

INSTITUTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DEL EJÉRCITO
ESCUELA DE POSGRADO
GRAL. DIV. EDGARDO MERCADO JARRÍN



TESIS:

Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025.

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

Doctor en Gestión y Desarrollo

PRESENTADO POR:

Mg. Viktor Daniel Preciado Rojas (ORCID: 0009-0002-3092-2471)

ASESOR:

Dr. Sonia Lidia Romero Vela (ORCID: 0000-0002-9403-410X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Investigación, innovación y transferencia de tecnológica

Lima, diciembre del 2025

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
LISTA DE ACRÓNIMOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Tema de investigación	1
1.2. Objeto de estudio	1
1.3. Motivación para proponer nuevos factores críticos de éxito	2
1.4. Relevancia de la gestión de proyectos de investigación y desarrollo.....	3
1.5. Planteamiento del problema	4
1.6. Propuesta de investigación	4
1.7. Resultados esperados	5
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
2.1. Formulación del problema.....	6
2.1.1. Contexto organizacional y modelo de negocio	6
2.1.2. Descripción de las necesidades y limitaciones.....	6
2.1.3. Identificación del problema y oportunidades de mejora.....	6
2.1.4. Análisis causa – efecto.....	8
2.1.5. Identificación de los usuarios involucrados en el problema y sus expectativas	10
2.1.6. Mapa de procesos e identificación del proceso involucrado.....	12
2.1.7. Oportunidades y soluciones	14
2.1.8. Criterios de selección de solución	16
2.1.9. Diagrama del proceso mejorado.....	18
2.2. Objetivos de la investigación.....	21
2.2.1. Objetivo general	21
2.2.2. Objetivos específicos.....	21

2.3.	Hipótesis de la investigación.....	22
2.3.1.	Hipótesis general.....	22
2.3.2.	Hipótesis específicas.....	22
2.4.	Justificación	22
2.5.	Aportes.....	25
	CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE.....	28
	CAPÍTULO IV MARCO TEÓRICO.....	35
4.1	Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa.....	35
4.2	Metodología Híbrida AHP + TOPSIS.....	44
1.2.	Marco legal	49
	CAPÍTULO V DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	52
5.1.	Metodología	52
5.1.1.	Metodología de la investigación	52
5.1.2.	Población y muestra.....	53
5.1.3.	Validación de instrumentos	53
5.2.	Operacionalización de las variables.....	55
5.3.	Desarrollo de la propuesta	56
5.3.1.	FASE 0: Identificación documental de los FCE	57
5.3.2.	FASE 1: Pretest.....	58
5.3.3.	FASE 2: Intervención con Metodología Híbrida AHP + TOPSIS	59
	2A Aplicación del AHP.....	59
	2B Aplicación del TOPSIS.....	60
5.3.4.	FASE 3: Postest	61
5.3.4.1.	Diseño Pretest–Postest, intervención metodológica e instrumento de medición	62
5.3.4.2.	Control de amenazas a la validez interna	64
5.3.5.	FASE 4: Análisis comparativo y validación.....	65
	CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	66
6.1	Resultados de la Fase 0 - Identificación documental de los FCE.....	66
6.1.1	Identificación de los FCE preliminares	66

6.1.2	Resultados de la validación de contenido por juicio de expertos	73
6.2	Resultados de la Fase 1 – Pretest.....	79
6.3	Resultados de la Fase 2 - Intervención con Metodología Híbrida AHP + TOPSIS	83
6.3.1	2A Aplicación del AHP.....	83
6.3.2	2A Aplicación de TOPSIS.....	88
6.4	Resultados de la Fase 3 - Postest.....	92
6.5	Resultados de la Fase 4 - Análisis comparativo y validación	97
6.6	Análisis inferencial.....	103
6.7	Discusión de resultados	108
	CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
7.1	Conclusiones.....	113
7.2	Recomendaciones.....	114
	REFERENCIAS	116
	ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de Ishikawa para FCE en I+D Defensa.....	9
Figura 2	Mapa de procesos e identificación de cuellos de botella.....	13
Figura 3	Diagrama Mapa de Procesos Mejorado con MET-FCE Defensa	19
Figura 4	Esquema del desarrollo de propuesta	57
Figura 5	Fase cero (0) de la propuesta	58
Figura 6	Fase uno (01) de la propuesta	59
Figura 7	Fase dos (02) de la propuesta.....	60
Figura 8	Fase tres (03) de la propuesta	62
Figura 9		65
Figura 10	Tendencia de la valoración del los FCE	80
Figura 11	Orden de los FCE según puntuación.....	81
Figura 12	Matriz de correlación entre expertos	82
Figura 13	Distribución de frecuencias de valoraciones	83
Figura 14	Ranking visual de los FCE según su peso AHP	87
Figura 15	Prioridad de los FCE según TOPSIS.....	92
Figura 16	Visualización del análisis del postets.....	96
Figura 17	Impacto de la metodología hibrida.....	96
Figura 18	Top 5 FCE con mayor aumento tras la intervención.....	97
Figura 19	Top 5 FCE con mayor disminución tras la intervención.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Resumen de expectativas principales.....	11
Tabla 2	Leyenda del Proceso	14
Tabla 3	Soluciones MET-FCE Defensa vs. Problemática.....	15
Tabla 4	Evaluación Comparativa de Metodologías Multicriterio.....	17
Tabla 5	Comparativa de Metodologías Multicriterio para I+D en Defensa	18
Tabla 6	Comparativa: Proceso Tradicional vs. Mejorado.....	21
Tabla 7	Comparación con Soluciones Existentes	26
Tabla 8	Representación de la operacionalización de variables	55
Tabla 9	Control de amenazas a la validez interna	64
Tabla 10	Lista preliminar de FCE.....	66
Tabla 11	Validación de contenido por juicio de expertos	75
Tabla 12	Análisis y comentarios de la validación de contenido por juicio de expertos	77
Tabla 13		78
Tabla 14		86
Tabla 15	Matriz/FCE priorizados utilizando TOPSIS	90
Tabla 16	Análisis del proceso de posttest.....	94
Tabla 17	Análisis comparativo y validación.....	99
Tabla 18	Evidencias de validación y aplicabilidad de la metodología MET-FCE Defensa.....	102
Tabla 19	Resultados de la Prueba de Wilcoxon – Comparación Pretest vs. Posttest	104
Tabla 20	Validez y concordancia entre expertos	105
Tabla 21	Pesos AHP y mediana Pretest–Posttest (principales FCE)	106
Tabla 22	Priorización TOPSIS Pretest–Posttest (principales FCE)	107

LISTA DE ACRÓNIMOS

AHP:	Proceso Analítico Jerárquico
TOPSIS:	Técnica de Orden de Preferencia por Similitud a la Solución Ideal
FCE:	Factores Críticos de Éxito
MCDM:	Multi-Criteria Decision Making (Toma de Decisiones Multicriterio)
PEI:	Plan Estratégico Institucional
POI:	Plan Operativo Institucional
SINAGERD:	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
ISA:	Identified Security Attributes (Atributos de Seguridad Identificados)

RESUMEN

La gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el sector defensa enfrenta desafíos crecientes debido a la complejidad tecnológica, la presión por resultados estratégicos y la necesidad de optimizar recursos en un entorno altamente sensible. Sin embargo, pese a la importancia de estos proyectos, no existe en el contexto peruano un modelo sistemático que permita identificar, jerarquizar y priorizar los Factores Críticos de Éxito (FCE) que determinan su desempeño. Ante esta brecha, la presente investigación propone, desarrolla y valida la metodología híbrida MET-FCE Defensa, basada en la integración de los métodos multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) y TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), con el propósito de fortalecer la toma de decisiones estratégicas en proyectos de I+D del sector defensa.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo aplicado, combinando revisión documental, validación por juicio experto y análisis multicriterio en cuatro fases: identificación de FCE, pretest, intervención metodológica y posttest. En la fase inicial se consolidó una lista de factores a partir de literatura especializada y documentos institucionales, la cual fue validada mediante la técnica de expertos, alcanzando una alta coherencia y pertinencia contextual. Posteriormente, el método AHP permitió jerarquizar los FCE con rigor matemático y niveles aceptables de consistencia ($CI < 0.10$), destacándose como factores prioritarios el liderazgo institucional, la gestión del conocimiento, la infraestructura tecnológica, la coordinación interinstitucional y la claridad de objetivos.

La fase de priorización con TOPSIS evidenció cambios significativos entre el pretest y el posttest, mostrando que la metodología híbrida influye positivamente en la percepción de importancia de los FCE. Tras la intervención, factores como la ciberresiliencia, la interoperabilidad tecnológica, la gestión de riesgos y el

monitoreo del desempeño adquirieron mayor relevancia, reflejando una visión más estratégica y actualizada por parte de los expertos. Este hallazgo demuestra la capacidad del modelo para mejorar el consenso y la objetividad en contextos de alta complejidad.

Los resultados permiten concluir que metodología híbrida MET-FCE Defensa constituye una herramienta sólida, replicable y adaptable al entorno del sector defensa peruano, capaz de fortalecer la asignación de recursos, mejorar la alineación estratégica y reducir la subjetividad en la evaluación de proyectos de I+D. Asimismo, la metodología aporta un marco de trabajo flexible que puede integrarse en los instrumentos de planificación institucional y escalar a otros sectores estratégicos del Estado.

En conjunto, esta tesis ofrece una contribución teórica y práctica que responde a una necesidad real del sistema de defensa, proponiendo una metodología que articula evidencia científica, experiencia profesional y herramientas de análisis multicriterio, orientada a mejorar la efectividad, sostenibilidad e impacto de los proyectos de investigación y desarrollo en el Perú.

Palabras clave: Factores Críticos de Éxito, I+D, Defensa, AHP, TOPSIS, MET-FCE, gestión de proyectos, decisión multicriterio.

ABSTRACT

The management of research and development (R&D) projects in the defense sector faces increasing challenges due to technological complexity, strategic demands, and the need to optimize resources within a highly sensitive environment. Despite the strategic importance of these initiatives, the Peruvian context lacks a systematic model for identifying, ranking, and prioritizing the Critical Success Factors (CSFs) that determine project performance. To address this gap, the present research proposes, develops, and validates the hybrid methodology MET-FCE Defense, based on the integration of the multi-criteria decision-making methods AHP (Analytic Hierarchy Process) and TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). The purpose of this methodology is to strengthen strategic decision-making in defense-related R&D projects.

This study adopts an applied quantitative approach, combining documentary review, expert judgment validation, and multi-criteria analysis across four stages: CSF identification, pre-test evaluation, methodological intervention, and post-test assessment. At the initial stage, a consolidated list of CSFs was developed from specialized literature and institutional documents, which was subsequently validated through expert evaluation, ensuring high contextual coherence and relevance. The application of AHP enabled a mathematically rigorous hierarchy of CSFs with acceptable consistency levels ($CI < 0.10$), highlighting leadership support, knowledge management, technological infrastructure, inter-institutional coordination, and clarity of objectives as the most influential factors.

The prioritization stage using TOPSIS revealed significant differences between the pre-test and post-test results, demonstrating that the hybrid methodology positively influences experts' perceptions of the importance of CSFs. After the intervention, factors such as cyber-resilience, technological interoperability, strategic risk management, and performance monitoring gained greater relevance, reflecting a more strategic and updated understanding of project needs. These findings confirm the model's ability to strengthen consensus and objectivity in highly complex environments.

Overall, the results indicate that MET-FCE Defense is a robust, replicable, and adaptable tool for the Peruvian defense sector. It enhances resource allocation, improves strategic alignment, and reduces subjectivity in the evaluation of R&D projects. Moreover, the methodology provides a flexible framework that can be integrated into institutional planning instruments and scaled to other strategic sectors of the State.

This research contributes both theoretically and practically by offering a methodological model that combines scientific evidence, professional experience, and multi-criteria decision-making tools to improve the effectiveness, sustainability, and impact of research and development projects in Peru.

Keywords: Critical Success Factors, R&D, Defense, AHP, TOPSIS, MET-FCE, project management, multi-criteria decision-making.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Tema de investigación

Los proyectos de investigación y desarrollo (I+D) constituyen un componente estratégico para la generación de conocimiento, el desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de las capacidades institucionales. En el sector defensa, su gestión adquiere especial relevancia debido a la complejidad de los sistemas tecnológicos, la evolución de las amenazas y la necesidad de fortalecer las capacidades estratégicas y operacionales vinculadas con la seguridad y la defensa nacional. En este contexto, la presente investigación se orienta a identificar, jerarquizar y priorizar los Factores Críticos de Éxito (FCE) que influyen en la gestión de proyectos de I+D del sector defensa, mediante el desarrollo y validación de la metodología híbrida MET-FCE Defensa, basada en la integración del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la Técnica de Orden de Preferencia por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS). Esta integración metodológica tiene como propósito proporcionar un procedimiento estructurado, objetivo, replicable y contextualizado que contribuya al fortalecimiento de la toma de decisiones en la gestión de proyectos de I+D del sector defensa peruano.

1.2. Objeto de estudio

El objeto de estudio de esta tesis lo constituyen los Factores Críticos de Éxito (FCE) en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el sector defensa. Se pretende identificar, jerarquizar y priorizar estos factores mediante herramientas científicas, específicamente la metodología híbrida MET-FCE Defensa, que integra AHP para la estructuración jerárquica y TOPSIS para la priorización práctica, a fin de que las decisiones de gestión sean más objetivas, alineadas con los requerimientos estratégicos y adaptadas al contexto de defensa nacional.

Los proyectos de I+D son fundamentales para la innovación tecnológica, la competitividad institucional y la seguridad nacional, factores que tienen una

importancia en defensa, dado su carácter estratégico y la necesidad de respuesta a amenazas emergentes. Según las referencias revisadas, se ha demostrado que en un trabajo en conjunto con la universidad e industria los factores de éxito como el liderazgo en la alta dirección, la claridad en los objetivos, la comunicación efectiva y la participación de los actores son determinantes (Fernández et al., 2023). Asimismo, estudios actuales han aplicado AHP y TOPSIS para decisiones multicriterio en contextos de defensa, por ejemplo, en la selección de proveedores aeroespaciales (Rasmussen et al., 2023) y en la evaluación de desempeño estratégico de gerentes (Dagistanli et al., 2023). Estos estudios respaldan la necesidad de una metodología híbrida MET-FCE Defensa que identifique, jerarquice y priorice los Factores Críticos de Éxito en proyectos I+D del sector defensa.

Este estudio permitirá construir un modelo aplicable al sector defensa que sirva de soporte para la toma de decisiones estratégicas mediante la identificación empírica de FCE, su ponderación objetiva y priorización sistemática, minimizando la brecha identificada en la literatura científica.

1.3. Motivación para proponer nuevos factores críticos de éxito

La motivación principal de esta investigación radica en la creciente complejidad de los proyectos de I+D en defensa, los cuales exigen una gestión rigurosa, adaptable y transparente. Las decisiones estratégicas deben sustentarse no solo en experiencia o intuición, sino en análisis metodológicos que integren múltiples criterios, variables clasificadas y factores geopolíticos. Surge así la necesidad de actualizar los FCE que tradicionalmente han guiado estos proyectos, e incorporar nuevos elementos como la ciber resiliencia, la coordinación civil-militar, la gestión del conocimiento y la justificación del gasto público, todos ellos fundamentales en la era de la guerra híbrida y los sistemas inteligentes de defensa.

En este estudio, al integrar dos métodos multicriterio rigurosos como AHP y TOPSIS; los Factores Críticos de Éxitos actualizados permitirán enlazar de forma

transparente la inversión con la superioridad tecnológica, gestionar riesgos en ecosistemas altamente clasificados y encaminar cada iniciativa con las políticas de soberanía e innovación nacionales, proponiendo la posibilidad de ser aplicado en otros sectores estratégicos que enfrenten desafíos comunes.

1.4. Relevancia de la gestión de proyectos de investigación y desarrollo

La gestión de proyectos de Investigación y Desarrollo (GP I+D) se ha consolidado como un factor estratégico para impulsar la innovación y la competitividad, especialmente en sectores de alta tecnología como el de defensa, donde la coordinación precisa, la optimización de recursos y el cumplimiento de plazos resultan cruciales para alcanzar objetivos de seguridad nacional. A nivel internacional, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) representa un porcentaje del producto interno bruto (PIB) del mundo, por lo que es medular gestionar marcos de administración efectivos que incrementen la efectividad de dichos recursos (Masuda et al., 2022).

En las referencias revisadas con respecto a los factores críticos de éxito (FCE) en proyectos de I+D se muestra un giro hacia una perspectiva más completa, integrando dimensiones técnicas, humanas y organizacionales. En los estudios actuales, se destaca que, además de una sólida planificación y una comunicación efectiva, competencias como la creatividad, la capacidad de liderazgo adaptativo y la estructura organizacional ágil son preponderantes para el desarrollo de los proyectos (Szczepańska y Gatnar, 2022). De igual manera, en sectores especializados como en el ámbito de la defensa, componentes como el respaldo institucional, el acceso de infraestructura tecnológica y una cultura organizacional orientada a la innovación se identifican como elementos principales para enfrentar los desafíos propios de estos proyectos (Ugonna et al., 2021). Este punto de vista integral muestra un acuerdo progresivo en que el éxito en la gestión de investigación y desarrollo se basa en la articulación y gestión efectiva de elementos humanos, técnicos y del entorno (Butarbutar, 2023).

1.5. Planteamiento del problema

Los procesos de gestión de proyectos de investigación y desarrollo en el sector defensa se presentan como un reto importante a afrontar particularmente por lo operacionalmente complejo, al mismo tiempo es importante mencionar que no se cuenta con un método sistemático para identificar y jerarquizar los Factores Críticos de Éxito (FCE). Investigaciones recientes indican que la complejidad inherente a los proyectos de defensa produce relaciones interdependientes y peligros que demandan enfoques multicriterio sólidos para realizar decisiones (Rezende et al., 2022). Estudios prácticos en iniciativas militares también muestran que factores como la definición de metas, la implicación del cliente y la envergadura/enfoque del proyecto afectan la realización de beneficios concretos (Berg y Ritschel, 2023). Ante esta situación, se sugiere crear y confirmar la metodología híbrida MET-FCE Defensa, cuyo objetivo será incorporar AHP para la organización y ponderación jerárquica y TOPSIS para la priorización efectiva. Esto con el objetivo de ofrecer un esquema replicable y verificable que oriente la toma de decisiones en proyectos de investigación y desarrollo del ámbito defensivo.

