

Propuesta metodológica híbrida (AHP–Lanchester) para el cálculo del Coeficiente de Capacidad Combativa en la evaluación de la Potencia Combativa Relativa

Manuel Alejandro Bejarano Rivera*

<https://orcid.org/0000-0002-6459-2880>

Escuela Superior de Guerra del Ejército, Lima, Perú

Enviado: 20 de Septiembre 2025 • Evaluado: 20 de Marzo 2026 • Aprobado: 30 de Abril 2026

Citar como:

Bejarano Rivera, M. A. (2026). Propuesta metodológica híbrida (AHP–Lanchester) para el cálculo del Coeficiente de Capacidad Combativa en la evaluación de la Potencia Combativa Relativa. *Revista Científica de la Escuela Superior de Guerra del Ejército*, 5(1), 66-87. <https://doi.org/10.60029/v5n1art4>

Resumen

El presente artículo propone una metodología híbrida e innovadora para el cálculo del Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC), combinando la Ley del Cuadrado de Lanchester con el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). En específico, se articula un enfoque híbrido (AHP–Lanchester) que integra la ponderación multicriterio de dimensiones operacionales (AHP) con una aproximación tipo Lanchester para construir equivalencias comparativas bajo supuestos explícitos. Esta propuesta responde a una necesidad crítica en el ámbito militar: la ausencia de un método estandarizado, matemáticamente validado y doctrinariamente respaldado para calcular el CCC dentro del Ejército del Perú. Dicha carencia ha limitado la capacidad institucional para evaluar objetivamente las ventajas comparativas entre sistemas de armas y tomar decisiones estratégicas basadas en datos cuantificables. El modelo desarrollado permite jerarquizar criterios clave como potencia de fuego, movilidad, protección, logística, tecnología y precisión, (capacidades militares) integrándolos en un único coeficiente que refleja la Potencia Combativa Relativa (PCR) entre unidades militares. La comparación se emplea con un fin metodológico y demostrativo, orientado a ilustrar el procedimiento de cálculo del CCC, examinar la consistencia interna del modelo AHP y explorar la estabilidad del ordenamiento bajo supuestos explícitos, más que a anticipar resultados operacionales dada la asimetría tecnológica entre plataformas. En ese marco, se presenta un análisis comparativo referencial de los principales tanques de combate: Abrams M1A2, Leopard 2A4, T-90 y T-55. En suma, esta metodología representa un instrumento técnico-científico con potencial de apoyo para el planeamiento operativo, la planificación de capacidades y la asignación presupuestal, al brindar al alto mando una base trazable para sustentar decisiones estratégicas en el contexto actual. La implementación de este modelo podría contribuir a cubrir un vacío doctrinario relevante y a fortalecer el proceso de modernización de la Fuerza Terrestre del Perú.

Palabras clave: potencia combativa relativa, coeficiente de capacidad combativa, AHP, Lanchester, evaluación multicriterio, capacidades militares.

*Master en Gerencia Pública.

Correo: mbejaranor@esge.edu.pe

Hybrid methodological proposal (AHP–Lanchester) for calculating the Combat Capability Coefficient in the evaluation of Relative Combat Power.

Manuel Alejandro Bejarano Rivera*
<https://orcid.org/0000-0002-6459-2880>
Escuela Superior de Guerra del Ejército, Lima, Perú

Sent: 20 September 2025 • Reviewed: 20 March 2026 • Approved: 30 April 2026

Cite as:

Bejarano Rivera, M. A. (2026). Propuesta metodológica híbrida (AHP–Lanchester) para el cálculo del Coeficiente de Capacidad Combativa en la evaluación de la Potencia Combativa Relativa. *Revista Científica de la Escuela Superior de Guerra del Ejército*, 5(1), 66-87. <https://doi.org/10.60029/v5n1art4>

Abstract

This article proposes an innovative hybrid methodology for calculating the Combat Capability Coefficient (CCC), combining Lanchester's Law of Squares with the Analytic Hierarchy Process (AHP). Specifically, it articulates a hybrid approach (AHP-Lanchester) that integrates the multi-criteria weighting of operational dimensions (AHP) with a Lanchester-type approach to construct comparative equivalencies under explicit assumptions. This proposal addresses a critical need in the military sphere: the absence of a standardized method, with mathematical and doctrinal foundations, for calculating the CCC in the Peruvian Army. This gap has limited the institutional capacity to objectively evaluate the comparative advantages between weapons systems and to support strategic decision-making with quantifiable information. The model allows for prioritizing key criteria—firepower, mobility, protection, logistics, technology, and precision (military capabilities)—integrating them into a single coefficient that reflects the Relative Combat Power (RCP) across all military units. The comparison is used for methodological and demonstrative purposes, aiming to illustrate the CCC calculation procedure, examine the internal consistency of the AHP model, and explore the stability of the classification under explicit assumptions, rather than anticipating operational results given the technological asymmetry between platforms. In this context, a comparative analysis is presented for the main battle tanks: the M1A2 Abrams, the Leopard 2A4, the T-90, and the T-55. Overall, this methodology constitutes a technical-scientific tool with the potential to support operational planning, capability-based planning, and budget allocation, providing senior management with a traceable basis for strategic decision-making in the current context. Its implementation could help address a relevant doctrinal gap and strengthen the modernization process of the Peruvian Army.

Keywords: relative combat power, combat capability coefficient, analytic hierarchy process (AHP), Lanchester, multi-criteria evaluation, military capabilities.

*Master in Public Management
E-mail: mbejaranor@esge.edu.pe

Introducción

El poder de combate es un componente fundamental en la planificación y ejecución de operaciones militares, al permitir evaluar la capacidad de una fuerza para alcanzar objetivos estratégicos y tácticos. Clausewitz (2005) destacó que “la actividad militar nunca se dirige solo contra la fuerza material; siempre está dirigida simultáneamente a las fuerzas morales que le dan vida, y las dos no pueden separarse” (p. 147), resaltando el rol decisivo de factores intangibles como la moral, el liderazgo y la cohesión de combate. No obstante, la evolución del entorno operacional ha impulsado la necesidad de incorporar enfoques más precisos y objetivos para medir la efectividad combativa. Zanella (2012) advierte que “la doctrina actual del Ejército no proporciona un método teórico coherente para determinar los requisitos de densidad de fuerza en entornos operativos contemporáneos” (p. 3), lo que ha generado el desarrollo de modelos matemáticos para estimar de manera más exacta el poder de combate.

