el desperdicio; y los resultados mostraron un aumento del 44% al 70% de las actividades que agregan valor en el proceso logístico, y una disminución en el *lead time* del proceso logístico del 69,6% (ACERO *et al.*, 2020). En este sentido, Carier (2007) propone alternativas para mejorar la logística de suministro en el campo de batalla mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta y herramientas de toma de decisiones, basadas en *value-focused thinking* (VFT), para optimizar el proceso de distribución material y de equipos a los soldados en el teatro de operaciones.

Es importante destacar que los principios y herramientas de la manufactura esbelta también son posibles de aplicar en la gestión de procesos organizacionales. Otra aplicación encontrada fue identificada en la mejora del proceso de formación de pilotos del ejército estadounidense. Enos (2011) propone un concepto de organización *lean* para el *U.S. Army Aviation Center of Excellence* (USAACE), basado en los principios y herramientas de la manufactura esbelta, con el objetivo de mejorar el proceso de formación de los pilotos del Ejército de Estados Unidos.

Observando la Tabla 2, la publicación relacionada con Brasil presenta un estudio de caso de la aplicación del *lean office*², una adaptación de la manufactura esbelta para un contexto de procesos y gestión administrativa, en una organización de salud del Ejército Brasileño, ubicada en la guarnición de Campinas (SP) (Silva *et al.*, 2015). La investigación se desarrolló buscando responder la siguiente pregunta: ¿Es posible reducir el *lead time* en los procesos administrativos aplicando *lean office*? Como resultado, la atención ambulatoria se perfeccionó mediante la eliminación de actividades que no agregaban valor, lo que resultó en un aumento del 1,7% al 8,2% de las actividades que agregaban valor en el proceso (Silva *et al.*, 2015).

En la Marina de los EE.UU., el trabajo de Mayer, Irani y Adra (2008) evaluó la viabilidad de aplicar un sistema de fabricación celular, también conocido como *layout celular*, en una organización de mantenimiento³ de la Marina de los EE.UU. La nueva propuesta consideraba la agrupación de procesos similares para cada tipo de material o familia de productos (embarcación). A partir de la estructura actual, fue posible simular el nuevo modelo de *layout*, lo que resulta en un mejor tiempo de respuesta, es decir, un menor tiempo de reparación para los buques, lo que aumenta la disponibilidad de los medios (Mayer; Irani; Adra, 2008).

En el Reino Unido, el Ministerio de defensa encontró en los principios y herramientas de la manufactura esbelta una oportunidad para reducir la demanda de mantenimiento de una

2 El concepto de *lean office* surgió a partir de la implementación de los principios y herramientas *lean manufacturing* en entornos administrativos (procesos administrativos) (Silva *et al.*, 2015).

3 La organización de mantenimiento de buques, conocida como SERMC (*Southeast Regional Maintenance Center*), se estructura por trabajos específicos (soldadura, mecanizado, montaje, etc.) y no por familias de productos.

de sus flotas de helicópteros, como el Chinook Mk2/2A, fabricado por *Boeing Company* (Cook, 2007). Un modelo matemático de análisis de pronóstico basado en la información en tiempo real de la situación mecánica de las aeronaves, así como una cadena de suministro ajustada, fueron las posibles soluciones identificadas para reducir las colas de mantenimiento de aeronaves detenidas por falta de repuestos.

Del análisis de contenido de los 27 trabajos se observó que, entre aquellos clasificados como estudio de caso (12 artículos), seis artículos utilizaron la herramienta de Mapeo de flujo de Valor (MFV) como la principal herramienta *lean* analizar el estado actual y proponer las modificaciones necesarias para el perfeccionamiento del proceso en el estado futuro deseado. Estos resultados refuerzan que el MFV es una herramienta esencial, ya que permite no solo visualizar el flujo, sino también identificar los desechos (Rother; Shook, 2003).

Teniendo en cuenta lo anterior, la revisión de la literatura mostró las diversas aplicaciones de la manufactura esbelta en el contexto de las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas, presentando las ventajas que pueden derivarse de la adopción de la filosofía *lean manufacturing*. La utilización de la manufactura esbelta en el Ejército Brasileño es una oportunidad a ser explotada, con la aplicación de sus principios y sus herramientas en la modernización de las líneas de mantenimiento de los parques y arsenales de guerra, para contribuir con el perfeccionamiento del sistema de fabricación del Ejército Brasileño.

Cuando nos fijamos en las actividades de mantenimiento que llevan a cabo las Organizaciones de Mantenimiento Militar (OM Mnt), que se pueden dividir según el tipo de material, vemos, por ejemplo, en los materiales de clase V (armamento), una oportunidad para integrar la filosofía *lean manufacturing* al proceso de mantenimiento de 3er nivel de armas ligeras. Respecto a los materiales clase IX (mecanización de motores), que incluye vehículos blindados y no blindados, sobre ruedas o sobre orugas, los principios y herramientas de la manufactura esbelta pueden aplicarse en los procesos de mantenimiento, modernización y/o revitalización de estos SMEM.