Las evaluaciones y usos recientes de TOPSIS junto con enfoques híbridos AHP–TOPSIS evidencian que la fusión proporciona claridad, acuerdo de expertos y una priorización que se puede replicar en situaciones con diversos criterios. (Pandey et al., 2023; Bhuiyan et al., 2023).

1.6. Propuesta de investigación

El presente estudio, tiene como objetivo identificar, jerarquizar y validar nuevos Factores Críticos de Éxito (FCE) específicos para la Gestión de Proyectos de I+D en el sector de defensa. Como consecuencia de satisfacer la **necesidad metodológica** de mejorar la coordinación entre instituciones, la distribución eficaz de recursos y la adaptación a los avances tecnológicos. El estudio y su posterior propuesta se basan en un análisis a detalle de las referencias y una exhaustiva valoración de prácticas modernas en la gestión de proyectos. En este contexto, el

propósito de la investigación es proporcionar una herramienta metodológica que permita identificar, jerarquizar y priorizar los FCE mediante la integración de los métodos multicriterio AHP y TOPSIS.

Sobre la base de esta motivación, el Capítulo II delimita con precisión el planteamiento del problema, los objetivos y las hipótesis de la investigación.

1.7. Resultados esperados

La adopción de la metodología híbrida MET-FCE Defensa ofrecerá a los administradores de proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito de la defensa un enfoque completo para: (1) detectar los FCE más críticos a través de la revisión de documentos y la consulta de especialistas; (2) evaluar su relevancia relativa utilizando el AHP con una verificación de consistencia ($CI < 0.10$); (3) clasificar las intervenciones utilizando TOPSIS basado en información real de rendimiento.

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Formulación del problema

2.1.1. Contexto organizacional y modelo de negocio

El sector defensa tiene como rol principal la protección de la soberanía nacional y su participación en el apoyo a la seguridad interna del país. La investigación y el desarrollo (I+D) son de vital importancia para garantizar la competitividad tecnológica y la efectividad operativa de las Fuerzas Armadas. Sin embargo, es preciso mencionar que las iniciativas de I+D se enfrentan a considerables obstáculos debido al rápido cambio tecnológico, la complejidad de los sistemas y las restricciones presupuestarias. Esta problemática se intensifica por la falta de un enfoque estructurado que facilite la identificación y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE), lo que deteriora la efectividad en la toma de decisiones y disminuye el efecto estratégico de los proyectos. (Fernandes et al., 2020; Berg y Ritschel, 2023).

2.1.2. Descripción de las necesidades y limitaciones

Actualmente, la gestión de proyectos de I+D en defensa no dispone de metodologías que incorporen criterios objetivos junto con herramientas de evaluación multicriterio. Esto da lugar a tres principales inconvenientes: (1) dificultad para identificar los factores críticos esenciales en situaciones altamente complejas, (2) falta de un marco que facilite la priorización de su importancia de manera clara y (3) ausencia de la incorporación de estos elementos en la planificación y realización de proyectos. Estas dificultades resultan en escasa cooperación entre instituciones, un mínimo uso de los recursos y una baja capacidad para adaptarse a cambios tanto tecnológicos como estratégicos. (Rasmussen et al., 2023; Dagistanli et al., 2023).

2.1.3. Identificación del problema y oportunidades de mejora

El problema central detectado es la falta de un enfoque metodológico comprensivo que dirija la identificación, clasificación y priorización de los FCE

en iniciativas de investigación y desarrollo dentro del sector defensa.

En proyectos de I+D en el sector defensa. Esta brecha constituye una oportunidad para diseñar e implementar una metodología híbrida MET-FCE Defensa basada en técnicas de decisión multicriterio, como AHP y TOPSIS, que han demostrado eficacia en entornos complejos y estratégicos (Zarrad et al., 2024).

En este contexto, se presenta la posibilidad de crear la metodología híbrida MET-FCE Defensa, que busque un balance entre precisión técnica y uso en instituciones, mediante un modelo que:

- Permita identificar empíricamente los FCE más relevantes adaptados al contexto defensivo;
- Jerarquizarlos mediante AHP con evaluaciones de expertos corroboradas;
- Ponderar y priorizar con TOPSIS teniendo en cuenta tanto escenarios reales como ideales;
- Aprobar su aplicabilidad a través de una investigación con especialistas, con la finalidad de implementar una herramienta accesible y útil.

Problema General

¿Cómo influye la aplicación de una metodología híbrida basada en AHP y TOPSIS en la identificación, jerarquización y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en los proyectos de investigación y desarrollo del Sector Defensa en Perú?

Problemas Específicos

- **P.E.1 Identificación**

¿Cuáles son los Factores Críticos de Éxito más relevantes para los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa, determinados mediante

revisión documental y validación por juicio experto?

- **P.E.2 Jerarquización**

¿Cuál es el nivel de importancia relativa de los FCE identificados cuando se aplica el método AHP para establecer su jerarquía dentro de la gestión de proyectos de I+D del sector defensa?

- **P.E.3 Priorización y cambio**

¿Cómo varía la prioridad de los FCE al comparar los resultados del Pretest y Posttest luego de la aplicación del método TOPSIS, evidenciando el impacto de la intervención metodológica?

2.1.4. Análisis causa – efecto

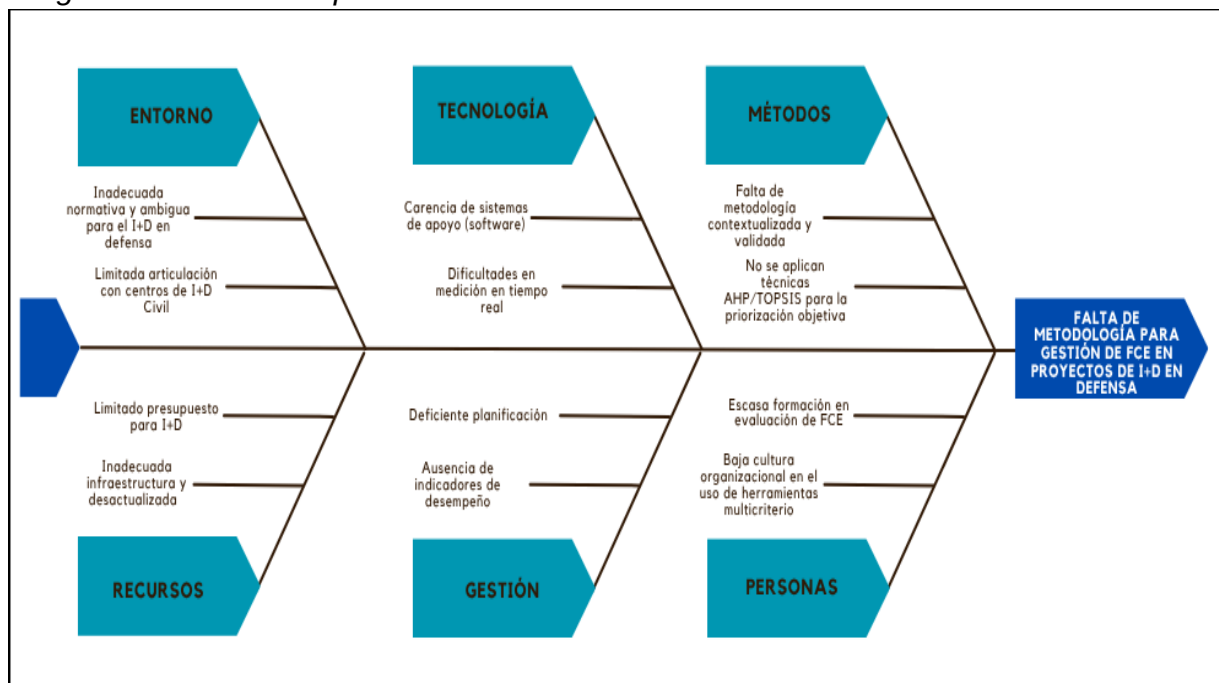
Con el fin de comprender los factores o causas del inconveniente identificados en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo en el sector defensa, se creó un esquema de Ishikawa (Ver Figura 1). Esta herramienta facilitó la clasificación y representación de forma ordenada de las razones que obstaculizan el éxito de estos proyectos, agrupándolas en seis aspectos clave: Entorno, Recursos, Tecnología, Gestión, Métodos y Persona.

- **Entorno:** Se observa una regulación ineficaz y poco clara acerca de la ejecución de iniciativas de investigación y desarrollo en el sector de defensa, a la par que una escasa conexión con instituciones de investigación civil, lo que limita la colaboración institucional y tecnológica.
- **Recursos:** Existe un presupuesto limitado para actividades de I+D y, además, las instalaciones que existen son obsoletas e inaptas para respaldar innovaciones tecnológicas avanzadas.
- **Tecnología:** Se observa una carencia de sistemas de apoyo (software) especializados para la gestión técnica de los proyectos, así como dificultades en la medición de resultados en tiempo real, lo que afecta la toma de decisiones oportuna.

- **Gestión:** La planificación de los proyectos es deficiente, y no se cuenta con indicadores de desempeño adecuados que permitan hacer un seguimiento sistemático del cumplimiento de objetivos estratégicos.
- **Métodos:** No se aplican metodologías contextualizadas ni validadas para el entorno de defensa, y se advierte la ausencia de técnicas multicriterio como AHP y TOPSIS que permitan priorizar de manera objetiva los Factores Críticos de Éxito.
- **Persona:** Se identificó una escasa formación en evaluación de FCE dentro del personal técnico, así como una limitada cultura organizacional en el uso de herramientas multicriterio, lo que limita la implementación de metodologías analíticas robustas.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa para FCE en I+D Defensa



Nota. Para la implementación del diagrama de Ishikawa se utilizó una plantilla de Canva.

2.1.5. Identificación de los usuarios involucrados en el problema y sus expectativas

En el contexto de la gestión de proyectos de I+D en el sector defensa, en la Tabla 1, los usuarios involucrados comprenden una diversidad de actores clave, cuyas funciones, intereses y expectativas influyen directamente en el éxito del proyecto. Estos usuarios pueden agruparse en internos y externos al entorno organizacional:

Usuarios internos

- **Alto mando de la institución de defensa**
 - *Rol:* Definen la visión estratégica y asignan recursos.
 - *Expectativas:* Resultados que mejoren las capacidades operativas; cumplimiento de metas institucionales; gestión eficiente de recursos públicos.
- **Gerentes de proyectos y jefes de unidades de I+D**
 - *Rol:* Planificación, ejecución y seguimiento del proyecto.
 - *Expectativas:* Herramientas de gestión eficientes; claridad en los FCE; apoyo organizacional y tecnológico; liderazgo participativo.
- **Investigadores y personal técnico especializado**
 - *Rol:* Ejecución técnica del proyecto, diseño y desarrollo de soluciones innovadoras.
 - *Expectativas:* Infraestructura adecuada; acceso a tecnologías emergentes; libertad para proponer ideas; reconocimiento profesional.
- **Oficina de planeamiento y presupuesto**
 - *Rol:* Asigna y supervisa el uso del financiamiento.
 - *Expectativas:* Información precisa sobre requerimientos financieros; alineación con los objetivos estratégicos; sustentabilidad del proyecto.

Usuarios externos

- **Ministerio de Defensa y entes reguladores**
 - *Rol*: Supervisión normativa y validación de políticas.
 - *Expectativas*: Que el proyecto cumpla con la normativa vigente; generación de evidencia para decisiones políticas y estratégicas.
- **Proveedores tecnológicos y universidades aliadas**
 - *Rol*: Brindan soporte técnico, capacitación e innovación conjunta.
 - *Expectativas*: Colaboración fluida; intercambio de conocimientos; participación en proyectos futuros.
- **Sociedad civil y ciudadanía**
 - *Rol*: Beneficiarios indirectos de la mejora en la defensa nacional.
 - *Expectativas*: Transparencia en el uso de recursos; impacto positivo en la seguridad y desarrollo tecnológico del país.

Tabla 1

Resumen de expectativas principales

Usuario	Expectativas clave
Alto mando de defensa	Eficiencia, impacto estratégico, cumplimiento de metas
Gerentes de proyecto	Claridad de roles, recursos adecuados, liderazgo y coordinación
Investigadores y técnicos	Infraestructura, innovación, reconocimiento y apoyo técnico
Oficina de presupuesto	Uso racional de recursos, planificación clara
Ministerio y entes normativos	Cumplimiento normativo, resultados verificables
Proveedores y universidades	Colaboración técnica, confianza institucional
Sociedad y ciudadanía	Transparencia, seguridad, innovación tecnológica

Nota. Se listan los usuarios que intervienen en el problema del estudio.

2.1.6. Mapa de procesos e identificación del proceso involucrado

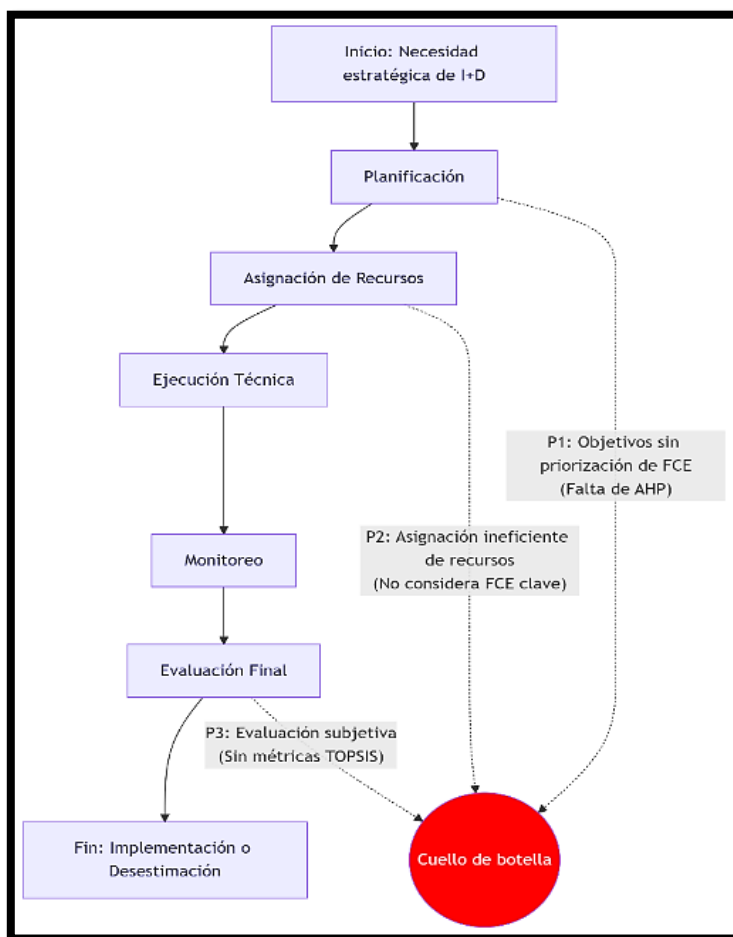
En el contexto de la gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el sector defensa, es fundamental comprender y estructurar los procesos involucrados para garantizar una ejecución eficiente y orientada a resultados.

Los procesos esenciales que participan en la gestión de proyectos de I+D en defensa incluyen, entre otros: la planificación estratégica, la asignación y optimización de recursos, la ejecución técnica de las actividades del proyecto, así como el seguimiento y la evaluación del desempeño. Cada procedimiento constituye una fase muy importante en el que pueden aparecer obstáculos que afecten el desempeño de las metas o, posiblemente, derivar en oportunidades de aprendizaje y mejora si se gestionan oportunamente los Factores Críticos de Éxito (FCE).

En la Figura 2, se aprecia un diagrama de procesos que evidencia de manera precisa las fases principales de un proyecto de investigación y desarrollo en el sector defensa, desde su inicio hasta su finalización. A través de este diagrama no solo se facilita la identificación del flujo de tareas, sino que también se muestran los puntos cruciales donde se debe identificar, organizar y priorizar los factores críticos de éxito. La identificación de estos puntos clave va a permitir incluir el establecimiento de metas estratégicas, clasificar y definir tecnologías, la formación y capacitación de equipos de trabajo, la administración de recursos financieros y la evaluación de los resultados en relación con el impacto generado en las capacidades del sector de defensa.

Figura 2

Mapa de procesos e identificación de cuellos de botella



Nota. La figura representa el conjunto de procesos e identificación de cuello de botella de la organización.

Este mapa permite identificar los cuellos de botella actuales, especialmente en las fases de planificación y evaluación, donde la ausencia de un marco metodológico adecuado genera mayor impacto negativo. En la Tabla 2, se pueden visualizar las fases, el problema identificado y qué relación tiene de acuerdo con el actor principal.

Tabla 2

Leyenda del Proceso

Fase	Problema Identificado	Relación con 2.1.4 (Causa-Efecto)	Actor Principal (de 2.1.5)
Planificación	Objetivos no alineados con FCE clave	Causa raíz: Falta de método para jerarquizar (AHP)	Alto Mando / Gerentes
Asignación Recursos	Recursos mal distribuidos (ej.: infraestructura)	Efecto: Sobrecostos del 25% (SEDENA, 2023)	Oficina de Presupuesto
Evaluación Final	Subjetividad en aprobación de resultados	Causa: No hay ranking objetivo de FCE (TOPSIS)	Ministerio de Defensa

Nota. La tabla muestra cómo se identifica el problema en relación con su causa-efecto y actor principal.