Desde una perspectiva doctrinaria, la Potencia Combativa Relativa (PCR) ha sido utilizada como herramienta para comparar capacidades entre fuerzas propias y enemigas, considerando factores como maniobra, potencia de fuego, logística y liderazgo. Sin embargo, su implementación práctica en el Ejército del Perú aún se basa en métodos cualitativos y matrices empíricas desarrolladas en 2008, carentes de validación matemática estandarizada (Cioancă, 2019). Esta situación limita la trazabilidad de los resultados y su utilidad para la toma de decisiones estratégicas. Asimismo, los coeficientes utilizados actualmente no contemplan variables críticas como doctrina, entrenamiento, obsolescencia tecnológica, operaciones de información o capacidades cibernéticas (Lee y Lee, 2014; Torres Orhanovic, 2016; Wang y Sol, 2021).

En el campo de la modelación matemática, Lanchester (1916) propuso un conjunto de ecuaciones para describir las relaciones de fuerza entre ejércitos en combate, diferenciando un modelo lineal —donde el poder de combate depende del número de efectivos— y uno cuadrático, donde dicho poder aumenta con el cuadrado del número de unidades. Posteriormente, Dupuy (1987) desarrolló el modelo Quantified Judgment Model (QJM), que incorpora variables como el Índice de Efectividad de Armamento (WEI) y el Valor Unitario Ponderado (WUV). No obstante, tanto Lanchester como Dupuy excluyen factores intangibles clave, lo que limita su validez para escenarios de guerra híbrida (Cioancă, 2019; Zanella, 2012).

Actualmente, no existe un modelo validado que calcule los coeficientes de capacidad combativa (CCC) de manera rigurosa, replicable y contextualizada. La experiencia reciente del Ejército del Perú, donde la PCR ha sido empleada de forma limitada por el Componente Terrestre del Comando de Operaciones del Sur, evidencia la necesidad de una herramienta más precisa que integre múltiples variables. En este contexto, el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) ha demostrado utilidad para la toma de decisiones complejas en entornos militares, permitiendo ponderar múltiples criterios de manera estructurada (Osorio y Orejuela, 2008).

Por tanto, el presente artículo propone un modelo híbrido basado en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la Ley del Cuadrado de Lanchester, con el objetivo de desarrollar una metodología cuantitativa y escalable para calcular el Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC) y estimar la Potencia Combativa Relativa (PCR). Se parte de una revisión narrativa de

literatura científica y doctrinal, integrando herramientas de decisión avanzada con fundamentos matemáticos. La hipótesis central plantea que la combinación de ponderaciones AHP con una aproximación tipo Lanchester para equivalencias comparativas ofrece una alternativa rigurosa y adaptable frente a métodos doctrinarios tradicionales. Esta propuesta busca aportar al desarrollo doctrinario del Ejército del Perú, facilitando decisiones operacionales basadas en criterios trazables y técnicamente sustentados.

Como parte de la validación práctica de esta metodología, se presenta una aplicación ejemplificada utilizando unidades blindadas, específicamente modelos de tanques. Esta comparación no constituye un fin en sí mismo, sino que ilustra cómo el procedimiento puede determinar coeficientes de fuerza diferenciados para cualquier tipo de unidad militar. El modelo propuesto es adaptable a fuerzas de infantería, artillería, caballería, medios aéreos o especiales, y su propósito principal es sustituir la actual estimación empírica en simulaciones y juegos de guerra por valores técnicos verificables y replicables.

Método

La revisión narrativa se sustentó en búsquedas en Google Scholar, repositorios institucionales (p. ej., ALICIA–CONCYTEC) y repositorios militares de EE. UU. (Defense Technical Information Center [DTIC], Combined Arms Research Library [CARL] y U.S. Army War College Publications), empleando combinaciones de términos en español e inglés: “coeficiente de capacidad combativa”, “potencia combativa relativa”, “capacidades militares”, “combat capability coefficient”, “relative combat power”, “Analytic Hierarchy Process (AHP)” y “Lanchester square law”. La selección de fuentes priorizó pertinencia directa, aplicabilidad operativa y claridad metodológica.

Diseño metodológico

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, de tipo aplicativo, con diseño no experimental y alcance descriptivo-explicativo. Su propósito es construir un modelo híbrido para determinar el Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC), a partir de la integración del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la Ley del Cuadrado de Lanchester. Esta metodología busca cuantificar la Potencia Combativa Relativa (PCR) entre unidades militares, considerando tanto variables materiales como cualitativas bajo un enfoque doctrinario técnico-operacional.

Criterios de Selección de Estudios

Se establecieron criterios rigurosos de selección, priorizando estudios sobre modelos matemáticos y herramientas analíticas aplicadas al poder de combate, publicados en revistas científicas, documentos doctrinales y conferencias militares. Se valoraron enfoques metodológicos sólidos, tanto cuantitativos como cualitativos, y se consideraron publicaciones de los últimos 20 años, incluyendo referencias clásicas como las ecuaciones de Lanchester. Se excluyeron estudios sin datos verificables o no alineados con el análisis de capacidades militares. Como señala la Escuela Superior de Guerra del Ejército (2020), “La evaluación del poder de combate requiere una combinación de datos históricos y modelos predictivos” (p. 15).

Los criterios de inclusión contemplaron publicaciones entre 2010 y 2024, salvo estudios fundamentales previos, investigaciones con métodos cuantitativos y cualitativos validados en escenarios militares, y modelos que combinan la Ley del Cuadrado de Lanchester con AHP. Como criterios de exclusión, se descartaron trabajos sin metodología clara, con bajo rigor académico, aplicados exclusivamente a contextos no militares o con enfoques desactualizados y sin base matemática.

Procedimiento de Análisis

El análisis de los estudios se desarrolló en tres fases: revisión narrativa de la literatura, comparación de modelos y síntesis de hallazgos para proponer un modelo híbrido aplicable al Ejército del Perú. La información fue categorizada según su metodología y aplicabilidad en la evaluación del coeficiente de capacidad combativa. Se consideraron tres criterios centrales: exactitud del método, aplicabilidad operativa y viabilidad de implementación. Como afirma Cioancă (2019), “el poder de combate debe ser evaluado mediante una combinación de indicadores cuantitativos y cualitativos que reflejen las capacidades reales de una fuerza militar” (p. 8). Para reducir la subjetividad, se empleó el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), asignando ponderaciones a los criterios clave (Osorio y Orejuela, 2008).