Aunque la filosofía *lean manufacturing* ha surgido en el piso de fábrica de las industrias automovilísticas japonesas, su expansión se ha dado en diversas áreas del conocimiento, tales como: salud (*lean health*), construcción civil (*lean construction*) y administración (*lean office* y *lean enterprises*). Es decir, además de los entornos de producción, otros entornos también pueden beneficiarse de los principios y herramientas *lean*, por ejemplo, gestión hospitalaria, construcción militar, gestión organizacional, gestión de proyectos, ciclo de vida SMEM y logística de suministro. Como ejemplo de lo encontrado en la revisión de la literatura, la mejora del Sistema de Logística Militar Terrestre (SLMT) puede utilizar los principios y herramientas de la manufactura esbelta para desarrollar una gestión eficiente de la cadena de suministro logístico.

Cabe destacar que la implementación de un nuevo modelo de gestión de procesos puede encontrar algunas barreras y desafíos a superar. El éxito de la integración de la manufactura esbelta en cualquier proceso no se reduce solo a la aplicación de las herramientas. Según Pereira, Anholon y Batocchio (2017), es un resultado conjunto obtenido a partir de la dedicación de todo el equipo de trabajo, abarcando desde el nivel estratégico hasta el nivel operacional, para poner en práctica la esencia de la filosofía esbelta, junto con sus principios y herramientas. Los desafíos de implementar, por ejemplo, un nuevo modelo en los procesos de mantenimiento, modernización y/o revitalización de SMEM se superarán mediante la implementación precisa de los principios y herramientas de la manufactura esbelta.

4 CONCLUSIONES

Considerando la relevancia de esta investigación para investigar la manufactura esbelta en el contexto de la defensa nacional y en aplicaciones en las industrias de defensa y Fuerzas Armadas, este estudio, inicialmente, presentó la importancia del tema en el proceso de transformación del Ejército Brasileño, bajo la perspectiva de la modernización del Sistema Logístico Militar Terrestre (SLMT) y del perfeccionamiento del sistema de Ciencia Tecnología e Innovación (SCT&I).

La revisión integradora de la literatura destacó el trabajo ya realizado en las industrias de defensa y las Fuerzas Armadas, lo que permitió responder preguntas de investigación. Al principio se observó que el *lean manufacturing* ha contribuido a un mejor desempeño de esas organizaciones, pues elimina o reduce desperdicios de procesos, principalmente relacionados con la espera entre actividades y procesamientos innecesarios.

Con respecto a las herramientas *lean* utilizadas, se observó una diversidad de aplicación, como la producción tirada, *layout* de producción celular, JIT, con destaque para el MFV como la principal herramienta de la manufactura esbelta para analizar el estado actual y proponer las modificaciones necesarias para el perfeccionamiento del proceso en el estado futuro deseado.

Por último, las oportunidades de integrar la manufactura esbelta al Ejército Brasileño son principalmente identificadas en los procesos de mantenimiento, modernización y/o revitalización de SMEM. La implementación de la manufactura esbelta en procesos de mantenimiento, como el mantenimiento de armamento ligero, evidenciará mejores prácticas y dificultades de adaptación al nuevo modelo de gestión del mantenimiento.

Además de los entornos de producción, otros entornos también pueden beneficiarse de los principios y herramientas *lean*, tal como se observó en la revisión de la literatura. El desarrollo de trabajos en áreas como Gestión Hospitalaria, de obras militares, organizacional, de proyectos, del ciclo de vida de SMEM y logística de suministros estará alineado con el proceso de transformación del Ejército Brasileño, modernizando las herramientas de gestión ya existentes y contribuyendo para la aplicación eficiente de los recursos disponibles.

5 COLABORACIÓN DE LOS AUTORES

Hanameel Carlos Vieira Gomes – conceptualización, metodología y redacción (borrador original, revisión y edición);

Giuseppe Miceli Junior – metodología y redacción (revisión y edición);

Antonio Eduardo Carrilho da Cunha – conceptualización y redacción (revisión y edición).

REFERENCIAS

ACERO, R.; TORRALBA, M.; PEREZ-MOYA, R.; POZO, J. Order processing improvement in Military Logistics by Value Stream Analysis Lean Methodology. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 41, p. 74-81, 2019.

ACERO, R.; TORRALBA, M.; PEREZ-MOYA, R.; POZO, J. Value Stream Analysis in Military Logistics: The Improvement in Order Processing Procedure. **Applied Sciences**, Basel, v. 10, n. 1, p. 106, 2020.

BERRY, P.; AKHBARI, H. C17 Supply Chain Lean Initiatives. SAE Aerospace Manufacturing Technology Conference and Exposition, Forth Worth – TX, **SAE Technical Paper Series**, [s. l.], 2000.