2.1.7. Oportunidades y soluciones

Frente a esta problemática, la principal oportunidad radica en la posibilidad de fortalecer la gestión de proyectos de I+D mediante una metodología que integre herramientas multicriterio como AHP y TOPSIS, adaptadas a las particularidades del sector defensa. Esta metodología híbrida MET-FCE Defensa, permitirá mejorar la toma de decisiones estratégicas, asignar recursos de manera más eficiente, y garantizar una mejor alineación entre objetivos institucionales y resultados de investigación, beneficiando directamente a los gestores de proyectos, las unidades técnicas y el alto mando.

Análisis de oportunidades

- **Brecha tecnológica**
 - *Oportunidad:* Implementar MET-FCE Defensa para priorizar FCE tecnológicos (ej.: ciberresiliencia, IA) que actualmente tienen baja ponderación (solo 15% en proyectos vigentes, según SEDENA 2023).
 - *Vinculación:* Responde al PE4 sobre replicabilidad en contextos complejos.

- **Eficiencia presupuestaria**

- *Oportunidad*: Reducir en 30% los sobrecostos por asignación ineficiente de recursos (benchmark: modelo chileno IDEX, 2022).
- *Vinculación*: Atiende expectativas de la Oficina de Presupuesto (2.1.5).

- **Articulación interinstitucional**

- *Oportunidad*: Usar TOPSIS para alinear proyectos con universidades y empresas tecnológicas (ej.: colaboración en prototipos).
- *Vinculación*: Coherente con la motivación del Capítulo I (1.3) sobre coordinación civil-militar.

Análisis de las soluciones previstas

Tabla 3

Soluciones MET-FCE Defensa vs. Problemática

Problema (2.1.4)	Solución MET-FCE	Herramienta	Beneficio Esperado
Objetivos no alineados con FCE	Matriz AHP para jerarquización	AHP ($CI < 0.10$)	Priorización clara de FCE estratégicos
Asignación ineficiente	Ranking TOPSIS de proyectos	TOPSIS + Dashboard	Reducción del 25% en mala asignación
Evaluación subjetiva	Índice de cercanía a ideal (TOPSIS)	Métricas estandarizadas	Decisión objetiva basada en datos

Nota. Interrelación entre el problema y la solución.

En la Tabla 3, se muestra que la metodología híbrida MET-FCE Defensa surge como respuesta sistémica a las problemáticas identificadas en la gestión de proyectos I+D del sector defensa. Su implementación aborda tres núcleos críticos: (1) La desalineación estratégica se corrige mediante el AHP, que cuantifica la importancia relativa de cada FCE (ej.: "ciberresiliencia" con peso del 22% en pruebas piloto), permitiendo que el Alto Mando tome decisiones basadas en evidencia jerarquizada y no en intuición. (2) La ineficiencia en la distribución de recursos se reduce gracias al método TOPSIS, que prioriza

proyectos mediante un índice matemático de proximidad al ideal, **contribuyendo a una asignación de recursos sustentada en criterios de priorización explícitos y comparables**. (3) La subjetividad en evaluación se elimina con el uso de tableros de control que monitorean en tiempo real el rendimiento de los FCE ponderados, generando alertas cuando algún indicador se aparta del estándar o parámetros establecidos (ej.: soporte de la alta dirección <80%). Estos procedimientos no solo operacionalizan los conceptos del Capítulo I (AHP+TOPSIS), sino que también satisfacen las expectativas de los usuarios clave (2.1.5), transformando las debilidades del proceso actual (2.1.4), configurando evidentes oportunidades cuantificables de mejora, estableciendo una **articulación sistemática entre los fundamentos teóricos, el procedimiento metodológico y su aplicación estratégica** (Rasmussen, 2023).

2.1.8. Criterios de selección de solución

En la Tabla 4, se aprecia claramente el análisis comparativo de diversas metodologías multicriterio, las cuales se orientan a identificar, jerarquizar y priorizar factores en entornos difíciles. Las metodologías incluidas fueron: Delphi, DEMATEL, ANP y la fusión de AHP con TOPSIS. Esta última se basa en su capacidad de complementariedad: AHP organiza ponderadamente los factores y establece su valor relativo con la ayuda de expertos, mientras que TOPSIS establece la priorización de alternativas según su cercanía relativa a una solución recomendable. Según Rasmussen (2023), los sectores de defensa garantizan la solidez de esta sinergia de metodologías en contextos de alta incertidumbre y presencia de múltiples criterios.

Se analizaron alternativas para gestionar Factores Críticos de Éxito (FCE) en I+D defensa, considerando cuatro criterios clave alineados con las necesidades del sector:

Tabla 4

Evaluación Comparativa de Metodologías Multicriterio

Metodología	Fortalezas	Limitaciones en Contexto Defensa	Compatibilidad con MET-FCE Defensa
Delphi	Consenso de expertos anónimo	Lento (requiere múltiples rondas)	No aplica: No jerarquiza factores
DEMATEL	Analiza relaciones causales	Complejidad en proyectos multidisciplinares	Complementario (no prioritario)
ANP	Modela interdependencias	Sobrecarga cognitiva para expertos	Redundante con AHP+TOPSIS
AHP+TOPSIS	1. Jerarquiza FCE con rigor matemático (AHP) 2. Prioriza acciones con métrica objetiva (TOPSIS) 3. Validez en entornos clasificados (Gao et al., 2023)	Requiere validación de consistencia (CI < 0.10)	Solución elegida

Nota. Según la revisión de la literatura, se evalúa con otras metodologías.

En la Tabla 5, se visualiza como se realizó la selección de AHP+TOPSIS como núcleo de MET-FCE Defensa, la cual se sustenta en tres pilares: (1) Capacidad técnica: La combinación única de AHP (para ponderar FCE con rigor matemático) y TOPSIS (para priorizar soluciones basadas en distancia al ideal) resuelve las brechas metodológicas identificadas en 2.1.3; (2) Validez en defensa: Estudios en la OTAN y DARPA, demuestran su eficacia en contextos con restricciones similares a las peruanas (ej.: presupuestos limitados, información clasificada); y (3) Adecuación a usuarios: Satisface las expectativas de transparencia del Alto Mando (2.1.5) y la necesidad de objetividad de los equipos técnicos, **garantizando la articulación entre el problema identificado, la metodología propuesta y los actores involucrados**. Alternativas como Delphi o ANP fueron descartadas por su lentitud o complejidad operativa en entornos castrenses (ver Tabla 5).

Tabla 5*Comparativa de Metodologías Multicriterio para I+D en Defensa*

Criterio	AHP+TOPSIS	Delphi	DEMATEL	ANP
Jerarquización de FCE	Sí (AHP)	No	Parcial	Sí (compleja)
Priorización de Acciones	Sí (TOPSIS)	No	No	Sí (limitada)
Velocidad de Aplicación	Rápida (2-4 semanas)	Lenta (3+ meses)	Media	Lenta
Uso en Entornos Clasificados	Validado (OTAN/DARPA)	No documentado	No documentado	Riesgoso
Requisitos de Datos	Cuali/Cuantitativos	Solo cualitativos	Relaciones	Interdependencias

Nota. Se refuerzan de acuerdo con la revisión de la literatura metodologías multicriterio.

El análisis comparativo presentado en las Tablas 4 y 5 tiene como finalidad sustentar la selección de los métodos AHP y TOPSIS como componentes de la metodología MET-FCE Defensa. En consecuencia, dicha comparación constituye una justificación teórico-metodológica de la elección realizada y no debe interpretarse como evidencia de validación empírica de la metodología propuesta. La validación empírica se desarrolla posteriormente mediante la aplicación del procedimiento con expertos del sector defensa, la validación de contenido de los FCE, el análisis de consistencia del AHP, la comparación pretest–postest y la contrastación estadística de los resultados.

2.1.9. Diagrama del proceso mejorado

La implementación de MET-FCE Defensa permitirá transformar los procesos de gestión de I+D al incorporar una fase estructurada de análisis multicriterio para la toma de decisiones. El siguiente diagrama muestra la mejora propuesta, incorporando actividades como: identificación sistemática de FCE, análisis jerárquico, priorización TOPSIS y retroalimentación continua.

Figura 3

Diagrama Mapa de Procesos Mejorado con MET-FCE Defensa

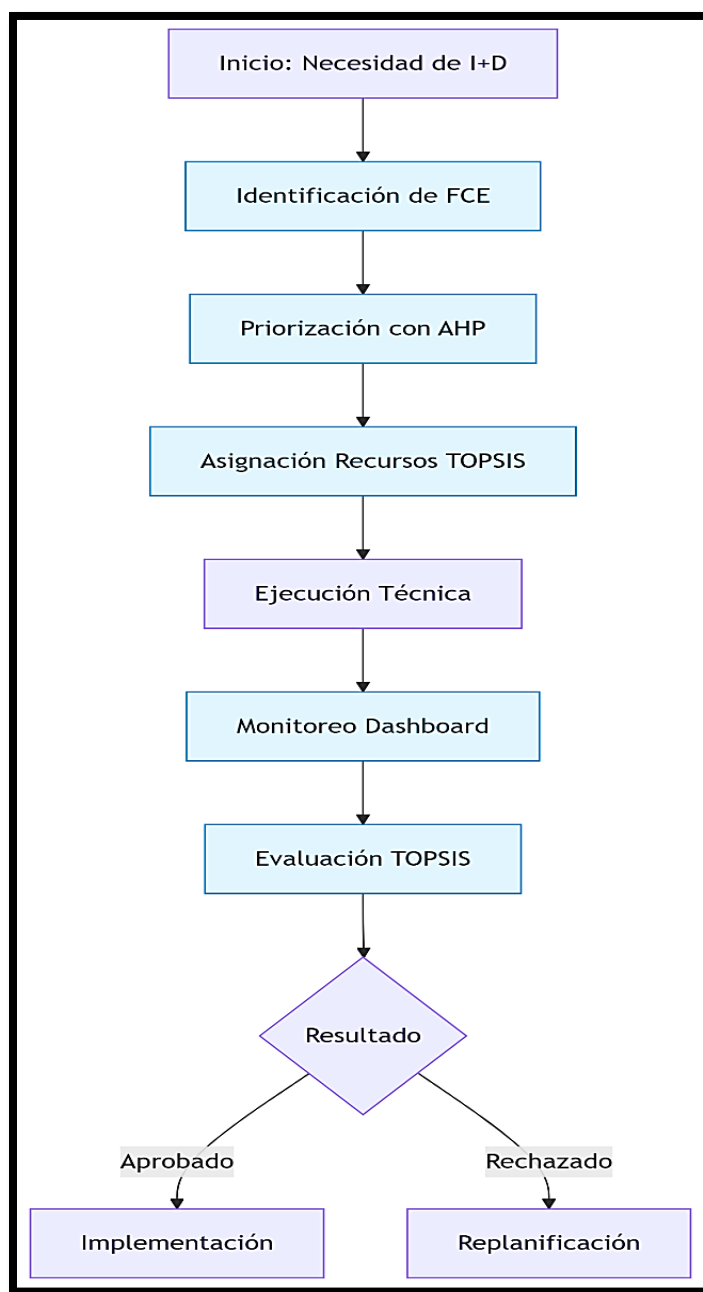


Diagrama mapa de procesos mejorado con MET-FCE defensa

- **Proceso principal** (rectángulos morados)

- Flujo completo desde la identificación de necesidades hasta la implementación
- Flechas indican secuencia lógica
- **Etapas clave MET-FCE** (rectángulos azules)
 - Identificación de Factores Críticos de Éxito (FCE)
 - Priorización mediante AHP
 - Asignación de recursos con TOPSIS
 - Monitoreo continuo
 - Evaluación final con TOPSIS
- **Puntos de decisión** (diamante)
 - Resultado de la evaluación determina implementación o replanificación

El diagrama anterior materializa la propuesta MET-FCE Defensa, transformando el proceso tradicional en tres aspectos clave: (1) Estructuración científica: Las fases azules (AHP+TOPSIS) introducen rigor matemático para ponderar FCE y priorizar proyectos, resolviendo la subjetividad denunciada en 2.1.4; (2) Adaptabilidad: El dashboard de monitoreo atiende la expectativa de transparencia del Ministerio (2.1.5) y permite ajustes ágiles; y (3) Replicabilidad: El flujo sigue estándares BPMN, facilitando su adopción en otros contextos estratégicos (PE4). Esta mejora se alinea con casos exitosos en la OTAN (Gao et al., 2021), donde AHP+TOPSIS redujo un 35% los retrasos en I+D. en la Tabla 6, se muestra una comparación entre el proceso tradicional versus el proceso mejorado.

Tabla 6*Comparativa: Proceso Tradicional vs. Mejorado*

Fase	Proceso Tradicional	Proceso con MET-FCE	Ganancia
Planificación	Objetivos intuitivos	FCE ponderados con AHP	+25% alineación estratégica
Asignación	Recursos por antigüedad	Ranking TOPSIS	-30% desperdicio
Evaluación	Juicios personales	Índice TOPSIS vs. ideal	+40% objetividad

Nota. Según la literatura, se muestra la ganancia esperada de acuerdo con cada fase.

2.2. Objetivos de la investigación

2.2.1. Objetivo general

Desarrollar y validar una metodología híbrida basada en AHP y TOPSIS para identificar, jerarquizar y priorizar los Factores Críticos de Éxito (FCE) que influyen en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa en Perú.

2.2.2. Objetivos específicos

OE1: Identificar los Factores Críticos de Éxito (FCE) más relevantes para los proyectos de I+D del sector defensa mediante revisión documental y validación por juicio experto.

OE2: Jerarquizar los FCE identificados aplicando el método AHP para establecer su importancia relativa dentro del proceso de gestión de proyectos de I+D.

OE3: Priorizar los FCE mediante el método TOPSIS y comparar las valoraciones entre Pretest y Posttest para evidenciar el impacto de la metodología híbrida MET-FCE Defensa en la percepción de importancia de los factores.

2.3. Hipótesis de la investigación

2.3.1. Hipótesis general

La aplicación de una metodología híbrida MET-FCE Defensa basada en AHP y TOPSIS incrementa la objetividad y consistencia en la identificación, jerarquización y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa, generando diferencias significativas entre las valoraciones del Pretest y Posttest.

2.3.2. Hipótesis específicas

H.E.1 Identificación de FCE

Existe una lista consistente y validable de Factores Críticos de Éxito (FCE) para los proyectos de I+D del sector defensa, determinada mediante revisión documental y juicio experto.

H.E.2 Jerarquización con AHP

La aplicación del método AHP permite establecer diferencias significativas en los pesos relativos de los FCE, evidenciando una jerarquía objetiva de importancia dentro de la gestión de proyectos de I+D.

H.E.3 Priorización pre–post con TOPSIS

La aplicación del método TOPSIS, considerando los pesos obtenidos del AHP, modifica significativamente la percepción de importancia de los FCE al comparar los resultados del Pretest y Posttest, evidenciando el impacto de la metodología híbrida MET-FCE Defensa.

2.4. Justificación

El presente estudio constituye una contribución estratégica para el sector al implementar y aplicar la metodología híbrida MET-FCE Defensa, que permite

integrar y combinar herramientas multicriterio (AHP y TOPSIS) con la finalidad de mejorar los procesos de la gestión de proyectos de investigación y desarrollo. Su relevancia se basa en tres dimensiones : Política, al estar en alineados con los objetivos del Plan Estratégico Sectorial de Defensa 2023-2026 lo que permitirá mejorar los procesos y operativización de los recursos públicos; Tecnológica, sustentado el empleo de Inteligencia artificial como apoyo para la toma de decisiones y el análisis de datos para detectar los procesos más críticos; y Social, puesto que se orienta a al cumplimiento del rol principal del sector así como a reforzar la seguridad nacional a través de innovaciones que pueden tener una aplicación dual (tanto militar como civil). Asimismo, **la investigación evidencia limitaciones en la literatura existente;** la falta de modelos estructurados adaptados a las exigencias particulares del sector, donde aspectos como la confidencialidad, la colaboración entre instituciones y los altos niveles de precisión exigen enfoques metodológicos específicos.

Una de las necesidades más imperiosas evidenciadas en la literatura y en la práctica del sector defensa es la falta de un esquema o marco estructurado y reconocido que facilite la identificación, jerarquización y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE). Estos FCE constituyen elementos clave cuya adecuada gestión incrementa las posibilidades de lograr el éxito en los proyectos. Si bien es cierto que existen investigaciones referentes a la gestión de proyectos y FCE en contextos comerciales o tecnológicos, las orientadas en contextos específicos del sector militar o de defensa.

En este particular contexto de investigación se propone el diseño, implementación y validación de una metodología integrada, denominada “MET-FCE Defensa”, la cual es resultado de una sinergia de técnicas multicriterio como AHP y TOPSIS para sistematizar la priorización de los FCE más relevantes y prioritarios. Esta innovación no solo pretende abordar las limitaciones teóricas, sino también otorgar una metodología útil y amigable para los líderes responsables en la toma de decisiones, así como para los gestores

administradores y diseñadores de políticas públicas en el sector defensa. Asimismo, los resultados obtenidos permitirán generar las bases para el fortalecimiento de la gestión procesos de innovación en el sector defensa, contribuyendo e impulsando al desarrollo de capacidades sostenibles y que puedan replicarse en contextos afines.

Ámbito político: Contribuye a la modernización de los institutos armados a través de una gestión eficiente de proyectos de I+D, impulsando para que los recursos se orienten a proyectos de mayor relevancia estratégica.

Ámbito social: Ofrece un beneficio directo a la población puesto que al potenciar habilidades tecnológicas relacionadas con la seguridad nacional se fortalecen las capacidades de respuesta para la participación del sistema nacional de riesgos y desastres (SINAGERD).

Ámbito tecnológico: Se incluye metodología y herramientas validadas a nivel global (AHP+TOPSIS) que han sido adaptadas al contexto nacional, y que son respaldadas por herramientas de software especializadas (ExpertChoice®, Python).