Modelos de evaluación del coeficiente de fuerza

Los métodos identificados se agrupan en cuatro categorías: modelos basados en coeficientes históricos, que no consideran la evolución tecnológica; modelos matemáticos, como la Ley del Cuadrado de Lanchester, que ofrecen precisión cuantitativa; métodos multicriterio como el AHP, que integran variables cualitativas y cuantitativas; y modelos híbridos, que combinan los enfoques anteriores y presentan mayor aplicabilidad operativa. El análisis comparativo evidenció que la combinación de modelos matemáticos con AHP proporciona la mayor precisión en la estimación del coeficiente de capacidad combativa militar, capitalizando las fortalezas de ambos enfoques. Estudios recientes respaldan esta integración por su impacto positivo en la exactitud del análisis del poder de combate (Wang y Weipu, 2021; Lee y Lee, 2014).

Limitaciones de la revisión

Pese a su rigor metodológico, la revisión presenta limitaciones: escasa disponibilidad de datos aplicados a contextos reales, sesgo doctrinal por el predominio de fuentes occidentales, falta de validación empírica en escenarios recientes, riesgo de obsolescencia por la evolución tecnológica, y la dificultad para cuantificar factores intangibles como liderazgo y moral. En síntesis, el estudio busca aportar una evaluación integral de las metodologías de análisis del poder de combate, identificando fortalezas y áreas de mejora para su aplicación en el Ejército del Perú, y destacando la necesidad de enfoques que integren componentes tangibles e intangibles.

Enfoque de la Metodología

Esta investigación propone un modelo híbrido que combina el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la Ley del Cuadrado de Lanchester para determinar el Coeficiente de

Capacidad Combativa (CCC). Este enfoque permite una evaluación integral, tanto cuantitativa como cualitativa, de la capacidad combativa de unidades militares en diversos escenarios, superando las limitaciones de los métodos tradicionales.

El método se fundamenta en los siguientes principios clave:

- Análisis multicriterio (AHP): asignación de pesos a factores críticos de combate con base en las capacidades militares evaluadas por expertos.
- Aplicación de ecuaciones matemáticas (Ley de Lanchester): evaluación de la efectividad relativa en combate en función de los coeficientes de capacidad combativa calculados.
- Contraste con modelos existentes: comparación de los resultados obtenidos con enfoques tradicionales de correlación de fuerzas, para verificar mejoras o divergencias.

Procedimiento para la determinación del Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC)

El procedimiento metodológico se organizó en las siguientes etapas:

a. Identificación de criterios doctrinarios

A partir de manuales doctrinarios del Ejército del Perú y literatura técnica internacional (Zanella, 2012; Cioancă, 2019), se seleccionaron los siguientes criterios clave para la evaluación de la capacidad combativa: potencia de fuego, movilidad, protección, logística, tecnología, comando y control, doctrina, organización y entrenamiento. Estos factores permiten una valoración integral del desempeño operacional de una unidad.

b. Aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

1. Construcción de matrices de comparación pareada entre criterios.
2. Normalización de matrices y cálculo del vector de prioridad.
3. Obtención del Índice de Consistencia (CI) mediante:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

4. Cálculo de la Razón de Consistencia (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

donde RI es el índice aleatorio dependiente del número de criterios. Se aceptaron valores de $CR < 0.1$ como válidos.

5. Determinación del Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC) para cada tanque (Abrams M1A2, Leopard 2A4 y T-55), multiplicando los pesos de cada criterio por las puntuaciones asignadas a cada alternativa.

Este proceso permitió obtener valores ponderados objetivos para cada modelo evaluado.

Integración del modelo híbrido AHP–Lanchester

Los valores de CCC obtenidos mediante AHP fueron empleados como coeficientes de letalidad en la aplicación de la Ley del Cuadrado de Lanchester. Esta ley establece que el poder de combate es proporcional al cuadrado del número de unidades y su efectividad:

$$P = (n * e)^2$$

donde:

- n: número de unidades.
- e: efectividad por unidad (CCC).

Para simular un enfrentamiento entre dos batallones, se asumieron condiciones simétricas, variando únicamente el coeficiente de letalidad ponderado por el tipo de tanque. Esta integración permite comparar directamente la Potencia Combativa Relativa entre unidades modernas (Abrams, Leopard) y obsoletas (T-55), evidenciando relaciones de equivalencia y ventajas relativas.

Instrumento de cálculo

Se diseñó una matriz de cálculo automatizada en Microsoft Excel que integra:

- Módulos para el procesamiento del AHP.
- Validación automática de consistencia.
- Cálculo de CCC para diversas plataformas.
- Aplicación directa de fórmulas de Lanchester.
- Visualización de resultados mediante gráficos comparativos.

Este instrumento es adaptable a distintas configuraciones de fuerza, escenarios doctrinarios y tipos de unidad (blindadas, mecanizadas, artillería, etc.).

Limitaciones metodológicas

A pesar de su solidez conceptual, la presente metodología presenta las siguientes limitaciones:

- **Subjetividad en la asignación de valores iniciales del AHP:** Aunque el modelo valida la consistencia interna, los juicios expertos pueden introducir sesgos.
- **Ausencia de validación empírica en campo:** La metodología no ha sido aplicada aún en ejercicios de planeamiento operativo o en simulaciones oficiales.
- **Limitación del estudio de caso:** Se centra en unidades blindadas; su generalización a otras fuerzas requiere ajustes técnicos y doctrinarios.
- **Sensibilidad tecnológica:** Cambios en los sistemas de armas, doctrinas o amenazas pueden modificar la relevancia de los criterios y sus ponderaciones.

Se recomienda, por tanto, validar la herramienta en entornos simulados controlados y realizar pruebas piloto con otras armas para fortalecer su aplicabilidad institucional.

Construcción del Modelo Jerárquico (AHP)

El AHP se implementa en los siguientes pasos básicos:

- a. Definición de la estructura jerárquica: Se establece como objetivo determinar la capacidad combativa relativa de una unidad o sistema de armas, definiendo criterios clave (potencia de fuego, movilidad, protección, logística, tecnología) estructurados mediante juicio experto. Las alternativas a evaluar comprenden diferentes unidades o sistemas de armas, como modelos de tanques o brigadas.
- b. Comparaciones pareadas y establecimiento de pesos: Utilizando la escala de Saaty (1–9), se comparan los criterios por pares según juicio experto, construyendo matrices jerárquicas y calculando vectores de prioridad que reflejan la importancia relativa de cada factor. Estas ponderaciones permiten asignar valores numéricos a los juicios, facilitando la comparación objetiva entre alternativas en cada criterio evaluado.
- c. Síntesis de resultados y selección de la mejor alternativa: Se integran los pesos de los criterios para calcular la puntuación global de cada alternativa, identificando la más fuerte en capacidad combativa. La validez del análisis se verifica mediante el índice de consistencia de Saaty, considerando aceptable un CI menor a 0.1 (Saaty, 1980).

