



Revista Perspectivas en Inteligencia

Revista Científica en Ciencias Sociales e Interdisciplinaria

Bogotá D.C., Colombia

ISSN: 2145-194X (impreso), 2745-1690 (en línea)

Página Web: <https://revistascedoc.com/index.php/pei>

La investigación, el desarrollo y la innovación como pilares para la sostenibilidad de la Aviación del Ejército colombiano

Autores:

Jorge Enrique Rodríguez Navarro

<https://orcid.org/0000-0002-1563-0254>

Ejército Nacional de Colombia, Colombia

jorge.rodrigueznv@buzonejercito.mil.co

Johnny Fernando Parrado Rodríguez

<https://orcid.org/0009-0002-4150-8401>

Ejército Nacional de Colombia, Colombia

johnny.parrado@buzonejercito.mil.co

Rubén Darío Cuadros Antolínez

<https://orcid.org/0000-0002-8586-9682>

Ejército Nacional de Colombia, Colombia

ruben.cuadros@buzonejercito.mil.co

Luis Daniel Castiblanco Rosero

<https://orcid.org/0000-0002-2963-9831>

Ejército Nacional de Colombia, Colombia

Luis.castiblancoRosero@buzonejercito.mil.co

Citación APA: Rodríguez-Navarro, J. E., Cuadros-Antolínez, R. D., Parrado-Rodríguez, J. F. y Castiblanco-Rosero, L. D. (2024). La investigación, el desarrollo y la innovación como pilares para la sostenibilidad de la Aviación del Ejército colombiano. *Perspectivas en Inteligencia*, 16(25), 61-83.
<http://doi.org/10.47961/2145194X.729>

Publicado en línea: 2024

Los artículos publicados por la Revista Científica Perspectivas en Inteligencia son de acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons: Atribución - No Comercial – Sin Derivados**.



Para enviar un artículo:

<https://revistascedoc.com/index.php/pei/about/submissions>



La investigación, el desarrollo y la innovación como pilares para la sostenibilidad de la Aviación del Ejército colombiano

Research, development and innovation as pillars for the sustainability
of the Colombian Army Aviation

**Jorge Enrique Rodríguez Navarro^{1*}, Rubén Darío Cuadros Antolínez²,
Johnny Fernando Parrado Rodríguez³ y Luis Daniel Castiblanco Rosero⁴**

(1) Ejército Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia,

✉ jorge.rodrigueznav@buzonejercito.mil.co

(2) Ejército Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia,

✉ ruben.cuadros@buzonejercito.mil.co

(3) Ejército Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia,

✉ Johnny.parrado@buzonejercito.mil.co

(4) Ejército Nacional de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia,

✉ Luis.castiblancoosero@buzonejercito.mil.co

* Autor a quien se dirige la correspondencia

Resumen

Este artículo tuvo como objetivo principal destacar la importancia y el notable crecimiento del Centro de Desarrollo Tecnológico de la Aviación del Ejército (CEDETAVI), enfocándose en la aplicación de procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i). Estas técnicas han generado mejoras significativas y la adquisición de nuevas capacidades en el ámbito del mantenimiento aeronáutico, (anteriormente dependiente de reparaciones costosas y demoradas en el extranjero), lo que ha tenido un impacto positivo en el alistamiento operacional de las aeronaves, contribuyendo así a elevar los estándares de seguridad operacional en las actividades aéreas. En particular, se ha logrado mejorar notablemente la precisión y confiabilidad de los sistemas de navegación, marcando un avance considerable en este campo. Este trabajo se proyectó desde el enfoque cualitativo, a partir de la aplicación de un diseño narrativo, facilitando una exploración más profunda y detallada de los procesos de I+D+i implementados por el CEDETAVI, y proporcionando una comprensión exhaustiva de los desarrollos

tecnológicos y sus impactos. De este ejercicio se obtuvieron algunas generalidades, detalles de cómo inició y cuáles fueron los primeros prototipos, la evolución tecnológica y la creación del CEDETAVI, y logros y reconocimientos por parte de diferentes autoridades hacia este centro de investigación. Se concluye que la transformación de dicho centro ha sido fundamental para optimizar el mantenimiento aeronáutico y mejorar la operatividad de las aeronaves del Ejército Nacional, como apoyo fundamental al cumplimiento del mandato constitucional.

Clasificación JEL: H56, O3, O32.

Palabras clave: Investigación; desarrollo tecnológico; innovación tecnológica; patentes; aviación del Ejército.

Abstract

The main objective of this article was to highlight the importance and notable growth of the Army Aviation Technological Development Center (CEDETAVI), focusing on the application of research, technological development and innovation (R&D&I) processes. These techniques have generated significant improvements and the acquisition of new capabilities in the field of aeronautical maintenance, (previously dependent on costly and delayed repairs abroad), which has had a positive impact on the operational readiness of aircraft; thus contributing to raising operational safety standards in air activities. In particular, the precision and reliability of navigation systems has been significantly improved, marking considerable progress in this field. This work was projected from a qualitative approach, based on the application of a narrative design, facilitating a deeper and more detailed exploration of the R&D&I processes implemented by CEDETAVI and providing a comprehensive understanding of the technological developments and its impacts. From this exercise, some generalities were obtained, details of how it began and what the first prototypes were, the technological evolution and the creation of CEDETAVI, and achievements and recognitions from different authorities towards this research center. It is concluded that the transformation of said center has been fundamental to optimize aeronautical maintenance and improve the operation of the National Army aircraft, as fundamental support for compliance with the constitutional mandate.

Keywords: Research; technological development; technological innovation; patents; army of aviation.

Introducción

Desde comienzos del siglo XXI, la Organización de Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, 2005) mostró cierto grado de preocupación con relación a las desigualdades

de los países ante la ciencia, las cuales se presentan por innumerables motivos: unos son de índole económico, principalmente por la desunión entre lo público y lo privado. Otro aspecto tratado por el Organismo es la movilidad científica, en especial para los países subdesarrollados a causa de medios escasos y la fuga de cerebros desde el Sur global. La siguiente dificultad es la visión de futuro en investigación y desarrollo, en la que se resalta la necesidad de hacer públicos los resultados de las investigaciones, de tal forma que el conocimiento puede ser difundido a otros colaboradores dentro de la comunidad científica.

En un mundo de constante evolución y avance tecnológico, la innovación se ha convertido en la clave del éxito para afrontar los retos y desafíos de la evolución humana, y la institución militar no es ajena a esta situación, de modo tal que la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (I+D+i) se posicionan como un pilar fundamental para todos aquellos que buscan destacarse y transformar el mercado. La I+D+i no es un lujo sino una necesidad imperante para asegurar el crecimiento y la competitividad en el panorama actual. Ante esto, Oppenheimer (2014) recomienda cinco aspectos que considera relevante para mejorar la innovación en la región: globalizarla, legislar a favor de la innovación, crear cultura, fomentar la educación y estimular la inversión.