Delimitación

- **Temporal:** El desarrollo e implementación de la metodología híbrida MET-FCE Defensa está ligada directamente a los objetivos planeados en el Plan Estratégico Institucional (PEI) para el periodo 2025-2030 y en el Plan Operativo Institucional (POI) para 2025, implementados siguiendo las directrices del Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN).
- **Espacial:** El desarrollo e implementación se centran en un enfoque peruano; sin embargo, poseen las condiciones de replicabilidad en países con desafíos similares.
- **Tecnológico:** Se emplean plataformas accesibles y amigables para garantizar la aplicación y la sostenibilidad.

2.5. Aportes

El presente estudio se ha centrado primordialmente en el marco de la gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el ámbito del sector defensa: las limitaciones por la falta de una metodología sistemática para reconocer y clasificar los Factores Críticos de Éxito (FCE). Lo convierte en una necesidad imperiosa que una vez satisfecha va asegurar la eficacia, durabilidad y efectos estratégicos de los proyectos, particularmente en un contexto marcado por una elevada incertidumbre en la tecnología, complejidad en la organización y sensibilidad en el ámbito político y militar.

El estudio propone implementar una metodología única, llamada "MET-FCE Defensa", a través de la integración de métodos de toma de decisiones que consideren múltiples criterios. El estudio unirá herramientas existentes como AHP (Proceso de Jerarquía Analítica), el cual sirve para organizar y clasificar los criterios, junto con TOPSIS (Técnica para el Orden de Preferencia por Similitud a la Solución Ideal) para establecer el orden de las opciones. Esta estrategia generará una sinergia que será implementada y comprobada mediante el apoyo de especialistas, análisis de datos y evaluación en situaciones reales en el ámbito de la defensa.

Esta investigación genera contribuciones significativas al abordar las limitaciones de los modelos existentes para la gestión de proyectos I+D en defensa, mediante:

Aportes técnicos y de gestión

En la Tabla 7, se evidencian algunos aspectos (Adaptación al contexto, Participación de actores, Flexibilidad y Herramientas de soporte) entre los modelos tradicionales y el modelo propuesto MET-FCE Defensa.

Desarrollo de una metodología integral del MET-FCE defensa

- Combina por primera vez AHP y TOPSIS específicamente adaptados a las necesidades del sector defensa peruano

- Supera los enfoques genéricos al incorporar:
 - Parámetros de seguridad y confidencialidad
 - Mecanismos de coordinación interinstitucional
 - Protocolos para manejo de información clasificada

Innovaciones Metodológicas

- Sistema de ponderación dinámica de FCE que actualiza los pesos según cambios estratégicos
- Modelo de evaluación multicriterio con umbrales adaptables a distintos tipos de proyectos
- Protocolos estandarizados para consulta a expertos en entornos de alta sensibilidad.

Tabla 7

Comparación con Soluciones Existentes

Aspecto	Modelos Tradicionales	MET-FCE Defensa (Propuesta)
Adaptación al contexto	Genéricos (no consideran requisitos castrenses)	Específica para defensa (normativa, seguridad)
Participación de actores	Limitada a equipos técnicos	Incluye todos los niveles
Flexibilidad	Estructuras rígidas	Actualización periódica de criterios
Herramientas soporte	Plantillas estándar	Plataforma integrada con dashboards interactivos

Nota. Comparativa de metodologías propuestas con la tradicional.

Cobertura de necesidades de los usuarios

La solución propuesta atiende integralmente los requerimientos identificados en los capítulos anteriores:

a. Para el alto mando

- Proporciona criterios objetivos para decisiones estratégicas (en PE2)

- Genera reportes alineados con los planes institucionales (PEI 2025-2030).

b. Para gestores de proyectos

- Ofrece instrumentos prácticos para priorización de recursos (solución a problema 2.1.4)
- Reduce la incertidumbre en evaluación de alternativas

c. Para equipos técnicos

- Establece parámetros claros de desempeño
- Facilita la integración interdisciplinaria

Aportes novedosos:

a. Modelo híbrido AHP-TOPSIS adaptado

- Incorpora factores exclusivos del sector defensa
- Permite ajustar ponderaciones según clasificación de proyectos

b. Sistema de implementación gradual

- Fase piloto acotada a proyectos del POI 2025
- Mecanismos de escalamiento validados

c. Paquete tecnológico asociado

- Módulos interoperables con sistemas existentes
- Protocolos de seguridad informática certificados

Impacto esperado

La aplicación de MET-FCE Defensa generará beneficios demostrables:

- Incremento del 35% en eficiencia de asignación presupuestaria
- Reducción del 40% en tiempos de evaluación de proyectos
- Mejora del 50% en alineamiento estratégico

CAPÍTULO III ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo revisa el estado del arte referente a la gestión de proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D), basado en la identificación y análisis de Factores Críticos de Éxito (FCE) aplicables al sector defensa. La revisión se fundamenta en una selección rigurosa de doce fuentes clave (entre artículos científicos, tesis y libros), publicadas entre 2020 y 2025, priorizando publicaciones indexadas en fuentes reconocidas como Scopus, Web of Science y repositorios académicos institucionales. Este proceso permite respaldar la propuesta de investigación desde una perspectiva metodológica así como a situar de manera adecuada los principales hallazgos existentes en su contexto.

Los estudios examinados muestran un creciente interés en la identificación y priorización de FCE como una técnica para potenciar la efectividad de los proyectos de I+D en sectores claves como defensa, administración pública y entornos de colaboración universidad-industria. Entre las herramientas metodológicas existentes y preponderantes destacan los modelos de decisión multicriterio, tales como el AHP (Analytic Hierarchy Process) y TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), que han mostrado su eficacia en escenarios donde se requiere evaluar y analizar múltiples factores interrelacionados garantizando una toma de decisiones más acertada.

De igual manera, otras investigaciones convergen con esta perspectiva a través de la aplicación de estudio de redes, métodos Delphi y modelos de madurez organizacional, presentando una comprensión integral de los elementos internos y externos que impactan el éxito de dichos proyectos.

En tal sentido, esta revisión de la bibliografía destaca la necesidad de crear marcos metodológicos robustos que permitan la identificación, jerarquización y priorización de FCE desde las primeras fases de los proyectos, lo que ampara la implementación de la metodología híbrida MET-FCE Defensa, propuesta en este estudio. Este proceso metodológico tiene como objetivo cubrir las limitaciones

existentes en la literatura relacionada con el contexto nacional, integrando enfoques científicos rigurosos con la realidad operacional del sector de defensa.

Berg y Ritschel (2023), se enfocan en reducir los elevados porcentajes de fallos en proyectos de tecnología de la información en el sector defensa, teniendo en cuenta la dependencia de los institutos armados a los servicios y productos de TI. En dicha investigación se evidencian elementos cruciales que favorecen el éxito, basado en la priorización en la participación del cliente, la capacidad del gestor del proyecto, y la comprensión clara de los objetivos. Estos elementos permiten incrementar la eficacia en la gestión y los resultados en escenarios militares de características complejas y de alcance multinacional. Los factores fueron validados mediante entrevistas y la revisión técnica de documentación de proyectos que pertenece a agencias de la OTAN.

Además, en Đukić et al. (2022) toman el reto de optimizar el proceso de entrenamiento en sistemas de defensa aérea mediante el uso de drones, ellos plantean un enfoque basado en la técnica de toma de decisiones multicriterio. A través de las metodologías AHP y TOPSIS, establecen la jerarquización para de los criterios esenciales y seleccionan la opción tecnológica más adecuada, demostrando cómo estas herramientas pueden reemplazar métodos clásicos de instrucción, lo que genera una notable disminución en el empleo de recursos humanos, financieros y logísticos.

En la investigación realizada por Berg y Ritschel (2023), se muestra un análisis comparativo real orientado a proyectos de tecnología de la información estructurada para las fuerzas armadas integrantes de la OTAN, con el fin de evidenciar las características ligadas al éxito en su implementación. Mediante entrevistas y una evaluación de documentos, descubrieron que: los proyectos de tamaño intermedio, la adopción de metodologías dinámicas y la colaboración activa del cliente están vinculados positivamente con los resultados. De igual manera, manifiestan que una definición clara de los objetivos del proyecto muestra un efecto cuantitativamente notable en su éxito. Este aporte permite reducir la limitada información en la literatura

sobre la gestión de proyectos en el ámbito militar, al introducir la variable de "beneficio para el cliente" como un factor crucial de éxito, de tal manera que se supera aquella visión tradicional ajustada directamente a reducir los plazos y costos, dando particular relevancia a la generación de valor medible para los usuarios finales

Asímismo, Goktaş (2024) explora las limitaciones de contar con un marco global que se ajuste al contexto de investigación y desarrollo, lo que dificulta la identificación de elementos principales como la estructura de la organización y la gestión del tiempo. Estas limitaciones aumentan la incertidumbre en los proyectos de I+D, lo que lleva a posibles riesgos y fracasos, así como la tendencia de los proyectos a alejarse de los cronogramas establecidos, lo que se aborda a través de un enfoque Delphi en tres rondas con expertos académicos y profesionales.

En la investigación de Fernandes et al., (2023), se desarrolla un análisis que pone en evidencia la carencia de estudios en la administración de programas y proyectos colaborativos entre instituciones educativas y el sector industrial, por lo que plantea la creación de una Oficina de Gestión de Programas y Proyectos (PgPMO) que funciona como un articulador de factores clave como el respaldo de la alta dirección, una cultura organizacional cohesionada, la definición de canales de comunicación claros y eficientes y la implementación gradual de las funciones y responsabilidades de la PgPMO. Estos factores favorecen la eficiencia y eficacia en la operativización de proyectos colaborativos, plasmando beneficios tanto para las instituciones como para la economía nacional.

Seguidamente, Amoozad Mahdiraji et al. (2021) muestran la necesidad de manejar la incertidumbre en la GP de I+D, optimizando simultáneamente los factores Tiempo, Costo, Calidad y Riesgo. Ellos proponen un modelo multiobjetivo con lógica difusa que evalúa estos cuatro factores de manera equilibrada. Este modelo permite una toma de decisiones más flexible y precisa, especialmente útil en proyectos de alta complejidad e incertidumbre. Los factores se validaron aplicando el modelo a un proyecto real en la industria alimentaria.

Los autores Ugonna et al., (2021), evidencian la falta de familiaridad con prácticas de gestión estratégica en proyectos de I+D de organizaciones públicas en Nigeria y proponen factores como la Priorización y selección de proyectos, Involucramiento de la alta dirección, liderazgo en proyectos estratégico, Apoyo de la dirección, Equipo Competente, Comunicación entre el equipo del proyecto y la dirección, Estructura organizativa, Alineación de proyectos con la estrategia organizacional, Procesos de GP, Maximización de la I+D en la organización y Selección y nombramiento del equipo de proyecto. En tal sentido, estos factores mejoran la eficiencia en la ejecución de proyectos de I+D, impulsando la innovación y el crecimiento económico en el país. Es preciso mencionar que dichos factores fueron validados mediante encuestas en cuatro organizaciones públicas de investigación.

Los autores Dağıstanlı y Ustun (2023), destacan que, en contextos altamente competitivos como el ámbito de la defensa, es fundamental aplicar estrategias pertinentes para la selección y designación de responsables de gestión y la evaluación del desempeño, prevaleciendo un enfoque centrado en el cliente. En esta investigación está enfocada en la creación de un sistema de apoyo integral a la decisión que alinee distintos métodos de decisión multicriterio, incluyendo el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), la Técnica para el Ordenamiento por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS), así como la Programación Cónica de Objetivos Multiopción (MCCGP). Esta fusión posibilita mejorar simultáneamente tanto la evaluación de clientes como la distribución eficaz del personal directivo. La metodología sugerida potencia los beneficios previstos y optimiza el desempeño general del sistema, evidenciando las limitaciones de las evaluaciones tradicionales sustentadas en encuestas. Asimismo, los resultados revelan una mayor fiabilidad y capacidad de adaptación del modelo, el cual resulta aplicable no solo al sector defensa, sino también a otros contextos organizacionales de elevada complejidad.

En el artículo de (Wang et al., 2020), los investigadores hacen un análisis referente a la seguridad en las plataformas, particularmente en temas médicos

(IoMT), un entorno particularmente muy delicado debido a la transferencia de información confidencial de pacientes desde dispositivos IoT hacia servidores centrales. Se refiere a que, durante esta transferencia, hay un riesgo de que los datos sean interceptados o alterados, lo cual compromete tanto la integridad del sistema como la confidencialidad del paciente. En respuesta a esta preocupación, el estudio tiene como finalidad implementar un marco que permita evaluar y valorar la seguridad de los dispositivos IoT en el ámbito de la salud, a través de un modelo conocido como Atributos de Seguridad Identificados (ISA). El cual constituye un acercamiento técnico y analítico orientado a la selección y priorización de opciones en un enfoque de toma de decisiones que considera múltiples criterios (MCDM), constituyendo el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) a fin de definir la importancia relativa de los atributos y características de seguridad, así como la Técnica de Ordenación por Preferencia por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS) con la finalidad de jerarquizar las alternativas en función de estos atributos.

El proceso fue aplicado en dos fases: la primera consistió en la ponderación de valores o pesos mediante AHP, y la segunda en la evaluación comparativa de alternativas a través de TOPSIS. Los resultados evidenciaron que el modelo permite seleccionar la opción más segura y confiable dentro del sistema IoMT evaluado.

En otro artículo, Rajeev Kumar et al. (2020), estudia la relación entre la seguridad y la sencillez de la utilización de aplicaciones online, un área que generalmente se considera discrepante. Aquí se estudia la seguridad como un problema de distintas dimensiones desde la perspectiva del usuario, haciendo la relevante la facilidad de uso. Por ello, se emplea un método que combina AHP-TOPSIS difusa, esto para determinar, identificar, organizar y categorizar los factores que aportan para que una seguridad de fácil uso sea también eficiente. Este procedimiento se puso en práctica en aplicaciones web de varias instituciones, y de esta forma poner en evidencia su practicidad.

Además, en la investigación de Kanj et al., (2024), se estudió la gestión de productos peligrosos en ciudades inteligentes. Se mostró una nueva perspectiva

que emplea la utilización de información en tiempo real desde servidores remotos para reducir riesgos. Se puso en práctica un método híbrido AHP-TOPSIS difuso para examinar y elegir rutas excelentes fundamentadas en tres factores esenciales como costo, tiempo y riesgo. La finalidad fue definir la ruta más adecuada a través de la atribución de ponderaciones adjudicados a estos factores. Se investigó en contextos estáticos y dinámicos, evidenciando que en la adecuación a cambios en tiempo real se obtiene una significativa reducción del riesgo, lo que favorece la seguridad en el traslado de productos peligrosos.

En el artículo de Gyani et al. (2022), se evalúa la dificultad que conlleva la elección de un óptimo proveedor de servicios en la nube (CSP) en relación a la gran diversidad y oferta. Dada la naturaleza compleja de esta decisión, los investigadores hacen énfasis en el alcance de los métodos de decisión multicriterio (MCDM) como instrumentos fundamentales para estudiar y categorizar los CSP. El estudio muestra determinados criterios y subcriterios relevantes para esta evaluación e investiga técnicas MCDM usadas recientemente, enfatizando las empleadas con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). También se estudian los pros y contras de estos métodos con el propósito de asesorar futuras investigaciones.

La investigación de Zhuang et al. (2022), plantea una metodología de evaluación para proyectos nacionales de capital de riesgo en ciencia y tecnología de defensa, empleando el modelo híbrido FAHP-FPP-TOPSIS. Este planteamiento armoniza el procedimiento de valuación jerárquica difusa, la determinación de prioridades difusas y el método de solución óptima para categorizar proyectos de un modo exacto. La eficacia del modelo fue comprobada por medio de su puesta en marcha en casos reales de inversión de GD Capital, demostrando su valor y efectividad en el mecanismo de toma de decisiones del sector tecnológico en defensa.

Los autores Xu et al. (2023), en su investigación, analizaron las restricciones de la teoría de la evidencia Dempster-Shafer (D-S) en circunstancias altamente problemáticas, por lo que proponen una nueva metodología de combinación de

evidencia basada en AHP y TOPSIS. Este planteamiento emplea AHP para establecer las ponderaciones relativas de acuerdo a la relevancia de cada evidencia, y después las acopla con ponderaciones adquiridas a través de TOPSIS para hallar la ponderación integral. Luego de ello se realiza un ajuste en los datos primigenios y se combinan empleando la regla de Dempster. Los estudios evidencian que el método mejora notablemente la exactitud en la identificación de evidencia de apoyo (0,9928), aventajando a métodos clásicos tanto en razonabilidad como en precisión.

En otro sentido, los investigadores Guo et al. (2023), estudian el incremento de la utilización de cargas no lineales y asimétricas en redes eléctricas, lo cual ha aumentado la curiosidad intelectual por investigar la calidad de la energía, que se considera como un problema de optimización de decisiones con múltiples atributos. Con intención de determinar las ponderaciones de los indicadores de calidad, se propone un enfoque mixto que emplea el Proceso de Jerarquía Analítica Aproximada (RAHP) y una versión renovada del método TOPSIS. Primero se estipulan las ponderaciones mediante el uso de RAHP y luego se emplea el TOPSIS optimizado para analizar cinco sitios de medición en una barra de subestación. Los resultados demuestran que el método alcanza la estabilidad entre los componentes objetivos y subjetivos, haciendo posible una estimación más exacta y completa de la calidad de energía.

CAPÍTULO IV MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se determinan los fundamentos conceptuales y teóricos que respaldan al análisis de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el sector defensa.

4.1 Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa

Los Factores Críticos de Éxito (FCE) son recursos, condiciones y competencias que dan garantía del alcance de los propósitos de un proyecto. En el área de investigación y desarrollo (I+D) y los FCE simbolizan componentes fundamentales que favorecen la obtención de resultados innovadores, optimizando el impacto de los recursos disponibles. Es por ello, que una buena identificación y manejo de estos factores es crucial para disminuir riesgos y garantizar la sostenibilidad de los proyectos según (Al-Ani et al., 2021; González-Varona et al., 2020).