El AHP permite estructurar decisiones complejas de forma cuantificable, integrando datos objetivos y juicios expertos. Como señala la Escuela Superior de Guerra del Ejército (2020), “una evaluación efectiva de la potencia combativa relativa permite identificar fortalezas y debilidades en el planeamiento de operaciones” (p. 12), destacando la importancia de un marco analítico sólido en la toma de decisiones militares.

Modelo Jerárquico para Evaluar el Poder de Combate

Se propone un modelo jerárquico específico que integra múltiples criterios para evaluar la capacidad combativa de una unidad militar, ilustrado a través de la comparación de distintos tanques de guerra incluyendo el empleado por el Ejército del Perú. La estructura general del modelo es la siguiente:

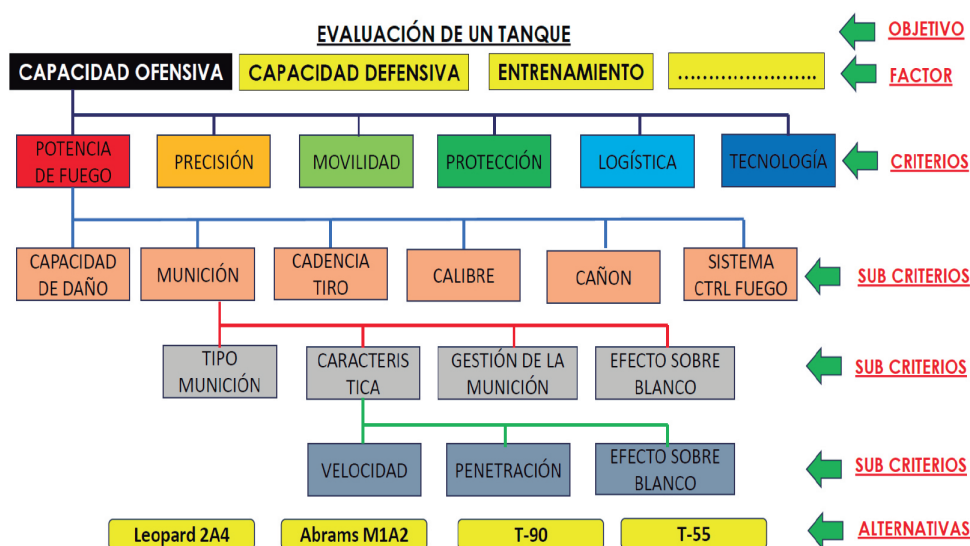
- Objetivo general: Determinar el Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC) de una unidad militar (en este caso, batallones de tanques).
- Criterios de evaluación: Se consideró un conjunto amplio de factores que influyen en la capacidad de combate. Para efectos ilustrativos, se emplearon seis criterios principales: Potencia de Fuego (*ej.: capacidad de daño, tipo de munición, cadencia de tiro, precisión*), Precisión (considerada como la probabilidad de impacto efectivo), Movilidad (*velocidad, autonomía, capacidad de cruce de obstáculos*), Protección (*nivel de blindaje y sistemas de defensa activos/pasivos*), Logística (*disponibilidad de repuestos, facilidad de mantenimiento*) y Tecnología (*sistemas avanzados de control de fuego, visión nocturna, interconectividad*). Cada criterio se desglosa a su vez en subcriterios específicos, lo que permite una evaluación detallada y granular de las capacidades de combate de cada alternativa considerada.

- Alternativas evaluadas: Se analizaron cuatro modelos de tanques de batalla principales: Leopard 2A4, Abrams M1A2, T-90 y T-55, los cuales representan distintas generaciones tecnológicas y capacidades operativas. Estos sistemas de armas fueron seleccionados por su relevancia en el contexto regional y para reflejar una mezcla de tecnologías modernas y obsoletas.

En la Figura 1 se presenta el modelo jerárquico propuesto, donde se visualizan el objetivo, los criterios y las alternativas mencionadas. Este diagrama identifica los criterios clave que influyen en la decisión, incluyendo factores cuantitativos (p. ej., número de tanques, cantidad de personal, capacidad logística, presupuesto militar) y cualitativos (p. ej., nivel de entrenamiento, moral y cohesión de la tropa, eficiencia en inteligencia militar). Cada criterio fue ponderado mediante comparaciones pareadas usando la escala de Saaty, generando matrices de evaluación que reflejan la importancia relativa de cada factor en relación con el objetivo general.

Figura 1

Modelo jerárquico del Factor a analizar.



Nota. El gráfico identifica los criterios claves que influyen en la decisión. Estos pueden ser tanto cuantitativos (número de tanques, personal, capacidad logística, presupuesto militar, etc.) como cualitativos (entrenamiento militar, moral y cohesión, inteligencia, etc.).

Cabe resaltar que la evaluación de tanques presentada en este apartado tiene únicamente una finalidad ilustrativa. Estos modelos de sistemas de armas fueron seleccionados como unidad de ejemplo para validar el procedimiento metodológico propuesto, el cual está diseñado para ser

aplicado a cualquier otro tipo de unidad militar. La metodología es completamente adaptable a fuerzas de infantería, artillería, caballería, unidades aéreas o especiales, permitiendo determinar coeficientes de fuerza específicos para cada configuración doctrinaria y tecnológica, con el fin de calcular la Potencia Combativa Relativa en distintos escenarios.

Como ejemplo del proceso, en la Tabla 1 se muestra la matriz de comparación por pares correspondiente al criterio “Potencia de Fuego”. Esta tabla recoge los juicios de expertos al comparar la potencia de fuego de cada par de tanques.

Tabla 1.

Matriz de comparación pareada para el criterio “Potencia de Fuego”.

Potencia de Fuego	Leopard 2A4	Abrams M1A2	T-90	T-55
Leopard 2A4	1	3	5	9
Abrams M1A2	1/3	1	4	8
T-90	1/5	1/4	1	7
T-55	1/9	1/8	1/7	1

Nota: La tabla refleja los juicios comparativos, donde, por ejemplo, el Leopard 2A4 muestra una clara superioridad sobre el T-55 (valor 9) y una ventaja moderada sobre el Abrams M1A2 (valor 3).

A partir de las matrices comparativas, se calcularon los pesos normalizados por criterio. En “Potencia de Fuego”, el Leopard 2A4 obtuvo el mayor peso (~54 %), seguido del Abrams M1A2 (~29 %), el T-90 (~14 %) y el T-55 (~4 %), reflejando la superioridad de los tanques más modernos. Este procedimiento se repitió para los demás criterios, integrando finalmente los pesos para determinar la capacidad combativa global de cada tanque.

Tabla 2

Matriz de comparación pareada normalizada del criterio “Potencia de Fuego”.