En línea con lo anterior, la World Intellectual Property Organization (2022) ha destacado a nivel mundial como los países más innovadores a Suecia, Estados Unidos, Reino Unido, China y Países Bajos. Esto se fundamenta en acciones de I+D+i, que se dispararon en el año 2021, contraponiéndose a los efectos de la pandemia de COVID-19. El informe muestra que las tres naciones más sobresalientes de América Latina (AL) fueron Brasil, Chile y México; Colombia, ocupó el cuarto lugar en la región y el puesto 63 a nivel global. Ya para el año siguiente, las condiciones no sufrieron mayores cambios. Lo único fue que la nación colombiana bajó un puesto en la zona (5) y tres en todo el mundo (62) (World Intellectual Property Organization, 2023).

Lo antes descrito podría estar asociado con lo planteado por Casaburi et al. (2016), quienes en aquel entonces afirmaron que uno de los muchos asuntos de considerable importancia para la región es la deficiencia de capital humano altamente calificado, particularmente en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (*STEM por sus siglas en inglés*), que obstruye la capacidad del sector privado para participar en iniciativas innovadoras. Oppenheimer (2010) argumenta que en las universidades de AL por cada ingeniero hay tres psicólogos, lo que genera un total divorcio de un tema álgido en el siglo XXI, como lo es la economía del conocimiento, ligada directamente a la I+D+i la cual, al articularse con la industria y las comunicaciones, se convierten en un elemento significativo para enfrentar el avance y evolución del poder militar, con miras a resguardar los intereses y objetivos de interés nacional para Colombia (Arciniegas-Londoño y Corzo-Ussa, 2021).

De ahí la necesidad sentida en la capacitación de los investigadores en el acceso eficiente a productos de conocimiento. Focalizarse en áreas como la vigilancia tecnológica y científica podría contribuir a mejorar las habilidades para la búsqueda de información, la cual, aunque no esté disponible de manera inmediata, puede ser obtenida sin infringir las normativas de propiedad de revistas, empresas de patentes y de quienes las ostenten (Guzmán-Aguilera, 2019). Todo esto ha generado una visualización no solo global, sino también regional, empresarial e institucional.

Por ello, y con base en la priorización dada al tema de ciencia, tecnología e innovación por parte del ejecutivo, el Ejército Nacional de Colombia (EJC o Ejército) ha incorporado estos elementos en los objetivos estratégicos para la defensa y el desarrollo de herramientas de defensa integral, teniendo como fundamento que el fortalecimiento de la I+D+i en las Fuerzas Militares (FF.MM.) es clave para mejorar su independencia estratégica; por tanto, la Institución también promueve la investigación en las diferentes áreas del conocimiento (Ejército Nacional de Colombia (EJC, 2020).

Una de estas áreas investigativas corresponde a la implementación y promoción de conocimientos sobre modelos organizacionales enfocados en la I+D+i en el personal de la Aviación del Ejército, lo que ha dado lugar a soluciones innovadoras que satisfacen las exigentes demandas del mantenimiento aeronáutico. Este enfoque ha permitido no solo mantener, sino también establecer nuevas capacidades dentro de la industria, fortaleciendo la competitividad y adaptabilidad de la Fuerza en un entorno tecnológico en constante cambio. La integración continua de nuevas tecnologías en los procesos existentes ha sido clave para evitar el rezago, facilitando un salto evolutivo comparable a la transición del sistema análogo a lo digital.

No obstante, en los procesos de mantenimiento aeronáutico persisten desafíos significativos, especialmente en la reparación, pruebas y diagnóstico de componentes, como el sistema de aviónica. Estos procesos demandan una gran cantidad de recursos humanos y materiales para asegurar la aeronavegabilidad. En la actualidad, las inspecciones y pruebas se realizan manualmente por técnicos especializados, quienes utilizan equipos de laboratorio convencionales y herramientas, como multímetros, generadores de señales y osciloscopios, a menudo auxiliados por hojas de papel.

Para continuar mejorando estos procesos, es crucial agilizar las técnicas de inspección y prueba, reduciendo el tiempo invertido en estas tareas. La integración e implementación de sistemas de prueba automatizados, mediante equipos de última generación, han demostrado ser efectivos en la ejecución de pruebas y diagnósticos en tiempos significativamente menores, minimizando los errores humanos y contribuyendo no solo a tomar decisiones más eficientes, sino que también facilita la aplicación rápida de acciones correctivas, asegurando así reparaciones más precisas y ágiles en los componentes aeronáuticos. Además, la recopilación de datos en tiempo real permite un

análisis más profundo de los fallos, lo que a su vez fomenta la mejora continua en los procesos de mantenimiento y diseño.

Con todo y lo anterior, lo que se quiere es destacar la importancia y el notable crecimiento del Centro de Desarrollo Tecnológico de la Aviación del Ejército (CEDETAVI), para lo cual se abordará la temática desde cinco campos constitutivos del presente escrito. Inicialmente, la aproximación conceptual y teórica está dirigida a temas relacionados con la problemática estudiada, donde se resalta la importancia de la I+D+i como apoyo a muchas de las actividades realizadas por el Ejército, en consonancia con el cumplimiento de la misión constitucional.

Seguidamente, se hace alusión a la metodología empleada para desarrollar estas líneas, lo que se visionó desde una perspectiva narrativa, por cuanto se cuenta la historia del proceso del centro investigativo. En tercer lugar, aparecen unos resultados que dan cuenta del inicio, trasegar y logros alcanzados por este centro. Un cuarto punto se aproxima a una discusión de todo lo tratado, haciendo énfasis en la inversión que muestran los países en materia de innovación. Las conclusiones dan el cierre, invitando a continuar con este tipo de proyecto como parte del desarrollo de la nación colombiana.

Aproximación conceptual y teórica

El Ejército despliega esfuerzos significativos en los procesos de I+D+i, con el propósito de potenciar su capacidad operativa y asegurar la integridad de la nación. Asimismo, está comprometido con el fomento del conocimiento científico y tecnológico, con miras a abordar eficazmente los desafíos emergentes que puedan poner en riesgo a la población civil. En este sentido, concentra su principal atención en investigaciones relacionadas con las siguientes áreas:

Investigación operacional

El Ejército constantemente realiza investigaciones orientadas al desarrollo de estrategias, tácticas y tecnologías militares, con el propósito de mejorar su eficacia en el ámbito operacional. Tal como lo destacan Bhunia et al. (2019), la investigación operativa es una disciplina clave que aplica métodos matemáticos y técnicas analíticas para abordar problemas complejos en la planificación y ejecución de operaciones militares. Su principal objetivo es optimizar la toma de decisiones estratégicas, facilitando la asignación eficiente de recursos y la simulación de diversos escenarios operacionales.

Este enfoque multidisciplinario permite a las Fuerzas Militares analizar y prever el comportamiento de sistemas complejos bajo diferentes condiciones, lo cual es esencial para garantizar la efectividad y eficiencia en el campo de batalla. Además, la capacidad de modelar y simular situaciones permite anticipar desafíos y adaptar las tácticas en tiempo

real, maximizando así la capacidad de respuesta ante amenazas emergentes y asegurando el cumplimiento de los objetivos estratégicos.

Al respecto, Corrêa-Bernardo et al. (2018) refieren que, toda ciencia aplicada a la resolución de problemas bélicos requiere un profundo debate ético, especialmente desde la aparición de la bomba atómica. No obstante, para que esta reflexión sea viable, es esencial revisar continuamente la historia de cómo las estrategias militares han recurrido a la ciencia con tales propósitos. Sólo de esta manera el ser humano puede comprender cuándo, dónde, cómo y, sobre todo, con qué objetivos utilizar la ciencia.