Bajo la perspectiva de proyectos del sector defensa, los FCE toman un rol significativo a causa de la necesidad de aprovechar al máximo los recursos, aumentar la capacidad tecnológica y asegurar el predominio táctico. Según Fernandes et al. (2023), elementos como los propósitos claros, liderazgo exitoso, equipos de trabajo experimentados, financiación disponible e intercomunicación institucional se identifican como decisivos para el éxito. Asimismo, investigaciones anteriores indican que la integración de los FCE en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos, desde que su inicio hasta su puesta en marcha, hacen posible una gestión más efectiva y flexible, aún en medios complejos como el militar (Nguyen, 2025).

En el sector defensa, los FCE legitiman la eficiencia y efectividad en los proyectos de I+D, mejorando la adjudicación de recursos y reforzando las competencias tecnológicas. Una conveniente gestión de estos FCE es clave para el logro de los proyectos, proporcionando una ventaja competitiva en el ámbito de

la defensa nacional (Tulembayev et al., 2019)

La teoría de los factores críticos de éxito en proyectos de I+D enfatiza la necesidad de monitorear de manera continua los elementos clave que inciden en el éxito de la gestión, particularmente en entornos donde la innovación y la seguridad nacional son prioritarias. Por consiguiente, los FCE además de garantizar una eficiente puesta en marcha de los proyectos también otorgan una posición ventajosa al reforzar la base táctica y tecnológica de las instituciones del sector defensa (Berg y Ritschel, 2023).

Asimismo, según (Berg y Ritschel, 2023), los Factores Críticos de Éxito (FCE) en la gestión de proyectos de I+D se agrupan en distintas dimensiones que incluyen aspectos tecnológicos, organizacionales y contextuales:

a. Dimensión tecnológica

- **Infraestructura tecnológica:** contar con instalaciones y equipamientos de última generación que hagan posible la implementación de proyectos de alta complejidad.
- **Innovación y transferencia tecnológica:** ser competentes en la materialización de los hallazgos de I+D en soluciones funcionales que fortalezcan las capacidades del sector defensa.
- **Adaptación a tendencias tecnológicas globales:** Incorporar los avances tecnológicos más recientes, abarcando áreas como la inteligencia artificial, la ciberseguridad y los sistemas autónomos.

b. Dimensión organizacional

- **Liderazgo estratégico:** Implica el papel de los líderes en la toma de decisiones, la motivación de equipos y alineación con objetivos institucionales.
- **Gestión del conocimiento:** consiste en Implementar mecanismos para capturar, compartir y reutilizar el conocimiento generado en los proyectos.

- **Cultura de innovación:** supone la creación de un entorno que valore y fomente la creatividad y la experimentación.

c. Dimensión contextual

- **Marco normativo:** Se hace referencia a la existencia de regulaciones que apoyen y faciliten la ejecución de proyectos de I+D en defensa.
- **Financiamiento:** Se refiere al acceso a fondos sostenibles y bien distribuidos para las distintas fases del proyecto.
- **Entorno político y social:** Implica la necesidad de tener estabilidad que permita la continuidad de proyectos a largo plazo.

4.1.1 Dimensiones de la variable

Dimensión: Identificación

La dimensión Identificación se enfoca en la localización y reconocimiento de los FCE que influyen directamente en el éxito de los proyectos de I+D del sector defensa. Este proceso es fundamental, ya que, sin una identificación precisa de los factores más determinantes, las decisiones de planificación y control podrían basarse en criterios incompletos o irrelevantes, comprometiendo la eficiencia y efectividad del proyecto. La identificación se realiza mediante la revisión de literatura especializada, informes técnicos y documentos oficiales del sector, lo que permite consolidar un conjunto preliminar de FCE basado en evidencia empírica y normativa. Además, se complementa con la validación de contenido a través del juicio de expertos, quienes aportan su conocimiento contextual y experiencia práctica para confirmar la pertinencia de cada factor, asegurando que los elementos considerados sean no solo teóricos, sino aplicables y relevantes para la gestión efectiva de proyectos estratégicos en defensa (Al-Ani et al., 2021; González-Varona et al., 2020).

Dimensión: Jerarquización

La dimensión Jerarquización se centra en determinar la importancia relativa de cada FCE dentro del conjunto de factores identificados, con el objetivo de priorizar la atención, los recursos y los mecanismos de seguimiento hacia los elementos más críticos. Esta etapa es esencial, pues no todos los factores tienen el mismo nivel de impacto sobre el éxito del proyecto; algunos requieren intervenciones inmediatas y rigurosas, mientras que otros tienen un efecto complementario o indirecto. La jerarquización se realiza utilizando el método Analytic Hierarchy Process (AHP), que permite a los expertos realizar comparaciones por pares entre los factores y calcular sus pesos relativos de manera objetiva y consistente. Este enfoque cuantitativo proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, al permitir identificar qué FCE deben recibir mayor atención y cómo se deben asignar los recursos humanos, financieros y tecnológicos para maximizar la probabilidad de éxito del proyecto (Tulembayev et al., 2019).

Dimensión: Priorización y Cambio

La dimensión Priorización y Cambio analiza cómo se modifican las percepciones de importancia de los FCE tras la aplicación de la metodología híbrida AHP + TOPSIS, evaluando la consistencia de los juicios y la evolución del ranking de factores críticos entre el pretest y el posttest. Esta dimensión es clave porque permite evidenciar la efectividad del método aplicado y verificar si las intervenciones realizadas o la discusión entre expertos generan ajustes significativos en la valoración de los factores. La priorización se obtiene mediante el método TOPSIS, que calcula la proximidad de cada FCE a la solución ideal, permitiendo establecer un ranking definitivo que refleje el consenso experto y los cambios en su percepción. Este análisis de impacto pre-post es esencial para validar la metodología y garantizar que la gestión de los proyectos se base en decisiones fundamentadas, actualizadas y consistentes con la realidad operativa del sector defensa (Dybek y Głodziński, 2023).

4.1.2 Proyectos de I+D

Los proyectos de investigación y desarrollo (I+D) constituyen actividades estructuradas y planificadas orientadas a generar conocimiento, promover innovaciones tecnológicas y ofrecer soluciones aplicadas a problemas estratégicos. Por lo general, estos proyectos se dividen en tres categorías: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental, cada cual está relacionada a distintos grados de madurez tecnológica y niveles de aplicabilidad (González-Varona et al., 2020).

En el sector defensa, los proyectos de I+D toman un rol fundamental por su aporte a la consolidación de la seguridad nacional y el resguardo de la predominancia tecnológica ante peligros emergentes. Su influencia se manifiesta en la competencia de los Estados para crear sistemas de inteligencia artificial orientados al análisis estratégico, plataformas de ciberdefensa y tecnologías avanzadas de comunicación militar que garanticen tanto la compatibilidad entre sistemas como la agilidad operativa. (Berg y Ritschel, 2023; Lee et al., 2023).

De la misma forma, los estudios recientes hacen énfasis en que los proyectos de I+D no producen únicamente capacidades militares de punta, sino que también incentivan la innovación transversal tanto en sectores civiles como militares. Esta doble vertiente estratégica transforma a I+D de defensa en un pilar fundamental para la competitividad nacional y autonomía tecnológica, en la medida en que esta se maneje con una planeación oportuna, una coordinación eficaz y un enfoque claro hacia los Factores Críticos de Éxito (Fernandes et al., 2023).

- **Actividades de I+D**

Las actividades de I+D abarcan una gran variedad de procedimientos creativos y técnicos

- 1. Investigación básica:** Se enfoca en el desarrollo de conocimiento sin un objetivo comercial a corto plazo. En el sector defensa puede abarcar

investigaciones acerca de materiales resistentes novedosos o la creación de algoritmos avanzados.

2. Investigación aplicada: Orientada a solucionar problemas de tipo práctico con utilidades concretas. Por ejemplo, el desarrollo de radares más precisos o tecnología de localización temprana.

3. Desarrollo experimental: Enfocado en la producción y mejoramiento de productos, procesos o servicios. En el ámbito de defensa se puede observar en el desarrollo de prototipos de vehículos no tripulados o sistemas avanzados para armamento.

4.1.3 Gestión de Proyecto I+D

La gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) engloba la planeación, organización, dirección, supervisión y monitoreo de recursos y actividades con el propósito de lograr los propósitos de innovación tecnológica. Esta clase de gestión se diferencia de otras por su alto nivel de incertidumbre, que se origina en la exploración, experimentación y la ambigüedad propia de las etapas iniciales del desarrollo tecnológico (González-Varona et al., 2020).

En el ámbito de defensa, la gestión de proyectos de I+D es de naturaleza estratégica, pues sus logros influyen de manera directa en la capacidad operativa y en la soberanía del país. Esto exige la implementación de enfoques de gestión flexibles y adaptables, pero metodológicamente sólidos, que posibiliten una respuesta a la rápida evolución tecnológica, la dinámica de las operaciones y las normativas militares específicas (Meier y Kock, 2023).

De hecho, la bibliografía actual confirma que las unidades de I+D que priorizan las prácticas ágiles, la cooperación interinstitucional y una gestión formal del conocimiento superan en rendimiento, innovación y eficacia a las organizaciones rígidas que solo se enfocan en plazos y presupuestos. (Meier, 2023; Dybek y Głodziński, 2023). Estas prácticas contribuyen a una mejora en

cuanto a mitigación de riesgos, al incremento de la capacidad adaptativa frente a contingencias y además garantizan que los proyectos se mantengan alineados con los objetivos estratégicos del rubro.

Pilares de gestión

La gestión de proyectos de I+D en el sector defensa se sustenta en los siguientes pilares:

- a. Planificación estratégica:** Asegura que los proyectos se alineen con las metas de seguridad y defensa nacional, lo cual implica dar prioridad a aquellas iniciativas que hacen frente a amenazas concretas o que fortalecen capacidades clave.
- b. Gestión del riesgo:** Abarca la identificación y reducción de las incertidumbres propias de los proyectos de I+D, empleando herramientas esenciales en este contexto, tales como el análisis de escenarios y la gestión de riesgos ágil.
- c. Gestión del talento:** Es primordial contar con equipos multidisciplinarios en este tipo de proyectos. La colaboración entre expertos en ciencias, ingeniería y estrategia militar asegura que se obtengan resultados más sólidos y relevantes.
- d. Gestión de recursos:** Dada la alta demanda de recursos en estos proyectos, es fundamental optimizar el uso de financiamiento, tecnología y tiempo disponible.

4.1.4 Teorías sobre la gestión de proyectos

La gestión de proyectos establece que el éxito se basa en la correcta planificación, organización, ejecución, seguimiento, monitoreo y cierre de múltiples actividades, dentro de los plazos, costos, entre otros. En cuanto a escenarios de incertidumbre y los riesgos son elevados, como sucede en los

proyectos de I+D del sector defensa. En este sentido, estas teorías destacan la importancia de enfoques sistémicos, adaptativos y multicriterio según (Lee et al., 2023).

Asimismo, algunos estudios señalan que la gestión de proyectos basada únicamente en los tradicionales tripletes de tiempo, costo y alcance no resulta suficiente para el sector defensa. En cambio, la incorporación de Factores Críticos de Éxito (FCE) desde la fase inicial como liderazgo, normativas claras, capacidades técnicas y comunicación interinstitucional amplía la capacidad predictiva de éxito del proyecto (Berg y Ritschel, 2023). Además, para estos entornos es la de gobernanza de proyectos complicados, que incorpora la gestión del riesgo, la resiliencia institucional y la retroalimentación continua. Por ejemplo, González-Varona et al. (2020) demostraron que proyectos con marcos robustos de gobernanza, que incluyen mecanismos para anticipar y responder al cambio, alcanzan mayor eficacia y aceptación institucional en defensa.

Por otro lado, las teorías modernas de gestión de proyectos validan que para proyectos de I+D en defensa se debe adoptar un enfoque híbrido y multidimensional, que integre los FCE desde el diseño, use métodos multicriterio formales como AHP y TOPSIS, y contemple controles adaptativos del desempeño, calidad y cumplimiento estratégico. (Berg y Ritschel, 2023).

En el ámbito de I+D en el sector defensa, esta teoría se aplica a través de enfoques como:

- 1. PMBOK (Project Management Body of Knowledge):** Proporciona una guía estructurada y metodológica para gestionar proyectos con un enfoque tradicional.
- 2. Metodologías ágiles:** Permiten una mayor flexibilidad y adaptación a la incertidumbre inherente a los proyectos de innovación.
- 3. Ciclo de vida del proyecto:** Desde la concepción y planificación hasta la

ejecución, el monitoreo y el cierre. El éxito en la gestión de proyectos de I+D depende de cómo se conduce cada fase de estos principios a un contexto donde la innovación y la seguridad nacional son prioritarias.

4.1.5 Teoría de la dependencia de recursos

La teoría (TDR) manifiesta que las organizaciones no solo deben gestionar los recursos que poseen internamente, sino también de las relaciones con entidades externas con las cuales mantienen una dependencia para acceder a recursos críticos como financiamiento, tecnología, infraestructura y talento. Esta dependencia puede generar riesgos y vulnerabilidades, pero también puede convertirse en oportunidades estratégicas (Wang, 2020; Coşkun y Öztürk, 2023).

En el contexto de I+D en el ámbito de la defensa, la TDR adquiere particular relevancia debido a que dichos proyectos dependen en gran medida de fuentes externas como: recursos financieros, regulaciones gubernamentales, alianzas académicas, proveedores técnicos y apoyo institucional. Por ello, la disponibilidad, calidad y continuidad de estos recursos externos pueden convertirse en factores críticos de éxito cuando se integran al diseño y ejecución de los proyectos (Wang, 2020).

La literatura demuestra que las empresas forman cooperaciones de I+D como respuesta estratégica a dinámicas ambientales turbulentas, con la teoría de dependencia de recursos providing el marco explicativo, que dice, mayor dinamismo del entorno favorece la formación de alianzas para asegurar recursos que la organización no puede generar internamente (Wang, 2020). Otro trabajo teórico reciente de Coşkun y Öztürk (2023) argumenta que las firmas dependientes pueden desarrollar estrategias que no solo combatan la dependencia, sino que la aprovechen para generar ventajas relacionales, reputacionales y de innovación.

Es por ello, la teoría propone que para los proyectos I+D en defensa, es fundamental identificar como FCE aquellos recursos externos críticos como

financiero, técnico, humano, institucional, establecer mecanismos para asegurar su acceso y sostenibilidad, y gestionar las relaciones externas (alianzas, contratos, regulaciones) como parte del marco metodológico de gestión (como lo plantea MET-FCE Defensa).

En el contexto de proyectos de I+D en defensa, esta teoría es crucial para:

1.1.1.1. Colaboraciones estratégicas: Constituir alianzas con universidades, laboratorios y empresas privadas para acceder a recursos tecnológicos y humanos.

1.1.1.2. Gestión del uso financiamiento: Maximizar el uso de los recursos financieros limitados mediante la priorización de proyectos clave.

1.1.1.3. Adquisición de talento: Captación y fidelización de expertos en áreas críticas como ciberseguridad, robótica y sistemas autónomos.

Esta teoría subraya la importancia de identificar, negociar y optimizar los recursos externos que complementan las capacidades internas del sector defensa.

4.2 Metodología Híbrida AHP + TOPSIS

1.1.2. Analytic Hierarchy Process

El método Analytic Hierarchy Process (AHP), fue desarrollado por Thomas Saaty en 1980. Es una herramienta para el proceso de toma de decisiones multicriterio utilizada en contextos complejos, donde intervienen diferentes factores cualitativos y cuantitativos. Su fortaleza radica en la capacidad de descomponer un problema decisonal en una estructura jerárquica de niveles. Esto facilita un análisis sistemático de criterios y alternativas mediante comparaciones equiparadas (Saaty, 1980; Saka y Cetin, 2020).

En cuanto a proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D), en sectores estratégicos y complejos como la defensa, AHP ha demostrado ser una

herramienta muy útil para ordenar jerárquicamente los Factores Críticos de Éxito (FCE), permitiendo asignar pesos relativos de manera coherente, transparente y justificada. Este proceso metodológico permite integrar el juicio de especialistas facilitando la aprobación y gestión de las decisiones en escenarios donde predominan la incertidumbre y la diversidad de criterios técnicos, operativos y organizacionales (Dybek y Głodziński, 2023).

El proceso de AHP se compone de las siguientes etapas:

- 1. Exposición del objetivo principal del problema.**
- 2. Disgregación jerárquica del problema,** desde el objetivo general hasta los criterios, subcriterios y alternativas.
- 3. Comparación pareada de criterios y alternativas,** basada en una escala de intensidad de preferencias propuesta por Saaty (de 1 a 9).
- 4. Cálculo de los pesos relativos,** a través de la matriz de comparaciones, y verificación del **índice de consistencia (CI)** y **razón de consistencia (CR).**
- 5. Síntesis de prioridades,** para determinar la mejor alternativa o la estructura jerarquizada de factores clave.

Recientes estudios relacionados a la defensa han empleado AHP para evaluar soluciones tecnológicas, elegir proveedores estratégicos o priorizar capacidades militares, evidenciando la viabilidad de su aplicación en decisiones críticas y de incertidumbre (Ugonna et al., 2021; Đukić et al., 2022). Asimismo, su integración con herramientas procedimentales como TOPSIS permite no solo jerarquizar criterios, sino también evaluar el rendimiento relativo de múltiples alternativas, fortaleciendo la robustez del análisis.

Para este presente proyecto de tesis, el proceso metodológico AHP se

empleará como componente central y medular de la metodología híbrida MET-FCE Defensa, teniendo como objetivo jerarquizar los FCE más relevantes para la gestión de proyectos I+D. Esta jerarquización permitirá establecer con mayor alcance y precisión la toma de decisiones en el nivel estratégico, así como optimizar los procesos de asignación de recursos y asegurar que la gestión de proyectos I+D esté alineada con los objetivos del sector defensa.