Elementos	Leopard 2A4	Abrams M1A2	T-90	T-55	Total	Factor P.F.
Leopard 2A4	0.608	0.686	0.493	0.360	2.147	0.537
Abrams M1A2	0.203	0.229	0.394	0.320	1.146	0.286
T-90	0.122	0.057	0.099	0.280	0.557	0.139
T-55	0.068	0.029	0.014	0.040	0.150	0.038
Total	1.000	1.000	1.000	1.000	4.000	1.000

Nota. Se determina los pesos dividiendo los valores de la matriz de comparación para determinar el factor potencia de fuegos.

La Tabla 3 resume los pesos totales por tanque, evidenciando que el Abrams M1A2 y el Leopard 2A4 obtienen las puntuaciones globales más altas, superando ampliamente al T-90 y al T-55. Esto confirma la superioridad tecnológica y operativa de los modelos occidentales modernos, lo que será validado cuantitativamente mediante los coeficientes de capacidad combativa.

Tabla 3
Matriz de comparación pareada normalizada por Factores.

Tanque	Peso Capacidad Ofensiva						Factor	
	Potencia de Fuego	Precisión	Protección	Movilidad	Logística	Tecnología	Peso Total	Capacidad Ofensiva
Leopard 2A4	0.54	0.47	0.30	0.40	0.28	0.31	2.30	0.383
Abrams M1A2	0.29	0.32	0.40	0.30	0.35	0.38	2.04	0.339
T-90	0.14	0.15	0.20	0.20	0.22	0.24	1.15	0.192
T-55	0.04	0.06	0.10	0.10	0.15	0.07	0.52	0.086
Tanque	Leopard 2A4		Abrams M1A2		T-90		T-55	
Factor								
Capacidad Ofensiva	0.383		0.339		0.192		0.086	

Nota. Los valores parciales obtenidos en las comparaciones por pares muestran que el Leopard 2A4 alcanza la mayor puntuación en el factor “Capacidad Ofensiva”, confirmando su ventaja sobre las demás unidades evaluadas.

Aplicación de la Ley del Cuadrado de Lanchester

Las ecuaciones de Lanchester describen matemáticamente la evolución del poder de combate entre fuerzas oponentes, considerando la tasa de desgaste en combate. Como señala Zanella (2012), “el análisis del poder de combate debe incorporar modelos teóricos que permitan cuantificar la relación de fuerzas en el campo de batalla” (p. 10). Por ello, esta metodología integró la Ley del Cuadrado de Lanchester como complemento al AHP, aplicándola en tres etapas clave.

- Cálculo de la fuerza equivalente de cada unidad:** Utilizando la fórmula de Lanchester, se estimó la eficacia relativa de cada unidad considerando variables como letalidad (tasa de fuego, calibre, alcance) y supervivencia (blindaje, protección), determinando así la tasa de desgaste en el combate entre fuerzas enfrentadas.
- Integración con el modelo AHP:** Los coeficientes de fuerza calculados mediante Lanchester se ajustaron con los resultados del AHP. Así, los CCC derivados del análisis multicriterio se utilizaron como insumos en la ecuación de Lanchester, generando coeficientes de fuerza equivalentes (CFE) que cuantifican cuántas unidades de un tipo igualan el poder de combate de otras en escenarios simulados.
- Comparación de unidades y validación de resultados:** Se compararon las capacidades combativas de las unidades en distintos escenarios operacionales, ajustando las proporciones de fuerzas y los pesos de los factores según los objetivos estratégicos. Las ecuaciones de Lanchester permitieron validar las relaciones de fuerza calculadas por el AHP, determinando de forma tangible el coeficiente de fuerza equivalente de cada unidad.

En síntesis, la combinación de Lanchester y AHP permitió traducir los resultados del análisis multicriterio en valores numéricos de equivalencia de combate. La aplicación del modelo mostró que un Leopard 2A4 o Abrams M1A2 equivale aproximadamente a tres T-55, confirmando la superioridad tecnológica de los tanques modernos. Esta validación cruzada fortalece la confiabilidad del método, al demostrar que las conclusiones del AHP se sostienen bajo un modelo matemático probado en el ámbito militar.

Tabla 4

Matriz de aplicación de ecuaciones Lanchester para obtener el coeficiente de fuerza equivalente.

	Leopard 2A4	Abrams M1A2	T-90	T-55
CCC	0.714	0.774	0.536	0.244
CANT TQS	44.00	44.00	35.00	35.00
VALOR BTQ	31.40	34.08	18.75	8.53

Nota. Las ecuaciones de Lanchester son fundamentales para comprender el desarrollo de modelos matemáticos para el combate.

Procedimiento de Evaluación

Siguiendo la metodología propuesta, el procedimiento para evaluar la Potencia Combativa Relativa (PCR) de una fuerza militar se resume en los siguientes pasos operativos:

- a. Definir el escenario de combate: descripción del contexto operacional, tipo de unidades enfrentadas, misiones y condiciones (terreno, apoyo aéreo, etc.).
- b. Asignar ponderaciones a los criterios clave: establecer, mediante juicio experto, la importancia relativa de cada criterio de evaluación según la misión (por ejemplo, en una defensa territorial la protección podría pesar más que la movilidad).
- c. Comparar las alternativas (unidades) con matrices de juicio de valor: realizar las comparaciones pareadas para todos los criterios y subcriterios, obteniendo las matrices AHP correspondientes.
- d. Calcular los coeficientes de capacidad combativa (CCC): aplicar el AHP para derivar el CCC de cada alternativa, a partir de las matrices desarrolladas en el paso anterior.
- e. Validar los resultados con las ecuaciones de Lanchester: emplear el modelo de Lanchester para traducir los CCC en equivalencias de fuerza, obteniendo así los Coeficientes de Fuerza Equivalente (CFE) que complementan la interpretación de la PCR.
- f. Interpretar los resultados y generar conclusiones operativas: analizar los CCC y CFE obtenidos para extraer implicancias prácticas (qué unidad es más efectiva, cuántas unidades de cierto tipo se requieren para equilibrar a otra, etc.) y así fundamentar recomendaciones tácticas o estratégicas.

Este procedimiento estructurado garantiza que la evaluación de la PCR sea rigurosa, transparente y reproducible, facilitando su adopción en estudios operacionales y juegos de guerra aplicados a la realidad del Ejército del Perú.