Investigación en seguridad y defensa

El EJC puede participar en investigaciones sobre seguridad nacional, defensa y geopolítica. De acuerdo con Cubides-Cárdenas et al. (2013), esta disciplina contribuye a la construcción de un estado del arte en seguridad y defensa nacional, permitiendo a las instituciones militares tomar decisiones más informadas y estratégicas; así mismo, busca desarrollar teorías y herramientas que permite a la Fuerza comprender mejor los entornos operativos, anticipar amenazas, optimizar la asignación de recursos y mejorar la eficacia de las operaciones.

Con base en lo antes dicho, han surgido numerosos centros de investigación, diferentes a los universitarios, enfocados en el análisis de estos temas, y se ha incrementado el interés que ya existía entre los investigadores universitarios sobre estos asuntos (Acevedo-Navas, 2023).

Investigación en ciencias sociales y humanidades

A través de un enfoque interdisciplinario, la investigación en ciencias sociales y humanidades en el ámbito militar busca comprender las complejas interacciones entre los factores sociales, culturales, psicológicos y políticos que moldean el comportamiento individual y colectivo de los militares (Cervantes-Deboni, 2017). Esta investigación es fundamental para desarrollar estrategias que mejoren el desempeño, la cohesión y la eficacia de las unidades militares en entornos operativos cada vez más complejos.

Investigación en tecnología y desarrollo

En un mundo cada vez más tecnológico, el Ejército puede participar en investigaciones relacionadas con el desarrollo y la aplicación de tecnologías avanzadas, como sistemas de armas inteligentes, comunicaciones seguras, ciberseguridad, drones, vehículos autónomos y la automatización de equipos.

Según la definición detallada por Cáez-Velásquez (2023), la investigación se entiende como un proceso sistemático y riguroso que busca obtener nuevo conocimiento,

comprender fenómenos, resolver problemas o validar teorías existentes. Implica la recopilación, análisis e interpretación de información, utilizando diversos métodos y técnicas.

En este sentido, dentro del proceso de investigación es fundamental comprender dos enfoques clave: el cuantitativo y el cualitativo. Según Acosta-Torres et al. (2022), la investigación cuantitativa aborda la realidad educativa como un fenómeno objetivo, lo que implica que el investigador debe mantener una distancia de esa realidad para poder analizarla adecuadamente. En este tipo de investigación se formulan hipótesis que se ponen a prueba dentro del marco de una teoría, recopilando datos en función de una serie de variables.

Por otro lado, Guevara-Alban et al. (2020) señalan que la investigación cualitativa se enfoca en comprender cómo ocurren las situaciones o hechos, prestando especial atención a las actitudes, creencias y las maneras en que las personas interpretan sus experiencias y el mundo que las rodea. Este enfoque se fundamenta en el razonamiento inductivo, lo que permite explorar y construir teorías a partir de las observaciones y datos obtenidos.

Los enfoques cuantitativo y cualitativo se emplean en una amplia gama de investigaciones dentro del campo de la educación, cada uno proporcionando una perspectiva distinta y valiosa para abordar y comprender los fenómenos educativos. Mientras que el primero se centra en la medición objetiva y el análisis estadístico de los datos, el segundo se enfoca en explorar la profundidad de las experiencias humanas y las interpretaciones subjetivas de la realidad.

Basados en Valle-Taiman et al., (2022), la elección entre estos enfoques no es arbitraria, sino que depende de los propósitos específicos de la investigación, los objetivos que se desean alcanzar y los métodos más adecuados para la recolección y análisis de datos. Por ejemplo, una investigación cuantitativa puede ser más apropiada cuando se busca generalizar los resultados a una población más amplia, mientras que una cualitativa es ideal para profundizar en las particularidades de un contexto específico o entender fenómenos complejos desde la perspectiva de los participantes.

Para Hernández-Sampieri et al., (2014), las ideas constituyen el primer acercamiento a la realidad que se pretende investigar, ya sea desde una perspectiva objetiva, subjetiva o intersubjetiva. En este contexto, presentan tres enfoques de investigación que corresponden a estas distintas perspectivas. El enfoque cuantitativo aborda la realidad de manera objetiva y medible, permitiendo que los fenómenos sean observados y cuantificados con precisión. Por otro lado, el enfoque cualitativo se centra en la realidad subjetiva, poniendo énfasis en las experiencias, percepciones y significados personales de los individuos. Finalmente, el enfoque mixto se relaciona con la realidad intersubjetiva, integrando elementos cuantitativos y cualitativos para proporcionar una

comprensión más completa y equilibrada del fenómeno estudiado, ofreciendo así una visión holística de la investigación.

Así las cosas, el desarrollo tecnológico es entendido como un proceso clave que implica la aplicación práctica de resultados de investigación y conocimientos científicos para crear nuevos materiales, productos, procesos o sistemas, así como para mejorar los existentes. Este proceso es esencial no solo para la innovación, sino también para el progreso en sectores industriales de gran importancia, como el aeronáutico y el militar, los cuales están en constante evolución y dependen en gran medida de la tecnología.

Tidd y Bessant (2020) analizan cómo las organizaciones pueden gestionar eficazmente el desarrollo tecnológico y la innovación, integrando estos avances con los cambios del mercado y las estructuras organizacionales. Su enfoque destaca la importancia de alinear el desarrollo tecnológico con las necesidades y los objetivos organizacionales para asegurar un crecimiento sostenible.

En términos simples, la innovación tecnológica se define como la aplicación de nuevas ideas y tecnologías para crear productos, servicios, procesos o modelos de negocio que satisfagan las necesidades del mercado de forma más eficiente, efectiva y novedosa. No se trata solo de desarrollar algo nuevo, sino de transformar las ideas en soluciones tangibles que generen valor para la Fuerza y la población civil.

El concepto innovación se ha convertido en una palabra omnipresente en el vocabulario actual, ya que es visible en todos los ámbitos: empresarial, científico, educativo, social e incluso en el personal. Pero, ¿qué significa realmente innovar?; este concepto está relacionado con la mejora significativa de algo ya existente. Puede tratarse de un producto, un servicio, un proceso, un modelo de negocio, una idea o incluso una forma de pensar. Uribe-Gómez (2019) indica que la clave de la innovación es que genere valor y tenga un impacto positivo en el entorno donde se aplica.

Conviene expresar que en Colombia los riesgos y amenazas en términos de seguridad evolucionan constantemente y la creación e innovación militar se convierte en el motor que impulsa a las Fuerzas Armadas hacia la eficiencia, la eficacia y la victoria. Más que simples cambios tecnológicos, las innovaciones militares son transformaciones radicales en el modo de operar, capaces de redefinir el panorama del campo de batalla, fundamentándose en mantener la seguridad y defensa nacionales. De ahí la importancia de la implementación de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, la robótica, la automatización y las impresiones 3D, entre otras. Para Jordán (2017), estas herramientas abren nuevas posibilidades para la planificación, el entrenamiento y la ejecución de operaciones militares. En definitiva, el desarrollo tecnológico es un proceso complejo y multifacético que juega un papel fundamental para el EJC y en particular para la aviación.