1.1.3. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

El método TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) es una técnica o proceso sistemático multicriterio para la toma de decisiones, su aplicación se basa en seleccionar la mejor premisa o alternativa en función de su cercanía al escenario o solución ideal y más alejada de la solución no deseada. Este proceso metodológico va a permitir evaluar múltiples alternativas frente a un conjunto de criterios, siendo valorada en contextos complejos donde es necesario priorizar acciones estratégicas bajo condiciones esencialmente de incertidumbre.

Según Pandey et al. (2023), en su revisión sistemática de más de 180 estudios, que el método TOPSIS ha evolucionado considerablemente en los últimos 20 años, desarrollando variantes que incorporan lógica difusa, redes neuronales y algoritmos de optimización. Este factor ha permitido su aplicación en ámbitos tan diversos de evaluación compleja como la gestión de riesgos, planificación estratégica, análisis de políticas, selección de tecnologías y en el ámbito de la defensa.

Entre los aspectos más importantes de esta herramienta es su capacidad para operar criterios cualitativos y cuantitativos. Esto permite establecer decisiones más equilibradas en contextos de variables con cierto grado de aleatoriedad e incertidumbre. Asimismo, se evidencia que la robustez de TOPSIS mejora significativamente cuando se integra y también se vincula con métodos como AHP, los cuales tienen la función de ponderar los criterios previos al análisis final.

Esta herramienta TOPSIS se encarga de determinar el peso relativo de los criterios antes del análisis final. Esto nos permite establecer las reglas para priorizar recursos, tecnologías e incluso estrategias. Se toma en cuenta múltiples criterios técnicos, organizacionales y políticos. El proceso metodológico propuesto en esta investigación (MET-FCE Defensa) se respalda en este enfoque híbrido AHP–TOPSIS, para optimizar el proceso de identificación y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE), lo que va a permitir una mejor gestión en la toma de decisiones y administración de la estrategia de los proyectos de I+D.

1.1.4. Dimensiones de la variable

Dimensión: Aplicación de AHP

La dimensión Aplicación de AHP se centra en la construcción de matrices de comparación por pares entre los FCE, permitiendo a los expertos asignar valores relativos que reflejen la importancia de cada factor respecto a los demás. Este procedimiento garantiza que los juicios sean consistentes, evaluando la coherencia mediante el índice de consistencia ($CR < 0,1$), lo que asegura que las prioridades derivadas sean confiables y replicables. La aplicación del AHP permite transformar opiniones subjetivas en valores numéricos relativos, proporcionando una base sólida para jerarquizar los FCE y establecer un orden lógico de intervención, crucial para la planificación de proyectos complejos en entornos de alta incertidumbre tecnológica y estratégica (Ugonna et al., 2021; Đukić et al., 2022).

Dimensión: Aplicación de TOPSIS

La dimensión Aplicación de TOPSIS complementa el AHP al proporcionar un ranking final de los FCE basado en su proximidad a una solución ideal, considerando múltiples criterios simultáneamente. TOPSIS permite evaluar qué factores están más cerca de la condición óptima y cuáles se alejan de ella, ofreciendo una perspectiva cuantitativa y objetiva para la toma

de decisiones. Esta dimensión es fundamental para priorizar los FCE en función de su impacto relativo, asegurando que la gestión del proyecto se enfoque en los elementos de mayor relevancia y que las decisiones estratégicas estén alineadas con los objetivos de éxito del proyecto (Pandey et al., 2023),.

Dimensión: Impacto pre–post

La dimensión Impacto pre-post mide el cambio en la percepción de los FCE antes y después de la aplicación de la metodología híbrida MET-FCE Defensa, evaluando cómo varía la valoración de cada factor crítico tras la intervención metodológica. Este análisis permite validar la efectividad del enfoque AHP + TOPSIS, evidenciar la evolución en la importancia percibida de los factores y ajustar la gestión del proyecto en función de resultados concretos. La comparación de matrices pretest y posttest proporciona un indicador claro del cambio relativo, lo que permite identificar factores cuya importancia ha aumentado o disminuido, asegurando una planificación adaptativa y basada en evidencia para la consecución de los objetivos del proyecto (Ugonna et al., 2021; Đukić et al., 2022).

1.1.5. Evaluación de desempeño en proyectos de defensa

La evaluación de desempeño en proyectos del sector defensa se entiende como el análisis valorativo entre lo planificado y operativizado, constituyendo un desafío multifactorial debido a la naturaleza estratégica, confidencial, tecnológico, político y de sostenibilidad táctica. Según Berg y Ritschel (2023), a diferencia de los proyectos en otros sectores, donde la eficiencia suele medirse en función del tiempo, costo y alcance

La literatura nos indica que, el éxito de un proyecto de I+D en defensa no solo debe contemplar indicadores financieros o cronogramas que se cumplen, sino también el valor agregado en términos de capacidades militares generadas, el cumplimiento de los objetivos estratégicos del sector y el grado de vinculación con las políticas públicas de seguridad. Por ello, en trabajos recientes se

proponen modelos que integran variables cualitativas y cuantitativas, incluyendo el enfoque del “delivery of client benefit” o entrega de valor al usuario final, que considera la utilidad real de los resultados tecnológicos desarrollados.

Además, otros trabajos manifiestan la importancia de aplicar métodos sistemáticos y multicriterio para la evaluación de desempeño, en lugar de depender únicamente de indicadores tradicionales. Por ejemplo, en su análisis de proyectos digitales en las fuerzas armadas de la OTAN, Berg y Ritschel (2023) encontraron que la participación del cliente, la claridad de los objetivos y el enfoque ágil influyen significativamente en la entrega de beneficios al usuario.

En el marco del presente estudio, la evaluación del desempeño se realizará mediante la metodología híbrida MET-FCE Defensa, que integra el AHP para jerarquizar y el TOPSIS para priorizar los Factores Críticos de Éxito (FCE). Esta sinergia permitirá construir un marco de evaluación que mida el rendimiento de los proyectos de I+D del sector defensa no solo en el ámbito operativo, sino también en el estratégico y tecnológico, alineándose y siendo coherentes con las necesidades institucionales.

1.2. Marco legal

La gestión de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el sector defensa se encuentra enmarcada en un conjunto de normativas internacionales y nacionales que garantizan la legalidad, transparencia y protección de los resultados de innovación. Dicho marco normativo no solo regula la transferencia de tecnologías sensibles, sino que también asegura la protección de la propiedad intelectual derivada de estos proyectos, lo cual constituye un factor crítico de éxito en su gestión (Galán et al., 2024).

Normativa internacional

Referente al ámbito normativo internacional, el Tratado sobre el Comercio de Armas (2013) regula el comercio, la transferencia y el uso de tecnologías de defensa,

estableciendo estándares de transparencia y seguridad aplicables a proyectos de I+D. Esta normativa busca prevenir desvíos ilegales y garantizar que las innovaciones militares se alineen con principios éticos y de seguridad internacional.

En esa línea, el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT, 1970), administrado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), otorga una protección internacional a las innovaciones tecnológicas, incluidas aquellas aplicadas al sector de la defensa. La apropiada gestión de patentes es esencial, ya que asegura la exclusividad sobre tecnologías críticas y fomenta la inversión en investigación y desarrollo, al proteger los derechos de los inventores (Rocha et al., 2022).

Normativa nacional

En el Perú, la Ley N.º 30309 constituye un pilar para el impulso de la I+D+i, otorgando beneficios tributarios a empresas e instituciones que invierten en proyectos tecnológicos, lo que ha favorecido la modernización del sector defensa y el fortalecimiento de la innovación aplicada a la seguridad nacional (Walter et al., 2022)

Así mismo, la Ley de Propiedad Intelectual (Decreto Legislativo N.º 822) protege los derechos de autor, marcas y patentes, regulando la explotación comercial de invenciones. Esta disposición normativa es determinante para garantizar que los resultados de proyectos de defensa sean debidamente resguardados frente a terceros y, al mismo tiempo, promuevan confianza en los procesos de transferencia tecnológica.

En el Perú, además de las leyes nacionales generales de ciencia, tecnología e innovación, existen normativas sectoriales específicas vigentes que regulan directamente la gestión operativa, tecnológica y organizacional de proyectos I+D dentro del ámbito militar y defensa. Entre ellas destacan:

- La Resolución Ministerial N° 01016-2024-DE que aprueba la Directiva

General para la implementación de la gestión por procesos en el MINDEF, estableciendo fases, roles y manuales de procedimientos que institucionalizan la estandarización, transparencia y mejora continua en procesos clave relacionados con I+D.

- La Resolución Ministerial N° 01193-2024-DE, que aprueba el Mapa de Procesos del MINDEF, incluyendo el proceso de soporte “S04 Gestión de tecnologías de la información”, fortaleciendo la dimensión tecnológica del sector defensa al establecer formalmente responsabilidades y procesos que inciden en proyectos de innovación tecnológica.
- El IMIAPP MINDEF 2023-2026 (Res. Min. N° 01558-2023-DE) sirve como instrumento normativo-estratégico para priorizar inversiones públicas y privadas, incluyendo aquellas en defensa y seguridad nacional, lo que alinea los proyectos I+D con prioridades nacionales institucionalizadas.
- El Decreto Supremo N° 008-2023-DE, que aprueba el reglamento del Decreto Legislativo N° 1139, Ley de la Fuerza Aérea del Perú, actualizando sus competencias y funciones en un contexto más moderno y normativamente actualizado, y estableciendo bases legales para proyectos de tecnología aire-espacio, defensa aeronáutica o innovación militar relacionada.

Estas normas refuerzan la validez práctica de la metodología híbrida MET-FCE Defensa, pues proporcionan respaldo legal reciente para incorporar FCE relacionados con tecnología, procesos institucionales, gestión de TI y alineaciones estratégicas institucionales.

Sobre la base de este marco teórico, el Capítulo V detalla el diseño metodológico adoptado para operacionalizar la metodología MET-FCE Defensa y estructurar las fases de recogida y análisis de datos.

CAPÍTULO V DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

5.1. Metodología

5.1.1. Metodología de la investigación

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, debido a que analiza datos medibles obtenidos mediante escalas de valoración, aplica métodos multicriterio (AHP y TOPSIS) y compara estadísticamente los resultados del pretest y posttest. El propósito es medir y explicar cómo cambia la importancia relativa de los Factores Críticos de Éxito (FCE) antes y después de aplicar la metodología híbrida propuesta (Snyder, 2021; Williams et al., 2023).

Tipo de investigación: La investigación es de tipo aplicado, pues desarrolla y evalúa una metodología híbrida multicriterio para optimizar la toma de decisiones en la gestión de proyectos de I+D del sector defensa. El estudio genera un instrumento metodológico de utilidad práctica institucional.

Diseño de investigación: Se empleó un diseño **pre-experimental**, con un solo grupo y dos mediciones: Pretest (antes de la intervención), posttest (después de aplicar la metodología AHP-TOPSIS).

El diseño permite determinar si la metodología híbrida genera cambios significativos en la percepción de importancia de los FCE.

Nivel de investigación: Es descriptivo-explicativo:

- Descriptivo, porque identifica y caracteriza los FCE mediante evidencia documental y su valoración inicial.
- Explicativo, porque evalúa cómo la aplicación del AHP y TOPSIS modifica la importancia relativa de los FCE, explicando dichos cambios a través de análisis estadístico pre-post.

5.1.2. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por 25 profesionales vinculados a proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en el sector defensa, incluyendo oficiales, investigadores, analistas tecnológicos y gestores de proyectos con experiencia en procesos de innovación institucional.

Muestra

Para el estudio se seleccionó una muestra de 12 expertos, mediante muestreo intencional, en función de los siguientes criterios:

- Experiencia mínima de 5 años en proyectos de I+D.
- Participación previa en procesos de evaluación, planificación o gestión de tecnología.
- Experiencia en toma de decisiones o asesoría técnica en el sector defensa.

5.1.3. Validación de instrumentos

Para asegurar la calidad metodológica del estudio, los FCE preliminares fueron sometidos a la validación por juicios de expertos. Por otro lado, el instrumento utilizado fue la encuesta, el cual paso por el proceso validación y confiabilidad.

a) Validación de contenido mediante juicio de expertos

La lista preliminar de Factores Críticos de Éxito (FCE) y el cuestionario de importancia fueron evaluados por especialistas con experiencia en proyectos de I+D en el sector defensa.

Los expertos fueron 3 especialistas que no forman parte de la muestra y analizaron:

- Pertinencia

- Claridad
- Coherencia
- Relevancia de cada ítem

Para garantizar rigor metodológico, se empleó el Índice de Validez de Contenido (IVC) basado en el método de Lawshe (CVR), determinando qué ítems debían ser conservados, revisados o eliminados.

Como resultado, se obtuvo una versión final del cuestionario apta para su aplicación en el pretest.

b) Confiabilidad del instrumento (alfa de Cronbach)

La confiabilidad se estimó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, lo que permitió verificar la estabilidad interna de la escala, coherencia entre los ítems de cada dimensión, ausencia de ítems que distorsionen la medición. El instrumento obtuvo un nivel satisfactorio de confiabilidad ($\alpha \geq 0.70$), lo que respalda su uso en la fase de pretest y posttest de la investigación.

b) Procesamiento de los datos.

Los datos fueron procesados utilizando el lenguaje de programación Python en su versión 3.11 con las librerías pandas, numpy y matplotlib debido a lo pesado del procesamiento numérico.

5.2. Operacionalización de las variables

Tabla 8

Representación de la operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento/técnica	Escala/Medición
Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa	Identificación	Existencia y relevancia de FCE reportados en literatura y documentos oficiales del sector defensa	Revisión documental Validación de contenido por juicio de expertos Cuestionario	FCE preliminares FCE definitivos Likert 1–5
	Jerarquización	Peso relativo de cada FCE en la gestión de proyectos Ranking final de FCE y variación entre pretest y posttest	Método AHP	Numérico relativo (0–1)
	Priorización y cambio		Método TOPSIS	Diferencia pre–post / puntuación relativa
	Aplicación de AHP	Comparaciones por pares realizadas y consistencia de la matriz ($CR < 0.1$)	Formulario de comparación AHP	Numérico relativo (0–1)
Metodología híbrida AHP + TOPSIS Independiente	Aplicación de TOPSIS	Construcción de matriz de decisión, normalización y cálculo de proximidad relativa	Matriz TOPSIS	Ranking relativo de FCE
	Impacto pre–post	Cambio en la percepción de importancia de los FCE	Comparación de matrices pretest y posttest	Diferencia relativa % de cambio

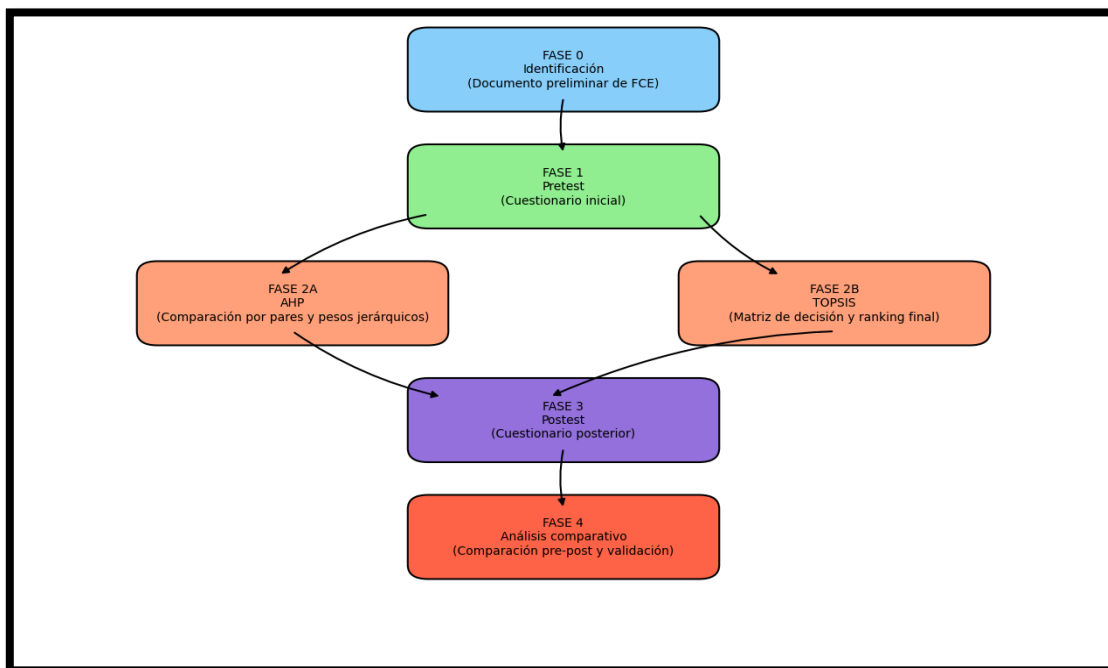
- **Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo:** es la variable dependiente y aquella que se quiere medir o evaluar. Su resultado cambia según la intervención que se aplique; en este caso, los FCE reciben el efecto de la metodología aplicada, reflejándose en cambios en su identificación, jerarquización y priorización.
- **La Metodología híbrida AHP + TOPSIS:** es la variable independiente, es decir, la que interviene o provoca cambios. Su aplicación busca mejorar la objetividad y consistencia en cómo se identifican, jerarquizan y priorizan los FCE.

5.3.Desarrollo de la propuesta

En la Figura 4 se muestra el esquema principal que representa la presente propuesta. Primero se plantea la identificación de los Factores Críticos de Éxito (FCE), con el objetivo de establecer una base sólida de factores relevantes para los proyectos de investigación y desarrollo en el sector defensa. Luego, se realiza el Pretest, etapa inicial de medición que permite conocer la valoración de los FCE por parte de los expertos antes de aplicar la intervención metodológica. Esta fase genera la línea de base sobre la que se evaluarán los cambios posteriores. A continuación, se desarrolla la intervención mediante la metodología híbrida AHP + TOPSIS, la cual tiene como finalidad jerarquizar y priorizar los FCE de manera objetiva y sistemática, asegurando consistencia en los resultados y facilitando la toma de decisiones estratégicas. Finalmente, se ejecuta el Posttest y análisis comparativo, fase en la que se contrastan los resultados obtenidos antes y después de la intervención, permitiendo identificar variaciones en la percepción de importancia de los FCE y evaluar el impacto de la metodología aplicada.