BRASIL. ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO. **EB10-P-01.007 - Plano Estratégico do Exército (2020-2023)**. Brasília, DF: Estado-Maior do Exército, 2019. Disponible en: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/04_planos/port_n_1968_cmdo_eb_03dez2019.html. Acceso en: 12 set. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020a. Disponible en: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf. Acceso en: 12 set. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020b. Disponible en: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acceso en: 12 set. 2023.

CARIER, J. D. The Army Rapid Fielding Initiative. **IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium**. Charlottesville: [s. n.], 2007.

CARVALHO, M. M.; FLEURY, A.; LOPES, P. A. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, Amsterdam, v. 80, n. 7, p. 1418-1437, 2013.

CHEN, C. Science Mapping: A systematic review of the literature. **Journal of Data and Information Science**, Beijing, v. 2, n. 1, p. 1-40, 2017.

COOK, J. Reducing military helicopter maintenance through prognostics. **IEEE Aerospace Conference**. Big Sky: [s. n.], 2007.

DoD - DEPARTMENT OF DEFENSE. **DoD Total Quality Management Master Plan**. Accession Number ADA355612. Washington, D.C.: DoD, 1988.

ENOS, J. A new glide path applying lean principles to the flight school XXI enterprise. **32th Annual American Society for Engineering Management Conference**. Texas Tech University Lubbock: [s. n.], 2011.

FLEISHMAN, S. **Incorporation of lean principles through the use of flexible fuel tubing in a large military transport aircraft**. **World Aviation Congress & Display**. SAE Technical Paper Series. Phoenix: [s. n.], 2002.

GALDINO, J. F.; SCHONS, D. L. Maquiavel e a importância do poder militar nacional. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 56, p. 353-368, 2022.

GARCIA, F. C. D.; GATTAZ, C. C.; GATTAZ, C. N. A Relevância do Título, do Resumo e de Palavras-chave para a Escrita de Artigos Científicos, **Journal of Contemporary Administration**, Maringá, v. 23, n. 3, 2019.

GLOBAL FIREPOWER. 2023 Military Strength Ranking. **Global Firepower**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php>. Acesso em: 11 jul. 2023.

KINARD, D. A. F-35 Digital Thread and Advanced Manufacturing. **Aviation Technology, Integration, and Operations Conference**. Atlanta: [s. n.], 2018.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, [s. l.], v. 30, p. 41-52, 1988.

LACERDA, D. P. **A Gestão Estratégica em Universidades Privadas Confessionais: Compreendendo se e como as Intenções transformam-se em Ações Estratégicas**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2009.

MATHAISEL, D. F. X. A lean architecture for transforming the aerospace maintenance, repair and overhaul (MRO) enterprise. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Bradford, v. 54, n. 8, p. 623-644, 2005.

MATHAISEL, D. F. X.; COMM, C. L. Developing, implementing and transferring lean quality initiatives from the aerospace industry to all industries. **Managing Service Quality**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 248-256, 2000.

MAYER, B.; IRANI, S.; ADRA, H. Virtual Shop Clusters: A New Layout Concept for a Ship Repair and Maintenance Facility. **Naval Engineers Journal**, [s. l.], v. 120, n. 2, p. 99-111, 2008.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman. 1997.

PATTANAİK, L. N.; SHARMA, B. P. Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Londres, v. 42, p. 772-779, 2009.

PEREIRA, C. M.; ANHOLON, R.; BATOCCHIO, A. Obstacles and difficulties implementing the lean philosophy in Brazilian enterprises. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 218-227, 2017.

PICKRELL, G.; LYONS, J.; SHAVER, J. Lean Six Sigma implementation case studies. **International Journal Six Sigma and Competitive Advantage**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 369-379, 2005.

PRADO FILHO, H. V. **A transformação do Exército Brasileiro e o novo sistema de ciência, tecnologia e inovação do exército**: contribuições para a soberania nacional. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2014.

RINEHART, J.; HUXLEY, C.; ROBERTSON, D. **Just Another Car Factory?** Nova York: Cornell University Press, 1997.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance, **Journal of Operations Management**, Londres, v. 21, n. 2, p. 124-149, 2003.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, Londres, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção**: do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman. 1996.

SILVA, I. B.; SERAPHIM, E. C.; AGOSTINHO, O. L.; LIMA JUNIOR, O. F.; BATALHA, G. F. Lean office in health organization in the Brazilian Army. **International Journal of Lean Six Sigma**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 2-16, 2015.

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, Amsterdam, v. 104, p. 333-339, 2019.

VALENCIA, V. V.; RUSNOCK, C. F. Value Stream Mapping in the Military: Leadership for Successful Implementation. **IISE Annual Conference and Expo**, [s. l.], 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. J.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**: How Japan's Secret Weapon in the Global Auto War Will Revolutionize Western Industry: The Story of Lean Production. New York: Harper Perennial, 1990.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