Metodología

El presente estudio se basa en un enfoque cualitativo con un diseño narrativo, particularmente adecuado para capturar y comunicar de manera integral la importancia y el notable crecimiento del CEDETAVI. Según Nieto-Bravo et al. (2019), las historias personales y las experiencias son herramientas poderosas para comprender fenómenos complejos dentro de la investigación cualitativa. Este enfoque permite recoger las vivencias, percepciones y acontecimientos clave que han marcado el desarrollo del Centro, proporcionando así una comprensión profunda y contextualizada de su evolución y las contribuciones a la Institución y a la nación colombiana. Como parte del proceso metodológico, se realizó una búsqueda minuciosa de términos y conceptos clave relacionados con la investigación, el desarrollo e innovación tecnológicas en bases de datos académicas, como Scopus, Dialnet y Google Scholar. Esta búsqueda exhaustiva permitió consolidar un marco teórico robusto que respalda el análisis, garantizando que las definiciones y enfoques empleados estén en línea con las discusiones actuales en la literatura científica.

Además, se analizaron las estadísticas de inversión en investigación científica y tecnológica de diversos países, lo que proporcionó un contexto global más amplio para situar el objetivo del estudio. Este análisis comparativo no solo enriquece la perspectiva del estudio, sino que también permite identificar tendencias globales y mejores prácticas en el campo de la tecnología y la innovación, posicionando al CEDETAVI dentro de un marco de referencia internacional. La metodología cualitativa con diseño narrativo también incluyó la recopilación de testimonios y relatos de manera informal, de los miembros del CEDETAVI, así como de expertos en el campo, para capturar las experiencias y percepciones directamente relacionadas con los desarrollos y logros del Centro. Estos datos cualitativos permiten una comprensión más rica y matizada del impacto de las iniciativas de I+D+i y su influencia en la operatividad y seguridad de las aeronaves.

Resultados

Generalidades del Centro de Desarrollo Tecnológico de la Aviación del Ejército

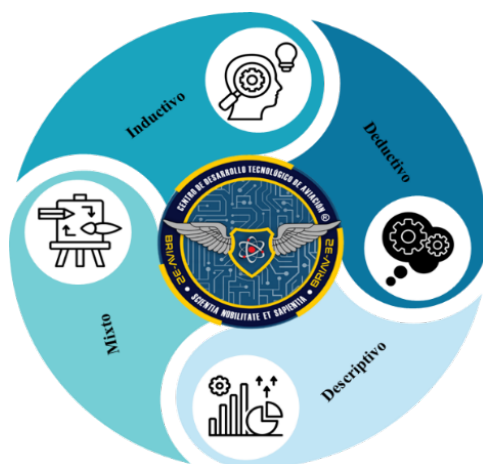
La Aviación del Ejército Nacional cuenta con aproximadamente 53 helicópteros UH60 Black Hawk, dentro de su dispositivo operacional y de mantenimiento. Conforme a Rueda-Cartagena y Castro-Alfonso (2003), estas aeronaves ofrecen grandes capacidades técnicas, ya que pueden desarrollar una amplia gama de tareas en los diferentes escenarios del territorio nacional. Su misión principal es apoyar las operaciones de restablecimiento del orden público en áreas donde ha sido perturbado por el accionar de agentes generadores de violencia.

Desde sus inicios, la Aviación Militar ha enfrentado dificultades en el diagnóstico, reparación y pruebas de componentes aeronáuticos. Para Luque-Moreno y Domínguez-

Gamboa (2021), la adquisición de nuevas aeronaves y su constante uso operativo han acelerado el ciclo de mantenimiento y el desgaste de componentes dinámicos, electromecánicos y electrónicos, lo que ha afectado los métodos y procesos de mantenimiento. Este mantenimiento es realizado por suboficiales técnicos especialistas, altamente capacitados y experimentados; sin embargo, la dependencia de equipos de diagnóstico y pruebas comerciales ha creado una dependencia tecnológica para la Institución.

En tal virtud, el CEDETAVI se enfoca en la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, fundamentados en el paradigma positivista. Tal como lo describe Herrera-Rodríguez (2018), este modelo tiene como objetivo explicar, predecir y controlar fenómenos a través de la verificación de teorías y leyes, utilizando datos cuantitativos y métodos científicos rigurosos para establecer relaciones causales entre variables. Por tanto, las investigaciones en este Centro están dirigidas a optimizar el mantenimiento aeronáutico, con un énfasis especial en el diagnóstico y prueba de componentes con fallas recurrentes. A través de la implementación de soluciones efectivas, contribuyendo a mejorar la eficiencia y la calidad en la reparación y asegurando el óptimo funcionamiento de las aeronaves. Para ello, se han aplicado cuatro métodos de investigación, los cuales están descritos en la Figura 1.

FIGURA 1. Métodos de investigación aplicados por el CEDETAVI



Fuente: Elaboración propia

Un primer método utilizado en las investigaciones es el método inductivo que, según Miranda-Beltrán y Ortiz-Bernal (2020), consiste en estudiar y observar hechos o experiencias particulares, como las fallas en sistemas de electricidad, aviónica y control

de vuelo, para derivar teorías y soluciones. Esta metodología se ha fortalecido mediante la transferencia empírica de conocimientos entre técnicos e ingenieros, permitiendo identificar patrones de fallas y optimizar las estrategias de I+D+i. Aunque este método presenta desafíos en su aplicación a objetos específicos, como señala Prieto-Castellanos (2017), el uso de herramientas estadísticas refuerza la fiabilidad y generalización de los resultados, asegurando decisiones fundamentadas en evidencia científica.

El segundo método utilizado ha sido el deductivo, que se basa en el análisis de principios generales de un tema específico. Una vez comprobada y verificada su validez, estos principios se aplican a contextos particulares, tal como lo señala Bernal-Torres (2016) en su libro *Metodología de la investigación*. Este método parte de un conocimiento previo considerado válido para realizar inferencias lógicas sobre situaciones concretas. En el contexto de los sistemas aeronáuticos, que incluyen sensores que monitorean el funcionamiento mediante señales eléctricas, se establece una premisa general: un valor anormal detectado por un sensor puede indicar una falla. Siguiendo esta lógica, se identifican y analizan los componentes con fallas recurrentes detectadas por los sensores, lo que permite investigar en detalle y resolver los problemas identificados.

Un tercer método utilizado ha sido la investigación descriptiva de tipo cuantitativa, considerada un complemento esencial. Según Dawson (2009), este enfoque proporciona una visión objetiva y completa de los fenómenos estudiados y permite identificar patrones y relaciones significativas entre variables mediante el uso de técnicas estadísticas, facilitando comparaciones y generalizaciones sólidas. En este contexto, la investigación cuantitativa se ha centrado en analizar datos numéricos provenientes de señales eléctricas en sistemas aeronáuticos, con el apoyo de literatura disponible (manuales) y de la experiencia de técnicos especializados. Posteriormente, se identificaron y evaluaron los componentes para realizar análisis técnicos y comparativos basados en la covarianza entre los valores de referencia y las mediciones de componentes con fallas. De acuerdo con Arriola Landa-Cosío, (2021) la covarianza es crucial en este proceso, ya que permite analizar la relación lineal entre dos variables, siendo una medida de la asociación lineal entre ellas.