Ventajas y Limitaciones del Método

Ventajas: La metodología propuesta aporta objetividad al combinar el AHP con las ecuaciones de Lanchester, ofreciendo un análisis estructurado basado en datos cuantitativos. Además, es flexible, adaptable a diferentes tipos de unidades y escenarios tácticos mediante la modificación de criterios y ponderaciones. Su principal fortaleza radica en integrar factores cualitativos y cuantitativos, permitiendo una evaluación integral del poder de combate que abarca dimensiones tecnológicas, logísticas, humanas y doctrinarias, más allá del simple conteo de efectivos.

Limitaciones: El método requiere datos detallados sobre el desempeño de sistemas de armas, cuya disponibilidad puede ser limitada o sensible. Además, la asignación de pesos

en el AHP conlleva cierto grado de subjetividad, dado que los juicios expertos pueden reflejar sesgos personales o doctrinales. Finalmente, el modelo carece de validación empírica amplia en escenarios operacionales recientes, por lo que se recomienda su aplicación con cautela y la realización de estudios adicionales para corroborar sus resultados.

Resultados

Esta sección presenta los resultados obtenidos tras la aplicación del modelo híbrido que integra el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y las ecuaciones de Lanchester para estimar la Potencia Combativa Relativa (PCR) de unidades blindadas del Ejército del Perú. Se realizó primero una evaluación cuantitativa mediante AHP, seguida de un análisis cuantitativo con las ecuaciones de Lanchester. Cada resultado se acompaña de una interpretación crítica y operacionalmente relevante.

Evaluación del poder de combate mediante AHP

Se aplicó el método AHP con una matriz de comparación por pares para ponderar criterios clave (potencia de fuego, precisión, protección, movilidad, logística, tecnología, comando y control) evaluando cuatro modelos de tanques: Abrams M1A2, Leopard 2A4, T-90 y T-55. Se obtuvo un Índice de Consistencia (CI) de 0.04 y una Razón de Consistencia (CR) de 0.03, ambos dentro de valores aceptables según Saaty (1980), lo que valida matemáticamente las ponderaciones asignadas.

Tabla 5.

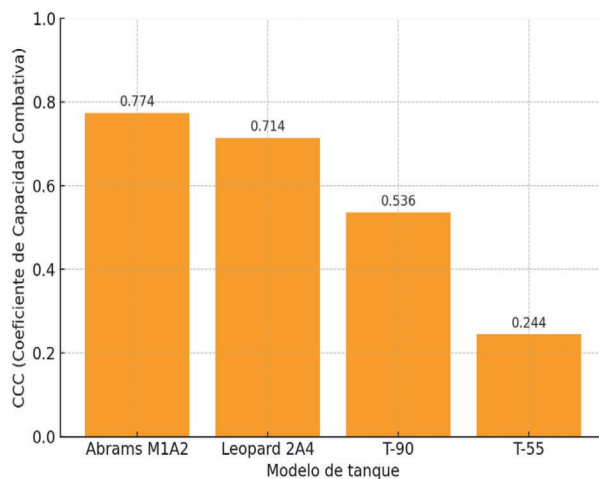
Contribución normalizada de cada factor al Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC) por tanque

Tanque	Cap. Ofensiva	Cap. Defensiva	Entrenamiento	Equipamiento	C2	CCC (Total)
Abrams M1A2	0.168	0.161	0.198	0.198	0.050	0.774
Leopard 2A4	0.190	0.128	0.149	0.198	0.050	0.714
T-90	0.095	0.129	0.099	0.163	0.050	0.536
T-55	0.043	0.029	0.089	0.034	0.050	0.244

Nota: La Tabla 5 revela una clara superioridad del Abrams M1A2 (0.774) y el Leopard 2A4 (0.714) frente al T-90 (0.536) y al T-55 (0.244). Esto implica una ventaja significativa para fuerzas que operan tanques occidentales modernos, destacando la necesidad urgente de renovación tecnológica del parque blindado nacional del Ejército del Perú. Específicamente, un Abrams o Leopard equivale a aproximadamente tres unidades T-55, demostrando claramente el impacto crítico del desarrollo tecnológico en escenarios tácticos reales.

Figura 2.

Coefficientes de Capacidad Combativa (CCC)

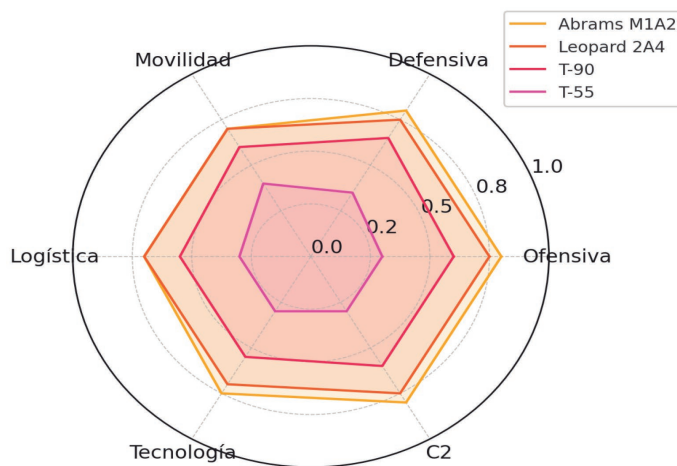


Interpretación de la figura:

La Figura 2 visualiza los CCC de manera clara y cuantitativa, mostrando la significativa ventaja operativa de los tanques modernos (Abrams M1A2 y Leopard 2A4). La superioridad tecnológica de estos tanques se traduce en una ventaja táctica decisiva en escenarios de combate blindado moderno, alineándose con las tendencias internacionales y recientes experiencias en conflictos contemporáneos.

Figura 3.

Perfil radar de desempeño por criterio



Interpretación de la figura:

La Figura 3 revela las capacidades específicas por criterio de cada tanque evaluado. Se observa que el Abrams M1A2 y el Leopard 2A4 sobresalen significativamente en potencia de fuego, protección y tecnología. Estos resultados permiten identificar claramente las áreas críticas que generan una ventaja sustancial en combates modernos y reafirman la necesidad estratégica de inversiones tecnológicas en plataformas blindadas.

Coeficiente de fuerza equivalente mediante las ecuaciones de Lanchester

Con los Coeficientes de Capacidad Combativa (CCC) obtenidos mediante AHP, se aplicó la Ley del Cuadrado de Lanchester para calcular los coeficientes de fuerza equivalente, estimando cuántas unidades de un tipo equilibran la fuerza de otro. Se multiplicó el CCC de cada tanque por el número de unidades en un batallón, obteniendo así el valor combativo total por batallón. La Tabla 6 resume estos resultados, mostrando el CCC individual, la cantidad de tanques por batallón y el coeficiente de fuerza equivalente.

Tabla 6.

Coeficiente de fuerza equivalente por tipo de tanque, calculado a nivel de batallón.