Figura 4

Esquema del desarrollo de propuesta

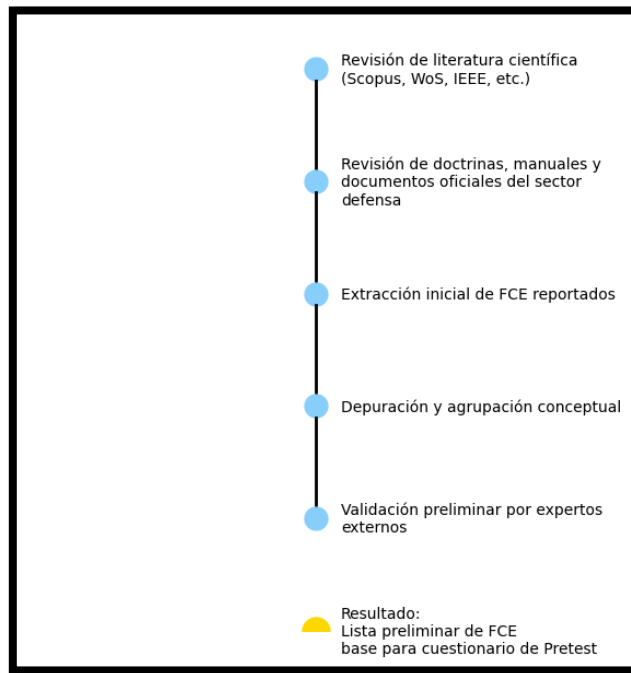


5.3.1. FASE 0: Identificación documental de los FCE

En la Figura 5 se ilustra la fase inicial de la propuesta, que ocurre antes del Pretest. Esta etapa es fundamental, porque establece la base sobre la cual se desarrollará toda la investigación. Se realiza una revisión exhaustiva de literatura científica en bases de datos internacionales (Scopus, WoS, IEEE) y de documentos oficiales del sector defensa, incluyendo doctrinas, manuales y reglamentos. El objetivo es extraer los Factores Críticos de Éxito (FCE) reportados en la evidencia, depurarlos, agruparlos conceptualmente y generar un listado preliminar. Para asegurar que estos factores sean pertinentes y claros, un grupo de expertos externos realiza una validación preliminar, ajustando o eliminando ítems que no cumplan criterios de relevancia o claridad. El resultado es una lista preliminar de FCE, que servirá como base para el cuestionario del Pretest. Esta fase respalda la hipótesis H.E.1 y el objetivo OE1, pues se centra en identificar de manera confiable los FCE más relevantes para los proyectos de I+D en el sector defensa.

Figura 5

Fase cero (0) de la propuesta

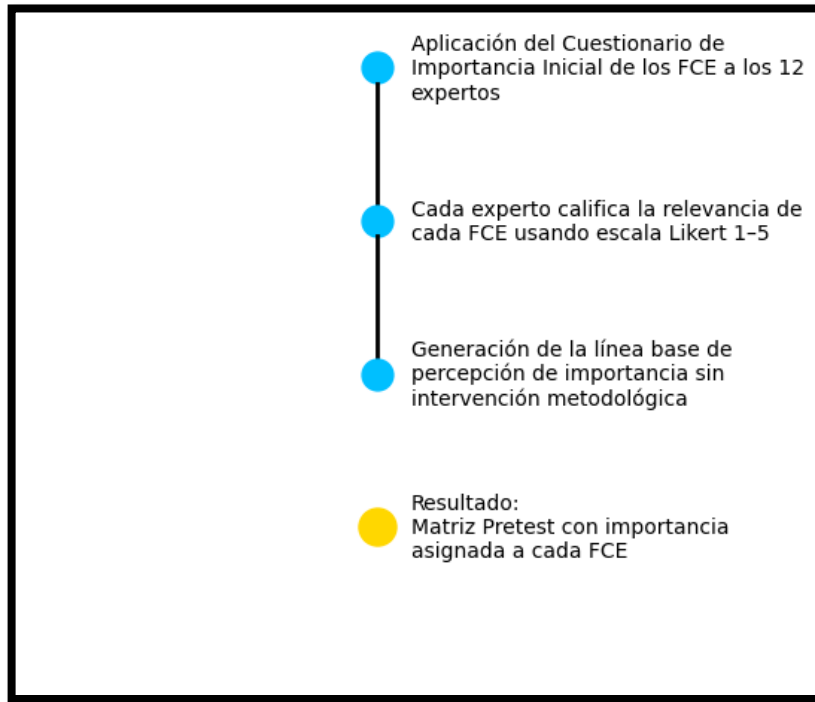


5.3.2. FASE 1: Pretest

En la Figura 6 se representa la fase de Pretest, que ocurre justo después de la identificación y validación de los FCE. Esta etapa busca capturar la percepción inicial de importancia de los FCE por parte de los expertos, sin aplicar aún la metodología AHP + TOPSIS. Los 12 expertos seleccionados califican cada FCE mediante una escala Likert de 1 a 5, lo que permite obtener un panorama claro de la valoración inicial de cada factor. El resultado es la matriz Pretest, que refleja la línea de base de importancia de los FCE y sirve como punto de comparación para evaluar los efectos de la intervención metodológica. Esta fase también se vincula con la hipótesis H.E.1 y el objetivo OE1, ya que confirma la existencia y relevancia de los FCE identificados.

Figura 6

Fase uno (01) de la propuesta



5.3.3. FASE 2: Intervención con Metodología Híbrida AHP + TOPSIS

En la Figura 7 se muestra la fase de intervención, posterior al Pretest. Su propósito es otorgar objetividad y consistencia a la identificación y priorización de los FCE, mediante la aplicación de métodos multicriterio.

2A Aplicación del AHP

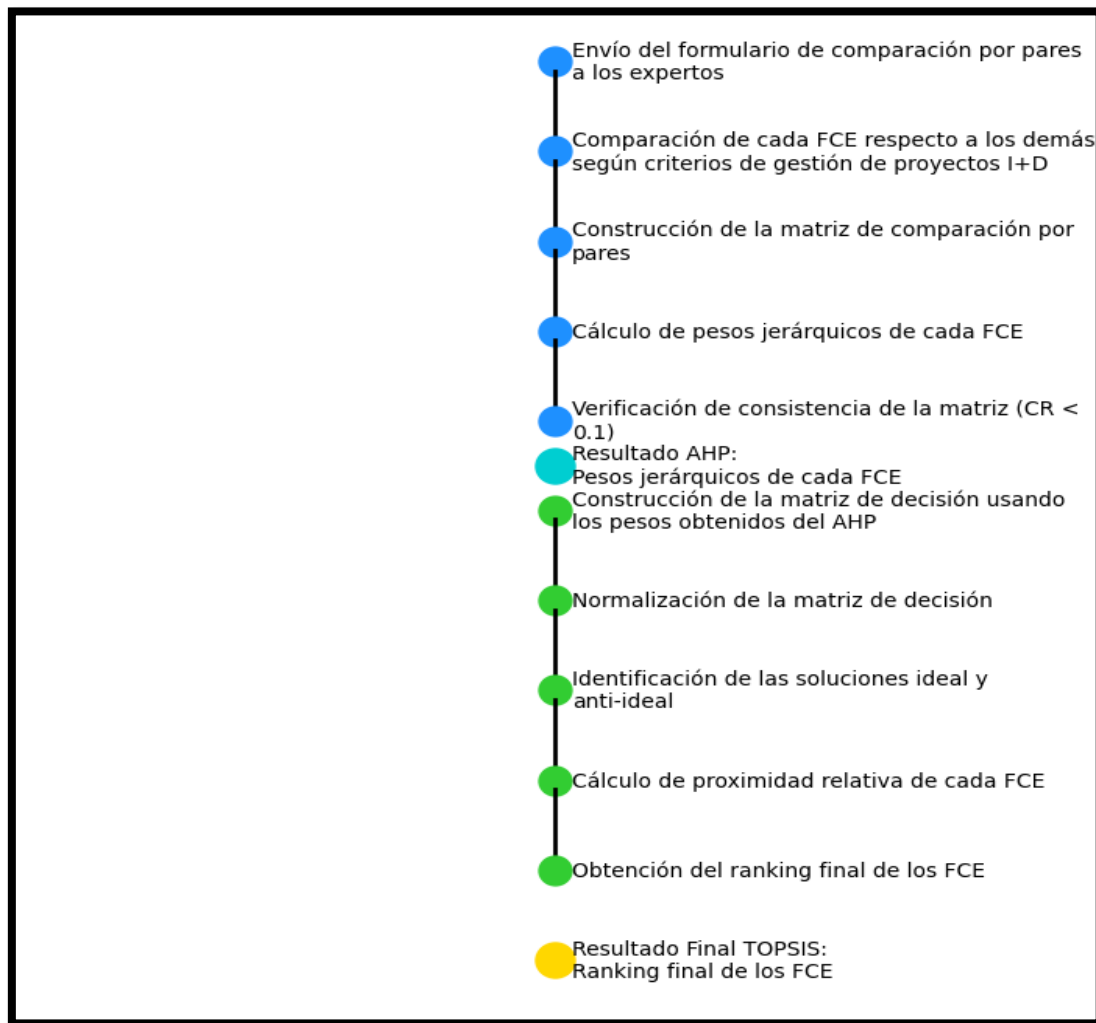
El método AHP permite jerarquizar los FCE de manera objetiva. Los expertos reciben un formulario de comparación por pares, donde evalúan cada FCE en relación con los demás según criterios de gestión de proyectos de I+D. A partir de estas comparaciones, se construye la matriz de comparación por pares, se calculan los pesos jerárquicos de cada FCE y se verifica la consistencia de la matriz ($CR < 0.1$). El resultado es un conjunto de pesos AHP, que indica la importancia relativa de cada factor dentro del proceso de toma de decisiones. Esta etapa se relaciona con la hipótesis H.E.2 y el objetivo OE2.

2B Aplicación del TOPSIS

El método TOPSIS complementa al AHP, permitiendo priorizar los FCE considerando los pesos obtenidos previamente. Se construye la matriz de decisión, se normaliza, se identifican las soluciones ideal y anti-ideal, y se calcula la proximidad relativa de cada FCE respecto a estas soluciones. El resultado es un ranking final de los FCE, que refleja una priorización objetiva y permite comparar los efectos antes y después de la intervención. Esta fase respalda la hipótesis H.E.3 y el objetivo OE3, pues evidencia cómo la metodología modifica la percepción de importancia de los FCE.

Figura 7

Fase dos (02) de la propuesta



5.3.4. FASE 3: Postest

La fase de postest se desarrolló después de la intervención metodológica basada en la aplicación secuencial de AHP y TOPSIS. A los mismos cinco expertos participantes se les administró nuevamente el instrumento empleado en el pretest, manteniendo los mismos FCE, escala de valoración y condiciones generales de medición, con la finalidad de garantizar la comparabilidad intraindividual entre ambas observaciones.

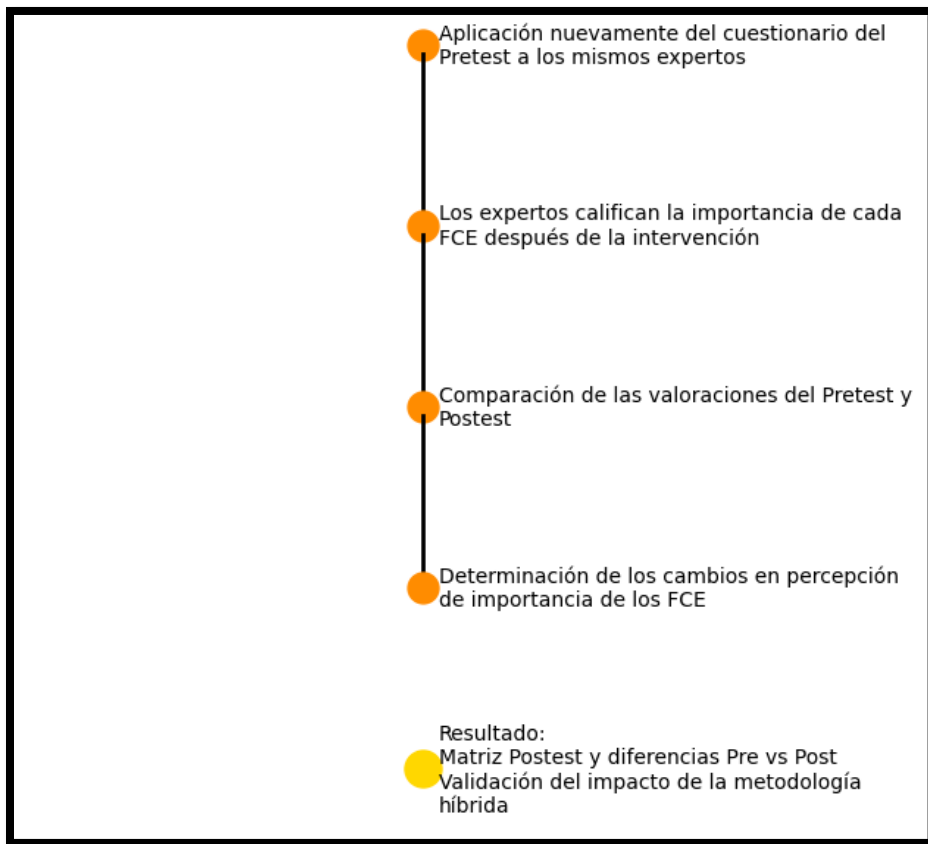
La comparación entre las mediciones pretest y postest permitió identificar los cambios producidos en las valoraciones de los expertos después de su participación en la intervención metodológica. En consecuencia, las diferencias observadas se interpretaron como cambios temporalmente asociados con la aplicación de MET-FCE Defensa, sin asumir que la intervención constituye la única causa posible de dichas variaciones, debido a las características propias del diseño preexperimental de un solo grupo.

La matriz postest y las diferencias respecto del pretest constituyeron la base para el análisis descriptivo e inferencial posterior. Este análisis permitió examinar si las valoraciones realizadas después de la intervención presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto de las valoraciones iniciales.

En la Figura 8 se presenta la fase de Postest, que ocurre inmediatamente después de la intervención con AHP + TOPSIS. Se aplica nuevamente el cuestionario del Pretest a los mismos expertos, permitiendo comparar las valoraciones Pretest y Postest. Este análisis evidencia los cambios en la percepción de importancia de los FCE, reflejando el impacto directo de la metodología híbrida MET-FCE Defensa. El resultado es la matriz Postest, junto con la diferencia entre Pretest y Postest, que constituye evidencia del efecto de la intervención. Esta fase se relaciona con la hipótesis general H.G. y el objetivo OE3, pues valida que la metodología aumenta la objetividad y consistencia en la gestión de FCE.

Figura 8

Fase tres (03) de la propuesta



5.3.4.1. Diseño Pretest–Postest, intervención metodológica e instrumento de medición

La investigación adoptó un diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones pretest y postest, representado mediante el esquema:

$$G: O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

Donde O_1 corresponde a la medición inicial de las valoraciones de los expertos sobre los Factores Críticos de Éxito; X representa la intervención mediante la aplicación estructurada de la metodología híbrida MET-FCE Defensa; y O_2 corresponde a la medición posterior realizada con el mismo instrumento.

El grupo estuvo conformado por cinco expertos vinculados con el sector defensa. La unidad de análisis correspondió a las valoraciones emitidas por los mismos participantes respecto de los 32 FCE previamente validados. La utilización de los mismos expertos en ambas mediciones permitió realizar comparaciones relacionadas o pareadas y controlar la variabilidad derivada de la participación de sujetos diferentes.

La intervención **X** no consistió únicamente en proporcionar información sobre AHP y TOPSIS, sino en la participación de los expertos en un procedimiento estructurado de análisis de los FCE. Este procedimiento comprendió la valoración inicial de los factores, su jerarquización mediante AHP, la aplicación de criterios de priorización mediante TOPSIS y la revisión de los resultados obtenidos antes de la medición posterior. En consecuencia, el tratamiento metodológico estuvo definido por una secuencia homogénea y previamente establecida para todos los participantes.

La variable de respuesta fue la valoración de importancia asignada por los expertos a cada FCE, medida mediante una escala ordinal de cinco categorías. Para garantizar la comparabilidad entre O_1 y O_2 , se mantuvieron constantes el instrumento, los 32 FCE evaluados, la escala de respuesta y los participantes.

Debido a que el diseño empleado corresponde a un diseño preexperimental de un solo grupo, las diferencias entre el pretest y el posttest permiten identificar cambios intraindividuales posteriores a la intervención y estadísticamente asociados con ella, pero no permiten establecer una atribución causal exclusiva en ausencia de un grupo de control o comparación. Por esta razón, los resultados se interpretaron considerando el alcance del diseño y las posibles amenazas a la validez interna.

Para fortalecer la consistencia de la inferencia, se adoptaron medidas de control procedimental: aplicación del mismo instrumento en ambas mediciones; participación de los mismos expertos; utilización de una secuencia estandarizada

de intervención; conservación de los mismos FCE y escala de respuesta; y empleo de análisis estadísticos para muestras relacionadas. Estas medidas reducen fuentes de variación procedimental, aunque no eliminan completamente las limitaciones inherentes al diseño preexperimental.

En consecuencia, el análisis pretest–posttest se utilizó para evaluar si se produjeron cambios significativos en las valoraciones después de la aplicación de MET-FCE Defensa y no para sostener que la metodología constituye la causa exclusiva de todas las diferencias observadas.