Por último, en concordancia con Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, (2018), el método mixto, que combina procesos sistemáticos, empíricos y críticos para la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, ha sido implementado en la automatización de los procesos de mantenimiento aeronáutico con el objetivo de optimizar las tareas de inspección, diagnóstico y prueba. La integración y discusión conjunta de estos datos permiten realizar inferencias conocidas como meta, proporcionando un entendimiento más profundo del fenómeno bajo estudio. Además, el análisis detallado de las interacciones y los modelos de software de desarrollo propio para adquisición, medición, análisis y control de datos ha facilitado mejoras significativas en el desarrollo del software y en la interacción humano-máquina. Estas mejoras han incrementado la eficiencia y efectividad en las tareas de mantenimiento, mientras que la retroalimentación

constante de los técnicos ha sido fundamental para perfeccionar los desarrollos y optimizar la toma de decisiones en situaciones críticas.

En conjunto, los métodos empleados han brindado un enfoque sólido y exhaustivo para analizar y comprender el funcionamiento de los componentes aeronáuticos y sus señales eléctricas, impulsando la automatización de los procesos de mantenimiento. Estas metodologías han sido clave para obtener resultados confiables y precisos, fundamentales para avanzar en el desarrollo de soluciones eficientes y efectivas en el ámbito aeronáutico.

Inicios y primeros prototipos del CEDETAVI

Según Hernández (2020), en 1919, por medio de la Ley 126 se estableció la Aviación Militar como la quinta arma del Ejército. Con el tiempo, y tras varias reorganizaciones, la aviación se integró al Ministerio de Guerra, creando la Dirección General de Aviación, y desapareció la figura del arma de Aviación del Ejército. Finalmente, después de varios intentos, en 1996 se logró la reactivación del arma de Aviación del Ejército. A partir de ese momento comenzó un proceso clave de mejora en las capacidades de mantenimiento, que inicialmente eran básicas y centradas en reparaciones de línea. Con el tiempo, este enfoque evolucionó hacia un mantenimiento avanzado, también conocido como mantenimiento de fábrica o depósito (DEPOT, por sus siglas en inglés), acompañado por la creación de equipos de prueba que cumplieran con estándares de calidad.

Entre 1996 y 2011, el Laboratorio de Electrónica del Batallón de Helicópteros desarrolló los primeros prototipos de bancos de pruebas para la aviónica de los helicópteros UH-60. Estos prototipos, robustos y fabricados con materiales convencionales, fueron resultado de la investigación aplicada por suboficiales especialistas en aviónica, quienes sentaron las bases para el mantenimiento avanzado en la aviación del Ejército. Tal situación permitió que se establecieran mejoras en el proceso, de acuerdo con la validación y funcionalidad de los prototipos, aspectos que, en ocasiones anteriores, no habían sido considerados (Torres-Garzón et al., 2022).

Evolución tecnológica y creación del CEDETAVI

La Aviación del Ejército, al reconocer el valor y el potencial de la investigación e innovación en el Laboratorio de Electrónica, destacó la importancia estratégica de esta área en el Ministerio de Defensa Nacional de Colombia (MDN). Como resultado, para el año 2012 se obtuvo una inversión de 8000 millones de pesos que tuvieron como destino la automatización de los bancos de prueba, lo que marcó el inicio de un proceso de modernización tecnológica que transformó los sistemas de análogos a digitales. Este avance también impulsó la capacitación del personal, garantizando que estuvieran preparados para manejar y optimizar las nuevas tecnologías.

El Ejército Nacional, consciente de la importancia de los procesos de Investigación, Innovación y Desarrollo, así como de la gestión del conocimiento y la experiencia adquirida durante el conflicto, incorporó la ciencia y la tecnología en sus objetivos estratégicos para enfrentar los retos del futuro. En consecuencia, y alineados con estos objetivos, a principios del año 2016 se logra la consolidación de un grupo de personas dedicadas a la investigación en la Aviación del Ejército, el cual estaba conformado por un oficial, seis suboficiales y tres trabajadores oficiales no uniformados.

El 12 de abril de 2016, la Dirección de Ciencia y Tecnología del Ejército Nacional (DITEC) aprobó formalmente el grupo de investigación de la Aviación, estableciendo dos líneas de investigación: “Actualización y Mejoramiento de Tecnologías Civiles y Militares” y “Sistema de Simulación, Generación de Entornos Virtuales y Digitales”. Este reconocimiento no solo integró al grupo en el Sistema de Ciencia y Tecnología del Ejército Nacional (SICTE), sino que también facilitó su reconocimiento por parte de COLCIENCIAS.

Posteriormente, el 16 de agosto de 2018, la DITEC da el aval del primer Centro de Desarrollo Tecnológico del Ejército. Este logro fue el resultado de la verificación exhaustiva del banco documental que respaldaba el cumplimiento de las actividades y requisitos, según la Directiva Permanente N° 01162 de 2016, consolidando así el compromiso del Ejército con la innovación y la tecnología.

Logros y reconocimientos del CEDETAVI

A lo largo de su trayectoria, el CEDETAVI ha llevado a cabo un total de doce (12) proyectos de investigación, desarrollo e innovación que han contribuido de manera significativa a la generación de nuevo conocimiento y al avance tecnológico. Estos proyectos han producido resultados destacados en términos de propiedad intelectual y aplicabilidad. En la Tabla 1 se detallan los proyectos de investigación que han obtenido patentes a través de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), así como los registros de software concedidos por la Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA).

TABLA 1. Logros producto de generación de nuevo conocimientos y desarrollo tecnológico

Ítems	Descripción	Año	Entidad
VOR/HSI/VSI UH-60	Patente	2019	SIC*
Panel de relevos UH-60	Patente	2019	SIC
Sistema ICS UH-60	Patente	2020	SIC
Radar altímetro UH-60	Patente	2020	SIC

Luces exteriores UH-60	Patente	2020	SIC
AFCS	Invención	2020	SIC
Prototipo indicador digital de combustible	Desarrollo de software	2020	DNDA**
Escáner APU UH-60	Desarrollo de software	2020	DNDA
Oil cooler	Desarrollo de software	2020	DNDA
Escáner APU	Patente	2021	SIC
Banco APU	Patente	2021	SIC

**Superintendencia de Industria y Comercio y **Dirección Nacional de Derechos de Autor.*

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla presenta los proyectos de investigación y desarrollo que han sido patentados, junto con las fechas de obtención, así como los desarrollos de software registrados ante la (DNDA). Estos elementos se consolidan como productos de generación de nuevo conocimiento y desarrollo.

Otro logro destacado ha sido la obtención del registro del signo distintivo del CEDETAVI. Este reconocimiento ha fortalecido la identidad institucional y ha incrementado el reconocimiento de sus desarrollos y producción científica. En la Figura 2 se puede apreciar la marca registrada, que incorpora alas distintivas de la aviación.

FIGURA 2. Escudo distintivo del Centro de Desarrollo Tecnológico de Aviación



Nota. La figura presenta la Marca registrada que identifica los productos generados por el Centro de Desarrollo Tecnológico de Aviación.