Tanque	CCC (por tanque)	Cantidad de tanques (batallón)	Valor combativo del batallón
Abrams M1A2	0.774	44	34.08
Leopard 2A4	0.714	44	31.40
T-90	0.536	35	18.75
T-55	0.244	35	8.53

Nota: Se consideró un batallón estándar compuesto por 44 tanques en modelos occidentales y 35 tanques en modelos rusos, conforme a sus organizaciones típicas. El valor combativo total del batallón se calculó multiplicando el CCC individual por la cantidad de tanques en la unidad.

Los resultados muestran que un batallón de Abrams M1A2 (34.08 puntos) posee aproximadamente cuatro veces la potencia de combate de un batallón T-55 (8.53 puntos), mientras que el Leopard 2A4 (31.40 puntos) y el T-90 (18.75 puntos) también superan ampliamente al T-55. A nivel individual, un Abrams M1A2 o Leopard 2A4 equivale a unos tres T-55, reafirmando la superioridad tecnológica de los modelos modernos. La aplicación de las ecuaciones de Lanchester permite modelar estas diferencias en términos matemáticos de desgaste, tal como demostraron Chung y Jeong (2023) en el análisis del conflicto Rusia-Ucrania, confirmando la vigencia del modelo para evaluar comparativas de poder en escenarios contemporáneos.

Análisis de sensibilidad mediante escenarios alternativos

Con los coeficientes de fuerza equivalente, se simularon escenarios de enfrentamiento directo para estimar la Potencia Combativa Relativa (PCR) entre fuerzas opuestas. La Tabla 6 mostró que, en condiciones ideales, cuatro batallones de Leopard 2A4 o Abrams M1A2 superan ampliamente a igual número de batallones T-55. Se analizaron dos casos ilustrativos, variando la capacidad operativa de los T-55, para observar el impacto en la relación de fuerzas.

Escenario 1: 4 batallones Leopard 2A4 (100% capacidad operativa) vs. 4 batallones T-55 (60% capacidad operativa):

La fuerza equivalente total de los Leopard 2A4 es 125.58 puntos, mientras que la de los T-55 (mermados al 60% de operatividad) es solamente 20.47 puntos. La relación de fuerzas resultante es 6.134:1 a favor de los Leopard 2A4, lo que significa que en este caso los tanques Leopard son aproximadamente 6.1 veces más efectivos que los T-55 en el combate.

Tabla 7
Matriz de Potencia Combativa Relativa (PCR).

<i>Cantidad</i>	<i>Capacidad Operativa</i>	<i>Tipo</i>	<i>Fuerza Equivalente</i>	<i>Total</i>
4	100%	Leopard 2A4	31.40	125.58
EQUIVALENCIA DE FUERZA ENEMIGA				6.134:1
4	60%	T-55	8.53	20.47
EQUIVALENCIA DE FUERZA AMIGA				0.163:1

Nota: PCR: 6.134:1 (favor Leopard 2A4). Este escenario revela que, con baja operatividad del T-55, la brecha tecnológica y operativa se incrementa dramáticamente, limitando severamente las capacidades defensivas nacionales.

Escenario 2: 4 batallones Leopard 2A4 (100%) vs. 4 batallones T-55 (90% capacidad operativa).

La fuerza equivalente de los Leopard 2A4 se mantiene en 125.58 puntos, mientras que la de los T-55 aumenta a 30.71 al mejorar su estado operativo. La relación de fuerzas se reduce a 4.090:1, indicando que, aunque la brecha disminuye (los T-55 rinden más cerca de su máximo potencial), los Leopard 2A4 aún conservan una clara superioridad (4 veces más poder de combate).

Tabla 8

Matriz de Potencia Combativa Relativa (PCR).

<i>Cantidad</i>	<i>Capacidad Operativa</i>	<i>Tipo</i>	<i>Fuerza Equivalente</i>	<i>Total</i>
4	100%	Leopard 2A4	31.40	125.58
EQUIVALENCIA DE FUERZA ENEMIGA				4.090:1
4	90%	T-55	8.53	30.71
EQUIVALENCIA DE FUERZA AMIGA				0.245:1

Nota: PCR: 4.090:1 (favor Leopard 2A4). Mejorando considerablemente la operatividad del T-55, aún se mantiene una clara ventaja (4:1) para los tanques Leopard, lo cual enfatiza nuevamente que ni siquiera altos niveles de operatividad compensan plenamente la inferioridad tecnológica.

Escenario 3: Impacto de la degradación logística en Leopard 2A4 (50%) vs. T-55 (100%)

Tabla 9

Matriz de Potencia Combativa Relativa (PCR).

<i>Cantidad</i>	<i>Capacidad Operativa</i>	<i>Tipo</i>	<i>Fuerza Equivalente</i>	<i>Total</i>
4	50%	Leopard 2A4	31.40	62.79
EQUIVALENCIA DE FUERZA ENEMIGA				1.840:1
4	100%	T-55	8.53	34.12
EQUIVALENCIA DE FUERZA AMIGA				0.543:1

Nota: Este escenario muestra que una degradación logística severa (50%) reduce considerablemente la ventaja tecnológica original del Leopard 2A4. Aun así, la fuerza equipada con Leopard mantiene una superioridad de 1.84:1, indicando que incluso con logística deficiente, un tanque moderno como el Leopard 2A4 aún posee una ventaja considerable sobre tanques obsoletos como el T-55 en pleno rendimiento operacional.

Este resultado enfatiza claramente dos aspectos críticos para el Ejército del Perú:

La importancia estratégica de mantener un soporte logístico robusto para aprovechar plenamente la superioridad tecnológica.

La necesidad urgente de renovar unidades obsoletas, dado que ni siquiera la operatividad plena del T-55 compensa la brecha tecnológica frente a plataformas modernas, incluso en escenarios logísticos degradados.

Interpretación doctrinaria:

Estos escenarios validan la necesidad estratégica urgente de actualizar doctrinas y procedimientos logísticos, operativos y tecnológicos del Ejército del Perú, subrayando que mantener unidades obsoletas genera vulnerabilidades críticas. El modelo híbrido AHP-Lanchester brinda herramientas precisas para apoyar decisiones informadas en procesos de planeamiento y adquisición de capacidades militares. Asimismo, ayuda a optimizar recursos y respaldar decisiones estratégicas, alineándose con enfoques actuales aplicados a conflictos reales (Chung y Jeong, 2024; Kostić y Jovanović, 2023).