Fuente: Centro de Desarrollo Tecnológico de Aviación

En 2015 obtuvo el primer puesto en el concurso de investigación José Celestino Mutis, organizado por la Escuela de Armas y Servicios (EAS), con el proyecto “Banco de Diagnóstico y Pruebas de la Unidad de Potencia Auxiliar (APU)” para los helicópteros UH-60. Además, recibió el primer lugar por el mejor proyecto de investigación en el I Encuentro Internacional y III Encuentro Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación, organizado por la Escuela Militar de Suboficiales Sargento Inocencio Chincá del Ejército (EMSUB).

En 2016 obtuvo el primer puesto por el mejor proyecto de investigación en el II Encuentro Internacional y IV Encuentro Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación, organizado por la EMSUB, con el proyecto “Banco de Diagnóstico y Pruebas de Generadores”.

En 2017, el grupo fue clasificado en la categoría “C” en la Convocatoria 781 de 2017 para el reconocimiento y medición de grupos de investigación de COLCIENCIAS.

En 2018, en el VIII Encuentro Nacional y IV Internacional de Ciencia y Tecnología, organizado por la EMSUB, el grupo obtuvo el primer puesto en la categoría de mejor póster por la descripción del proyecto “Banco de Diagnóstico y Pruebas del Sistema AFCS” y el mejor stand por la exposición de este.

El 4 de noviembre de 2021, el SICTE reconoció al grupo como el mejor grupo de investigación por sus aportes en I+D+i, y por los impactos generados al interior de la Fuerza, gracias a la implementación de diversos proyectos de investigación.

El 25 de enero de 2022, el grupo de investigación Brigada de Aviación N°32 fue recategorizado de “C” a “A” por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, tras la Convocatoria No. 894 de 2021 para la clasificación de los grupos de investigación.

Uno de los logros más significativos ha sido alcanzar un retorno de inversión superior a 25 mil millones de pesos. Este éxito se ha logrado gracias a los desarrollos implementados, que han generado importantes ahorros en reparaciones externas y en el tiempo asociado a estas. Además, se ha impulsado el avance tecnológico en la Aviación del Ejército, facilitando la transferencia de tecnología y permitiendo la creación de capacidades estratégicas en el mantenimiento aeronáutico. Asimismo, se ha logrado mantener a los investigadores a lo largo del tiempo, lo que ha asegurado la continuidad del proceso de investigación y la obtención de excelentes resultados.

Discusión

La asignación eficiente de recursos para la protección del territorio nacional es crucial para el avance tecnológico, especialmente en el ámbito militar y de seguridad nacional. No se trata únicamente de evaluar la cantidad de inversión, sino también de

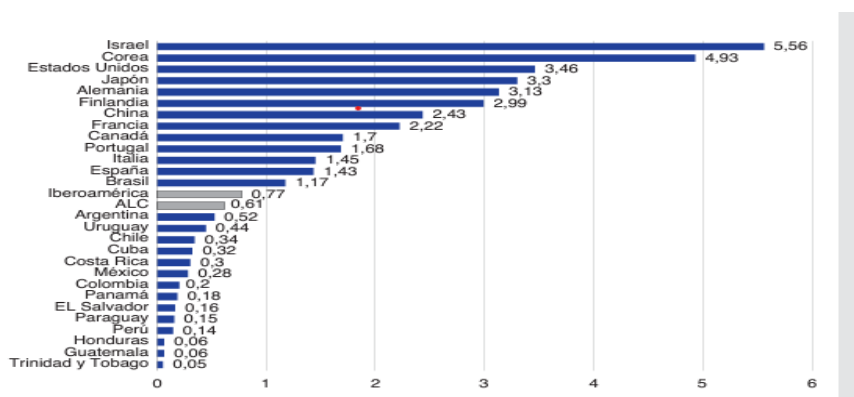
su calidad y dirección estratégica. Para asegurar una ventaja competitiva en la defensa, es esencial invertir en investigación y desarrollo de tecnologías militares avanzadas, como armamento, sistemas de comunicación seguros, ciberseguridad y tecnologías de vigilancia y reconocimiento. Además, la inversión debe extenderse a la formación del personal militar en el uso de nuevas tecnologías y tácticas avanzadas, garantizando una buena capacitación para enfrentar los desafíos contemporáneos.

La infraestructura y logística también juegan un papel fundamental en la operatividad de los sistemas de defensa, incluyendo la construcción y mantenimiento de bases militares, el desarrollo de sistemas de transporte y abastecimiento, y la modernización de sistemas logísticos para una respuesta rápida y efectiva. En el contexto global actual, las alianzas internacionales y la cooperación en investigación y desarrollo son igualmente importantes. Estas colaboraciones facilitan la transferencia de conocimientos y tecnología, fortaleciendo las capacidades defensivas a través de acuerdos de cooperación y el intercambio de inteligencia.

La competitividad de una nación o país se define como su capacidad para competir en sectores de alto valor agregado, como la tecnología avanzada, y para superar a sus competidores. Esto implica que el valor de una empresa se basa más en la satisfacción del cliente que en la producción en sí misma. Este logro depende en gran medida de la capacidad innovadora de las empresas. Para que una nación fomente estas capacidades de innovación y competitividad, es crucial que desarrolle sus recursos. En este sentido, Uribe-Gómez (2019) aduce que, para ir en dirección de lo antes dicho, dos factores clave fundamentales son: una política económica efectiva y marcos intelectuales adecuados para comprender el surgimiento de la tecnología y la innovación.

Lo anterior tiene relevancia, primero, porque el Gobierno nacional debe trabajar activamente en una política económica que permita crear entornos propicios para el fomento de la innovación y la inversión. Esto implica implementar estrategias que impulsen la investigación y el desarrollo, así como la educación y la formación de capital humano, al mismo tiempo que se garantiza un ambiente de competencia saludable que estimule el crecimiento económico. En segundo lugar, es esencial establecer marcos intelectuales sólidos que faciliten la comprensión de cómo surgen y se desarrollan la tecnología y la innovación. Con base en lo expresado, Gutiérrez-Flores y Flores-Pérez (2019) innovar requiere una inversión significativa en la formación de capital humano altamente calificado en disciplinas como ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, proporcionando así las herramientas necesarias para abordar los desafíos del siglo XXI y alcanzar un desarrollo sostenible a largo plazo. La Figura 3 ilustra la tendencia de inversión en ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe (ALC) e Iberoamérica.

FIGURA 3. Inversión en I+D con relación con el PBI año 2021



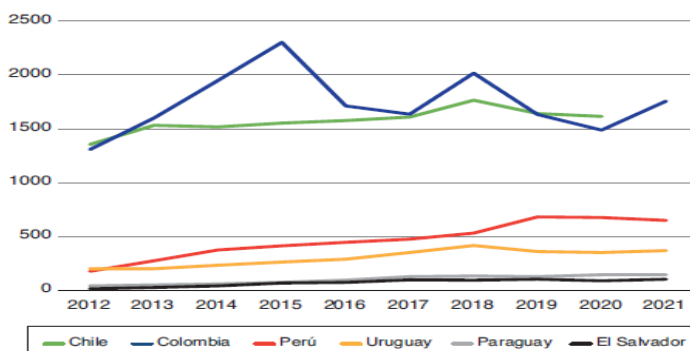
Fuente: tomado de (Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología RICYT, 2023).

De acuerdo con Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2023), en 2021 la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) en los países iberoamericanos fue del 0,77% del Producto Bruto Regional (PBR), frente al 0,61% en ALC. Portugal lidera en esfuerzo relativo con una inversión del 1,68% de su Producto Bruto Interno (PBI), seguido por España con un 1,45% y Brasil con un 1,16%. Sin embargo, la inversión en I+D en otros países latinoamericanos no supera el promedio regional. A nivel global, los países de ALC e Iberoamérica invierten menos en I+D en comparación con los países industrializados, como Israel (5,56% del PBI), Corea del Sur y Estados Unidos (cerca del 5%), y Japón, Alemania y Finlandia (alrededor del 3%).

Asimismo, dentro de los indicadores de ciencia y tecnología se observa que Brasil es el único país latinoamericano cuya inversión representa más del 1% de su PBI. Argentina invirtió 0,52% mientras que el resto de los países invierte menos del 0,50% de su producto en I+D. Colombia experimentó un notable incremento en su inversión en este aspecto hasta el año 2015, seguido por un período de declive durante tres años consecutivos. A partir del año 2018 logró recuperar parte del nivel de inversión, pero posteriormente sufrió una nueva disminución hasta el año 2020, sin llegar a alcanzar los valores de inversión previos a la pandemia en 2021.

Por su parte, Chile mostró un crecimiento sostenido hasta el año 2018, a partir del cual comenzó a reducir su inversión en I+D. Tanto Uruguay como Perú evidenciaron un crecimiento constante hasta los años 2018 y 2019, respectivamente. Sin embargo, en 2021, Perú continuó con una tendencia negativa, mientras que Uruguay logró superar su nivel de inversión de 2019. Finalmente, El Salvador y Paraguay exhibieron niveles de inversión similares, con una evolución positiva hasta el año 2017, seguida de una desaceleración en el ritmo de crecimiento en los años posteriores, como se detalla en la Figura 4.

FIGURA 4. Inversión económica países ACL en I+D



Fuente: tomado de (Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2023)

Al destinar recursos económicos a la investigación y la innovación, se impulsa el desarrollo de tecnologías de punta, se optimiza la reparación de componentes aeronáuticos, se mejora la capacidad de respuesta ante amenazas emergentes y se fortalece la autonomía tecnológica del EJC. Por consiguiente, el CEDETAVI se enfoca en abordar las necesidades del sector aeronáutico, especialmente en el diagnóstico y pruebas de componentes y equipos de Aviónica con alta frecuencia de fallas. Con el objetivo de ofrecer soluciones eficientes cuando la capacidad interna de reparación es insuficiente, además fomenta la colaboración entre instituciones académicas, empresas privadas y el sector público, generando un ecosistema de innovación que beneficia a todo el sistema de Ciencia y Tecnología del Ejército Nacional de Colombia.

En este sentido, el CEDETAVI ha logrado una notable optimización de los recursos económicos, evidenciada por una reducción del 80% en los costos de diagnóstico y pruebas de componentes, en comparación con el gasto asociado al envío de estos componentes al exterior para su reparación. Este ahorro se ha conseguido gracias al desarrollo de Bancos de Pruebas, fruto de proyectos de investigación aplicada en el marco de procesos de I+D+i. Estas herramientas están diseñadas para satisfacer las necesidades de mantenimiento de la Aviación del Ejército.

Las innovaciones en otras unidades son esenciales para mantener una ventaja competitiva en defensa y seguridad nacional. No solo se trata de la cantidad de inversión, sino de su calidad y dirección estratégica. Es crucial invertir en tecnologías avanzadas como sistemas de comunicación seguros, ciberseguridad y vigilancia, además de formar al personal en su uso. La infraestructura y logística también son vitales, incluyendo bases militares y sistemas de transporte. Las alianzas internacionales y la cooperación en investigación y desarrollo facilitan la transferencia de conocimientos y fortalecen las capacidades defensivas. Estudios recientes destacan la importancia de estas innovaciones

tecnológicas en las Fuerzas Militares y cómo países como Estados Unidos y Colombia han adaptado sus estrategias para enfrentar los desafíos contemporáneos (Espitia-Cubillos et al., 2020).

Conclusiones

La inversión en I+D+i en el ámbito militar es clave para enfrentar los desafíos contemporáneos y garantizar la seguridad nacional. Asignar recursos de manera eficiente y estratégica para el avance tecnológico y la innovación en las Fuerzas Armadas no solo fortalece la capacidad operativa del Ejército, sino que también contribuye al desarrollo sostenible del país en un contexto global cada vez más competitivo.

Es por ello por lo que la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) ha sido fundamental para la transformación del Centro de Desarrollo Tecnológico de Aviación del Ejército (CEDETAVI), permitiendo optimizar el mantenimiento aeronáutico y mejorar la operatividad de las aeronaves del Ejército Nacional. Este enfoque ha facilitado la implementación de soluciones innovadoras que han elevado los estándares de seguridad y eficiencia en las operaciones aéreas.

Aunado a esto, la automatización de procesos y la adopción de tecnologías avanzadas han permitido al CEDETAVI reducir significativamente los costos y tiempos de diagnóstico y reparación de componentes aeronáuticos. Este avance no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también minimiza la dependencia de reparaciones costosas en el extranjero, lo que se traduce en un uso más efectivo de los recursos disponibles, lo cual ha permitido al CEDETAVI alcanzar diferentes logros que reflejan un avance significativo en la generación de nuevo conocimiento y en la aplicación de soluciones innovadoras. Estos resultados no solo benefician al centro de investigación, sino que también posicionan al Ejército como un actor relevante en el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológico, contribuyendo a la modernización de sus capacidades operativas.

Y todo, gracias a la capacitación continua del personal, que ha sido esencial para el desarrollo de nuevas capacidades en el mantenimiento aeronáutico. Este enfoque ha fortalecido la autonomía del Ejército, permitiéndole abordar problemas técnicos de manera más eficiente y reduciendo la necesidad de recurrir a proveedores externos, lo que a su vez contribuye a la seguridad y soberanía nacional.

Por último, se resalta la continuidad de los investigadores como un aspecto crucial para alcanzar los objetivos de un proyecto. Esta variable garantiza la acumulación de experiencia y estabilidad en el desarrollo de los proyectos, facilita la transferencia de conocimientos y el perfeccionamiento continuo de técnicas y contribuye al éxito sostenido de las investigaciones. La estabilidad del equipo investigador es fundamental para la eficiencia y efectividad del proceso y para lograr metas a largo plazo.