Discusión

El análisis realizado confirma que el modelo híbrido AHP-Lanchester permite evaluar robustamente el Coeficiente de Capacidad Combativa (CCC). Los resultados muestran claramente la superioridad tecnológica y operativa del Abrams M1A2 (0.774) y Leopard 2A4 (0.714) frente al T-90 (0.536) y T-55 (0.244). Esto tiene implicancias estratégicas importantes, destacando la necesidad urgente de renovar tecnológicamente el parque blindado del Ejército del Perú.

Cabe precisar que la comparación entre modelos de tanques se presenta únicamente como un ejemplo de aplicación del modelo híbrido. Lo central no es el resultado específico entre estas plataformas, sino demostrar que el método propuesto permite asignar coeficientes reales, replicables y doctrinarios a cualquier tipo de unidad militar. Este enfoque sustituye estimaciones empíricas sin sustento técnico por cálculos estructurados, elevando así el rigor metodológico de los juegos de guerra, los análisis comparativos y el planeamiento de capacidades del Ejército del Perú.

La jerarquización obtenida mediante AHP consideró criterios clave: potencia de fuego, movilidad, protección, logística, tecnología y precisión. El perfil radar (Figura 2) refleja el desempeño superior de tanques modernos en la mayoría de los factores. Aunque el T-55 mostró cierta ventaja logística por su simplicidad operacional, esta resulta insuficiente frente a sus carencias críticas en protección, precisión y tecnología.

El uso de la Ley del Cuadrado de Lanchester permitió traducir estos resultados en relaciones numéricas claras, ofreciendo ventajas respecto al enfoque simplificado del PMTD (Dávila, 2021). Este modelo híbrido permite evaluaciones dinámicas e integrales, combinando criterios técnicos y operacionales en una visión más realista y aplicable al contexto estratégico nacional.

Investigaciones recientes (Chung y Jeong, 2023; Kostić et al., 2023) validan la relevancia del enfoque adoptado, confirmando que la combinación de modelos matemáticos y juicio experto es crucial en análisis militares contemporáneos.

Un aspecto relevante es la necesidad explícita de incluir factores intangibles como moral, liderazgo y cohesión, cuya influencia operativa está bien documentada (Șerban, 2024). Futuros estudios deberían desarrollar submatrices AHP específicas para estos factores humanos, ajustando así los CCC a la realidad cultural de las tropas.

Entre las limitaciones prácticas destacan la dependencia del juicio experto, la necesidad constante de actualizar coeficientes según cambios tecnológicos y doctrinarios, y la disponibilidad limitada de datos operativos reales. Se recomienda desarrollar protocolos específicos para la recopilación continua de información estratégica.

Finalmente, en cuanto a la adaptación del modelo para escenarios específicos como guerra híbrida o defensa interna, se recomienda explícitamente incorporar criterios operacionales adicionales relacionados con operaciones psicológicas, apoyo civil-militar, guerra cibernética y capacidades de inteligencia táctica y estratégica. Estos elementos deben integrarse mediante ponderaciones adaptadas dentro del AHP, permitiendo una evaluación integral que refleje con precisión las prioridades y amenazas específicas del contexto nacional actual.

En resumen, la aplicación narrativa de este método híbrido AHP–Lanchester puede optimizar sustancialmente la asignación de recursos estratégicos del Ejército del Perú, identificando claramente fortalezas y vulnerabilidades específicas de sus unidades. Dada su utilidad operativa demostrada, se recomienda institucionalizar formalmente este enfoque dentro de los procedimientos doctrinarios del Ejército, utilizándolo como herramienta estándar para análisis prospectivos, planificación estratégica y evaluación comparativa entre distintos tipos de fuerzas (infantería, artillería, fuerzas especiales), así como en contextos variados como defensa convencional, conflictos híbridos o operaciones de defensa interna.

Referencias

- Algirdas, J., & Kostić, M. (2023). Modeling combat scenarios with heterogeneous forces: An extended Lanchester approach. *Defence Science Journal*, 73(2), 121–136.
- Cioancă, F.-I. (2019). Combat power determination methods for tactic level military structures. *Buletinul Universității Naționale de Apărare „Carol I”*, 6(2), 7–14. <https://revista.unap.ro/index.php/revista/article/view/633>
- Cioancă, C. (2019). Mathematical models for combat power estimation: Applications of Lanchester’s laws in modern warfare. *Revista Militară*, (1), 5–12.
- Chung, D., & Jeong, H. (2023). Application of Lanchester models in the Russo-Ukrainian conflict: Implications for modern combat modeling. *Journal of Military Operations Research*, 58(1), 33–45.
- Chung, D., & Jeong, B. (2024). Analyzing Russia–Ukraine war patterns based on Lanchester model using SINDy algorithm. *Mathematics*, 12(6), 851. <https://doi.org/10.3390/math12060851>
- Dávila Quesada, R. F. (2021). *Análisis de la potencia combativa relativa en el proceso militar de toma de decisiones en el Ejército* [Tesis de maestría, Escuela Superior de Guerra del Ejército – Escuela de Postgrado]. Repositorio ESGE. <http://repositorio.esge.edu.pe/handle/20.500.14141/697>
- Escuela Superior de Guerra del Ejército del Perú. (2020). *Manual de planeamiento operativo nivel táctico*. ESGE.
- Frederick W. Lanchester. (1916). *Aircraft in warfare: The dawn of the fourth arm*. Constable & Company.
- Kostić, M. S., Jovanović, A. D., & Kovač, M. V. (2023). Modeling of combat operations. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 71(3), 529–558. <https://doi.org/10.5937/vojtehg71-43509>
- Lee, J., & Lee, H. (2014). Boolean search techniques and relevance in military strategic analysis. *Information Science Quarterly*, 36(2), 95–110.
- Osorio, L. A., & Orejuela, J. F. (2008). El proceso de análisis jerárquico como herramienta para la toma de decisiones multicriterio. *Revista Universidad EAFIT*, 44(151), 243–256.
- Șerban, C. (2024). Weapon system selection for capability-based defense planning using Lanchester models integrated with fuzzy MCDM in computer assisted military experiment. *Knowledge and Decision Systems with Applications*, 1, 11–23. <https://doi.org/10.59543/kadsa.v1i.13601>
- Thomas L. Saaty. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.

- Torres Orhanovic, C. (2016). Modelos para la estimación de la correlación de fuerzas: Aplicaciones tácticas y estratégicas. *Revista de Estudios Militares*, 15(2), 55–72.
- Wang, X., & Sol, H. G. (2021). Integrating AHP with Lanchester models for strategic military decision-making. *Defence and Peace Economics*, 32(5), 487–504.
- Zanella, A. (2012). Correlación de fuerzas: Doctrina, aplicación y límites en el planeamiento operacional. *Cuadernos de Estrategia Militar*, (17), 9–24.