Referencias

- Acevedo-Navas, C. (2023). Ejes temáticos estratégicos en seguridad y defensa en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 21(42), 303-326. <https://doi.org/10.21830/19006586.1215>
- Acosta-Torres, L. S., De la Fuente-Hernández, J., Sifuentes-Valenzuela, M. C., y Martis-Flórez, J. R. (2022). *Investigación educativa*. Editorial Universidad Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/enesleon.9786073068109e.2022> PMCID:PMC10395915
- Arciniegas-Londoño, L., y Corzo-Ussa, G. D. (2021). Contextualización de la cuarta revolución industrial, Industria 4.0, Industria 5.0 y tecnología 5G con el sector Defensa y Seguridad. *Perspectivas en Inteligencia*, 12(21), 245-258. <https://doi.org/10.47961/2145194X.225>
- Arriola Landa-Cosío, N. (2021). Covarianza y correlación. *Medium*. <https://medium.com/@nicolasarriola/covarianza-y-correlaci%C3%B3n-7f16e59445b4>
- Bernal-Torres, C. A. (2016). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (4ª Ed.). Pearson Educación. <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3609141/>
- Bhunja, A. K., Sahoo, L., y Shaikh, A. A. (2019). *Advanced Optimization and Operations Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9967-2>
- Cáez-Velásquez, R. A. (2023). La gestión de la innovación empresarial. *Revista Saber, Ciencia y Libertad*, 16, 124-128. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/germinacion/article/view/10659>
- Casaburi, G., Crespi, G., De León, I. L., Figal-Garone, L., Grazi, M., Guaipatín, C., Katz, J., Llisterri, J. J., Maffioli, A., Navarro, J. C., Olivari, J., Pietrobelli, C., Suaznabar, C., y Vargas, F. (2016). *La política de innovación en América Latina y el Caribe: Nuevos caminos* (J. C. Navarro y J. Olivari (eds.)). Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/la-politica-de-innovacion-en-america-latina-y-el-caribe-nuevos-caminos>
- Cervantes-Deboni, D. (2017). Métodos de investigación en Ciencias Militares. Tema De Investigación Central de la Academia, 85-98. Recuperado a partir de <https://publicacionesacague.cl/index.php/tica/article/view/167>

- Corrêa-Bernardo, C. H., Corrêa-Chaves, V. H., Gonçalves-Sant'Ana, R. C., y Pagán-Martínez, M. (2018). Operational research historical perspectives. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 32(61), 354-374. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n61a03>
- Cubides-Cárdenas, J. A., y Garay Acevedo, C. P. (2013). Hacia la construcción de un estado del arte de la seguridad y defensa nacional en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 11(11), 81-98. <https://doi.org/10.21830/19006586.205>
- Dawson, C. (2009). *Introduction to research methods: A practical guide for anyone undertaking a research project*. (4.^a ed.). Oxford: How to Books.
- Ejército Nacional de Colombia. (2020). *Lineamiento de investigación*. Ejército Nacional de Colombia (EJC), Jefatura de Estado Mayor generador de Fuerza y Comando de Educación y Doctrina. ejercito.mil.co. <https://www.ejercito.mil.co/lineamiento-de-investigacion/>
- Espitia-Cubillos, A. A., Agudelo-Calderón, J. A., y Buitrago-Suescún, Ó. Y. (2020). Innovaciones tecnológicas en las fuerzas militares de los países del mundo: una revisión preliminar. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(29), 213–235. <https://doi.org/10.21830/19006586.537>
- Guevara-Albán, G. P., Verdesoto-Arguello, A. E., y Castro-Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Gutiérrez-Flores, L., y Flores-Pérez, J. (2019). Factores que estimulan la actividad de innovación en América Latina: un enfoque VECM. *Economía Sociedad y Territorio*, 19(61), 373-403. <https://doi.org/10.22136/est20191366>
- Guzmán-Aguilera, C. L. (2019). Propiedad intelectual y acceso al conocimiento en la investigación científica colombiana. *Revista Guillermo de Ockham*, 17(1), 51-63. <https://doi.org/10.21500/22563202.3374>
- Hernández, D. (2020). La aviación del Ejército colombiano. Inicio de la aviación militar en Colombia. *Revista Fuerza Aérea - EUA*, 2, 43-57. <https://n9.cl/74m0ga>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Callado, C., y Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta edición)*. McGrawHill Education

- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education.
<https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Herrera-Rodríguez, J. I. (2018). Las prácticas investigativas contemporáneas. Los retos de sus nuevos planteamientos epistemológicos. *Revista Científica*, 3(7), 6-15.
<https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2018.3.7.0.6-15>
- Jordán, J. (2017). Un modelo explicativo de los procesos de cambio en las organizaciones militares. La respuesta de Estados Unidos después del 11-S como caso de estudio. *Revista de Ciencia Política*, 37(1), 203-226.
<https://doi.org/10.4067/S0718-090X2017000100009>
- Luque-Moreno, H. A., y Domínguez-Gamboa, L. M. (2021). *Diseño y fabricación de la estructura de un banco de pruebas para motores de combustión interna (MCI)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Libre de Colombia]. Repositorio institucional Unilibre. <https://hdl.handle.net/10901/19115>
- Miranda-Beltrán, S., y Ortiz-Bernal, J. A. (2020). Los paradigmas de la investigación: un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.717>
- Nieto-Bravo, J. A., Angarita-Mendoza, M. A., Muñoz-Velázquez, J. D., y Labrador-Mancilla, G. A. (2019). La investigación narrativa como construcción social del conocimiento, una aproximación epistemológica y metodológica desde el enfoque cualitativo. *Revista Hojas y Hablas*, 17, 58-73.
<https://doi.org/10.29151/hojasyhablas.n17a4>
- Oppenheimer, A. (2010). *Basta de historias: La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro*. Debate
- Oppenheimer, A. (2014). *Crear o morir: la esperanza de Latinoamérica y las cinco claves de la innovación (Primera edición)*. Penguin Random House
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2005). ¿Una revolución en la investigación? En Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO (Ed.), *Hacia las sociedades del conocimiento: informe mundial de la UNESCO* (pp. 109-130). UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141908>

- Prieto-Castellanos, B. J. (2017). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*, 18(46).
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-46.umdi>
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología. (2023). *El estado de la ciencia: principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos / interamericanos 2023*. Altuna Impresores S.R.L. La Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) - Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).
<https://oei.int/oficinas/argentina/publicaciones/el-estado-de-la-ciencia-principales-indicadores-de-ciencia-y-tecnologia-iberoamericanos-interamericanos-2023>
- Rueda-Cartagena, J. C., y Castro-Alfonso, F. J. (2003). *Manual de empleo del helicóptero UH-60 Black Hawk*. [Tesis de Posgrado, Escuela de postgrados Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio Escuela de postgrados Fuerza Aérea Colombiana CRAI-FAC.
<https://repositorio.crai-fac.com/items/7561892e-2081-4cb3-abac-7d7f2ed09a18>
- Tidd, J., y Bessant, J. R. (2020). *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. (7ª Ed.). Wiley
- Torres-Garzón, E. A., Guevara-Cardona, J. C., y Mendoza-Prieto, Y. O. (2022). Estudio sobre el desarrollo de un prototipo para monitoreo del espectro radioelectrónico utilizando SDR. *Perspectivas en Inteligencia*, 14(23), 303-323.
<https://doi.org/10.47961/2145194X.344>
- Uribe-Gómez, J. A. (2019). Una perspectiva de la innovación tecnológica en Latinoamérica. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 11(20), 101-125.
<https://doi.org/10.22430/21457778.1214>
- Valle-Taiman, A., Manrique-Villavicencio, L., y Revilla-Figueroa, D. (2022). *La Investigación descriptiva con enfoque cualitativo en educación*. Facultad de Educación – Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/184559>
- World Intellectual Property Organization. (2022). *Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation driven growth?* World Intellectual Property Organization (WIPO). <https://www.wipo.int/es/web/global-innovation-index/2022/index>
- World Intellectual Property Organization. (2023). *Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. World Intellectual Property Organization (WIPO). <https://www.wipo.int/web/global-innovation-index/2023/index>