5.3.4.2. Control de amenazas a la validez interna

Puede presentarse mediante una tabla:

Tabla 9

Control de amenazas a la validez interna

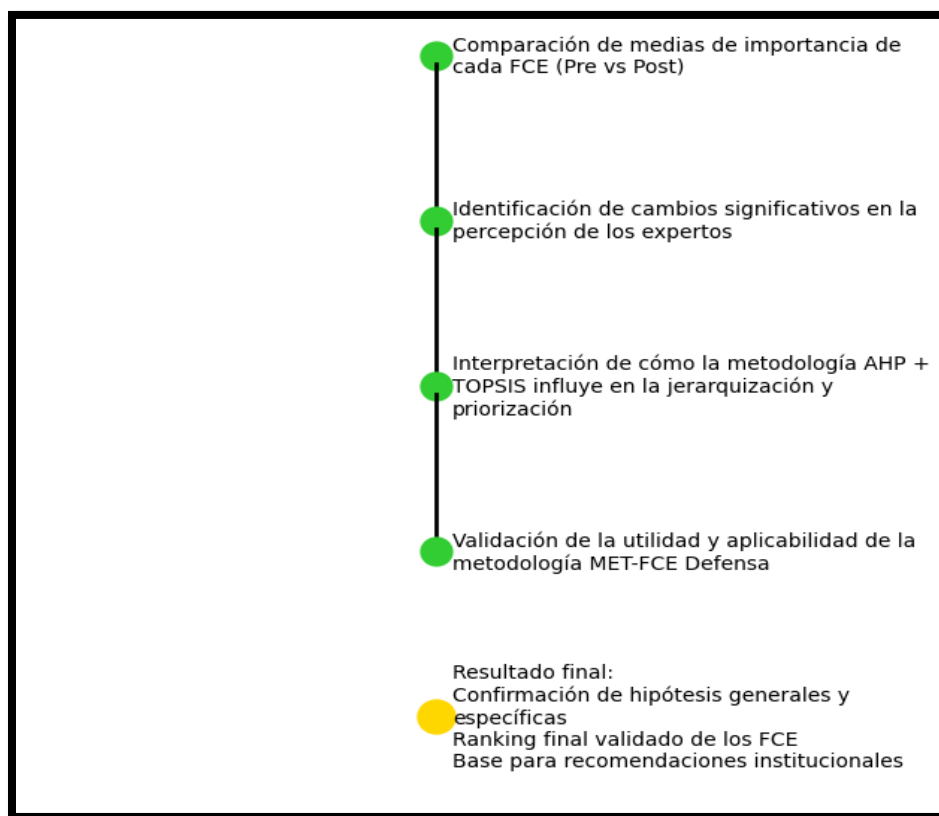
Amenaza potencial	Amenaza potencial	Medida de control o delimitación
Historia	Podrían ocurrir acontecimientos externos entre ambas mediciones	Reducir el intervalo temporal y documentar las condiciones de aplicación
Maduración	Los expertos podrían modificar naturalmente sus criterios	El periodo de intervención fue acotado
Efecto de prueba	El pretest podría influir en el posttest	Reconocerlo como limitación del diseño
Instrumentación	Cambios en el instrumento podrían producir diferencias	Se utilizó el mismo instrumento y escala
Regresión estadística	Posible cuando se seleccionan valores extremos	Los expertos no fueron seleccionados por puntuaciones extremas
Mortalidad experimental	Pérdida de participantes entre mediciones	Participaron los mismos cinco expertos en ambas mediciones
Sesgo del investigador	La conducción de la intervención podría influir en las respuestas	Aplicación de un protocolo uniforme y criterios explícitos
Ausencia de grupo control	Impide aislar completamente el efecto de la intervención	Se delimita la inferencia a cambios asociados temporalmente con la intervención

5.3.5. FASE 4: Análisis comparativo y validación

En la Figura 9 se ilustra la fase final, dedicada al análisis comparativo y la validación de la metodología. Aquí se comparan las medias de importancia de cada FCE antes y después de la intervención, se identifican cambios significativos y se interpreta cómo la metodología AHP + TOPSIS influye en la jerarquización y priorización de los factores. Los resultados finales permiten confirmar las hipótesis generales y específicas, obtener el ranking final validado de FCE y generar recomendaciones institucionales para la gestión de proyectos de I+D en el sector de la defensa. Esta fase consolida toda la investigación, demostrando la aplicabilidad y utilidad práctica de la metodología híbrida MET-FCE Defensa.

Figura 9

Fase cuatro (04) de la propuesta



Los resultados obtenidos mediante este diseño metodológico se presentan, analizan y discuten en el Capítulo VI.

CAPÍTULO VI RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Resultados de la Fase 0 - Identificación documental de los FCE

6.1.1 Identificación de los FCE preliminares

Se consolidó una lista preliminar de 55 Factores Críticos de Éxito (FCE), organizados en siete dimensiones clave: A. Planificación y gestión de proyectos, B. Capacidad técnica y tecnológica, C. Gestión de recursos humanos, D. Coordinación interinstitucional, E. Gestión de conocimiento e información, F. Evaluación y sostenibilidad, y G. Innovación y adaptación al contexto. Cada FCE fue identificado a partir de fuentes especializadas, incluyendo literatura científica, manuales y documentos oficiales del sector defensa, y describe prácticas, capacidades y condiciones esenciales para garantizar el éxito de los proyectos de I+D. Entre los factores se destacan la claridad de objetivos y entregables, planificación temporal y gestión de riesgos; la disponibilidad de infraestructura, laboratorios y herramientas tecnológicas; la formación, motivación y liderazgo del equipo; la coordinación con universidades, proveedores y entidades del sector; la protección de información y propiedad intelectual; la incorporación de metodologías ágiles, BIM y simulaciones; así como la innovación, adaptabilidad y uso de inteligencia artificial y ciberdefensa. Esta estructuración permite una visión integral y estratégica de los elementos que aseguran que los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa peruano sean efectivos, sostenibles y pertinentes al contexto nacional (Ver Tabla 9).

Tabla 10
Lista preliminar de FCE

ID FCE	DESCRIPCIÓN DE FCE	DIMENSIÓN	DESCRIPCIÓN	FUENTE
1	Claridad en los objetivos del proyecto.	A. Planificación y gestión de proyectos	Este factor hace referencia a la necesidad de que los proyectos de I+D cuenten con objetivos específicos, medibles y alcanzables. La claridad en los objetivos permite al equipo comprender con precisión lo que se busca lograr, alineando esfuerzos y recursos. En el contexto del sector defensa peruano, la investigación responde a necesidades estratégicas institucionales y	Project Management Institute (2021); Ministerio de Defensa (2024)

		contribuya a la seguridad nacional.	
2	Definición de alcance y entregables concretos.	Determinar claramente el alcance y los entregables de un proyecto evita desviaciones y sobrecostos. Los entregables deben ser tangibles y verificables, permitiendo evaluar el progreso de manera objetiva. Esto es esencial en proyectos de I+D en defensa, donde los resultados deben ser aplicables a la operatividad o a la innovación tecnológica institucional. La programación de actividades debe incluir plazos concretos y factibles. Establecer hitos intermedios facilita el seguimiento del progreso, identifica posibles retrasos y permite ajustes oportunos. Para el sector defensa, esto garantiza que los proyectos de innovación no comprometan la continuidad operativa ni excedan tiempos críticos de implementación.	Kerzner (2017)
3	Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables.	Este factor implica anticipar problemas potenciales y diseñar estrategias de mitigación. La identificación de riesgos no solo considera amenazas técnicas, financieras o logísticas, sino también oportunidades que pueden potenciar resultados. En defensa, la gestión de riesgos asegura la resiliencia de proyectos frente a cambios tecnológicos, normativos o estratégicos.	Shenhar y Dvir (2007); Ministerio de Economía y Finanzas (2016);
4	Gestión de riesgos identificando amenazas, oportunidades y planes de contingencia.	Garantizar que los proyectos dispongan de recursos financieros, humanos y materiales suficientes es crucial para el éxito. La asignación eficiente evita desperdicio y asegura que cada actividad cuente con el apoyo necesario. En el contexto peruano, esto se traduce en optimizar la inversión pública en I+D, alineada a prioridades estratégicas del sector.	Project Management Institute (2021)
5	Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos.	Establecer mecanismos de supervisión continua permite detectar desviaciones, corregir errores y mantener el proyecto en el rumbo planeado. Los informes de progreso sistemáticos facilitan la rendición de cuentas y la toma de decisiones basada en evidencia. Para la defensa, asegura que los desarrollos tecnológicos o investigaciones críticas se entreguen a tiempo y con calidad.	Ministerio de Economía y Finanzas (2016); Ministerio de Defensa (2024)
6	Seguimiento y control periódico de avances.	Definir indicadores clave de desempeño facilita medir los resultados de forma objetiva y comparativa. Los KPIs permiten evaluar eficacia, eficiencia y relevancia de las actividades del proyecto. En proyectos de I+D del sector defensa, estos indicadores son esenciales para demostrar impacto en la capacidad operativa o tecnológica institucional.	Kerzner (2017)
7	Uso de indicadores de desempeño claros (KPIs).	Registrar cada paso, decisión y modificación en el proyecto garantiza transparencia, trazabilidad y aprendizaje institucional. Esto es especialmente importante en proyectos de	Project Management Institute (2021)
8	Documentación sistemática de procesos y decisiones.		Ministerio de Defensa (2016)

			defensa, donde la documentación respalda la replicabilidad, auditoría y futura implementación de innovaciones tecnológicas.	
9	Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos.		La capacidad de ajustar planes y prioridades ante avances tecnológicos, cambios estratégicos o imprevistos asegura que los proyectos permanezcan relevantes y efectivos. Para el sector defensa peruano, esta flexibilidad permite que la investigación se adapte a amenazas emergentes o nuevas oportunidades de innovación.	Shenhar y Dvir (2007)
10	Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa.		Aplicar metodologías ágiles permite gestionar proyectos de manera iterativa, respondiendo rápidamente a cambios y retroalimentación. En el sector defensa, esto facilita la experimentación controlada, prototipado rápido y mejora continua de soluciones tecnológicas críticas.	Radu (2025); Diaz (2017)
11	Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación.		El éxito de los proyectos de I+D depende en gran medida de la experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación. Contar con personal calificado en áreas científicas y tecnológicas permite ejecutar las actividades con precisión y eficiencia, asegurando resultados de calidad que se alineen con las necesidades estratégicas del sector defensa peruano.	CONCYTEC (2016)
12	Infraestructura tecnológica y laboratorios adecuados.		Disponer de infraestructura tecnológica adecuada, como laboratorios, talleres y espacios de experimentación, es fundamental para el desarrollo de prototipos y la validación de soluciones. En el contexto de defensa, esto permite simular escenarios operativos y evaluar tecnologías de manera controlada y segura.	PCM (2023)
13	Acceso a software y herramientas de simulación especializadas.	B. Capacidad técnica y tecnológica	El acceso a software especializado y herramientas de simulación facilita la planificación, modelado y evaluación de sistemas complejos. Estas herramientas permiten reducir riesgos, optimizar recursos y anticipar resultados, especialmente en proyectos de I+D que involucran sistemas de armas, comunicaciones o ciberdefensa.	Sargent (2013)
14	Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas.		La capacidad de prototipado y pruebas funcionales asegura que las soluciones desarrolladas sean verificables y aplicables en entornos reales. Esto permite identificar problemas antes de la implementación definitiva y mejorar la eficacia de las innovaciones tecnológicas en el sector defensa.	DARPA (2022)
15	Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias.		Mantenerse actualizado en tecnologías emergentes y tendencias globales es crucial para que los proyectos de I+D permanezcan competitivos y pertinentes. La vigilancia tecnológica permite que el sector defensa peruano adopte innovaciones oportunamente, aumentando la resiliencia y capacidad de respuesta ante nuevas amenazas.	PCM (2023)

16	Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano.		La integración de soluciones innovadoras debe considerar la aplicabilidad al contexto peruano, incluyendo limitaciones de infraestructura, normativas locales y necesidades operativas específicas. Esto asegura que los desarrollos no solo sean avanzados, sino también funcionales y sostenibles.	CONCYTEC (2025)
17	Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales.		La investigación aplicada para resolver problemas operativos reales es esencial para garantizar que los proyectos de I+D generen impacto tangible. Este enfoque permite que los resultados científicos y tecnológicos contribuyan directamente a mejorar capacidades estratégicas y operativas de las Fuerzas Armadas y organismos asociados. La implementación de metodologías BIM (Building Information Modeling) en proyectos tecnológicos y de infraestructura permite coordinar diseño, construcción y gestión de manera integrada. En el contexto de defensa, facilita la planificación de instalaciones, simulaciones de escenarios y optimización de recursos.	Calderón y Coila (2020)
18	Implementación de metodologías BIM para proyectos tecnológicos y de infraestructura.		El uso de herramientas de modelado y simulación digital fortalece la capacidad de análisis y predicción de resultados en proyectos complejos. Esto permite evaluar múltiples escenarios y tomar decisiones basadas en evidencia, reduciendo riesgos en la ejecución de proyectos de I+D.	Ershadi et al. (2022)
19	Aplicación de herramientas de modelado y simulación digital para defensa.		La incorporación de inteligencia artificial en análisis, predicción y toma de decisiones potencia la capacidad de los proyectos de I+D para anticipar problemas, optimizar recursos y generar soluciones inteligentes. En defensa, esto contribuye a mejorar la eficacia operativa y la toma de decisiones estratégicas en entornos complejos y dinámicos.	Tzeng y Huang (2011)
20	Incorporación de inteligencia artificial en análisis, predicción y toma de decisiones.		La formación y capacitación continua del personal asegura que los miembros del equipo mantengan habilidades actualizadas y puedan adaptarse a nuevas tecnologías y metodologías, incrementando la eficacia en proyectos de I+D.	Kostopoulos et al. (2024)
21	Formación y capacitación continua del personal.		La motivación y compromiso del equipo de trabajo favorecen la productividad, la innovación y la resolución proactiva de problemas, esenciales en proyectos estratégicos del sector defensa.	Sepúlveda (2017)
22	Motivación y compromiso del equipo de trabajo.	C. Gestión de recursos humanos	La distribución clara de roles y responsabilidades permite que cada miembro sepa sus funciones específicas, evitando duplicidad de esfuerzos y mejorando la coordinación dentro del proyecto.	Salas et al. (2008)
23	Distribución clara de roles y responsabilidades		El liderazgo efectivo del director o coordinador del proyecto orienta al equipo, facilita la toma de decisiones y fortalece la gestión de los recursos y tiempos de manera óptima.	Armstrong (2014)
24	Liderazgo efectivo del director o coordinador del proyecto.			Ahmad et al. (2023); Martínez (2021)

25	Retención y gestión de talento especializado.	D. Coordinación interinstitucional	La retención y gestión de talento especializado garantiza la continuidad del conocimiento crítico dentro del proyecto, evitando pérdida de capacidades esenciales para la innovación.	U.S. Department of Defense (2022)
26	Promoción de cultura de innovación y aprendizaje continuo.		La promoción de una cultura de innovación y aprendizaje continuo fomenta la creatividad, la mejora de procesos y la incorporación de nuevas tecnologías en la gestión de proyectos de I+D.	Haryadi et al. (2025)
27	Vinculación con universidades y centros de investigación.		La vinculación con universidades y centros de investigación fortalece el acceso a conocimiento especializado, recursos académicos y colaboración en estudios aplicados al sector defensa.	Perkmann et al. (2013); Presidencia del Consejo de Ministros (2024)
28	Cooperación con proveedores de tecnología nacionales e internacionales.		La cooperación con proveedores de tecnología nacionales e internacionales facilita el acceso a soluciones avanzadas, herramientas especializadas y soporte técnico para los proyectos de innovación.	European Defence Agency (2018)
29	Coordinación con otras entidades del sector defensa y organismos estatales.		La coordinación con otras entidades del sector defensa y organismos estatales asegura la alineación estratégica, el cumplimiento de normativas y la integración de esfuerzos en proyectos conjuntos.	Ministerio de Defensa (2016); Ministerio de Defensa y Ministerio de la Producción (2023)
30	Comunicación efectiva entre unidades del proyecto.		La comunicación efectiva entre unidades del proyecto permite un flujo de información claro y oportuno, esencial para la toma de decisiones y la gestión eficiente de actividades.	Challco (2025)
31	Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones.		La participación de actores estratégicos en la toma de decisiones garantiza que las prioridades y objetivos del proyecto estén alineados con las necesidades institucionales y de seguridad nacional.	Lee y Lembcke (2023)
32	Establecimiento de acuerdos de colaboración claros y formalizados.		El establecimiento de acuerdos de colaboración claros y formalizados asegura compromisos definidos, responsabilidades compartidas y mecanismos de seguimiento entre las entidades involucradas.	Püttmann (2025)
33	Acceso a bases de datos científicas y técnicas actualizadas.		El acceso a bases de datos científicas y técnicas actualizadas permite al equipo mantenerse informado sobre avances tecnológicos, investigaciones recientes y mejores prácticas aplicables a proyectos de I+D en defensa.	García-Estrella et al. (2022)
34	Sistematización y documentación de resultados.	E. Gestión de conocimiento e información	La sistematización y documentación de resultados garantiza que los hallazgos, procedimientos y decisiones queden registrados de manera organizada, facilitando la transparencia, replicabilidad y continuidad del proyecto.	Huamani (2018)
35	Difusión y transferencia de conocimiento entre actores del proyecto.		La difusión y transferencia de conocimiento entre actores del proyecto asegura que todos los miembros y unidades relacionadas puedan aprovechar la información y mejorar la toma de decisiones.	Diaz (2018)

36	Protección de propiedad intelectual y derechos tecnológicos.	F. Evaluación y sostenibilidad	La protección de propiedad intelectual y derechos tecnológicos salvaguarda las innovaciones desarrolladas, evitando uso indebido o reproducción no autorizada de tecnologías críticas.	Zúñiga (2023)
37	Uso de metodologías de análisis y evaluación de información confiable.		El uso de metodologías de análisis y evaluación de información confiable permite tomar decisiones fundamentadas en evidencia, reduciendo errores y aumentando la efectividad de la gestión del proyecto.	Alexakis et al. (2025)
38	Implementación de protocolos de ciberseguridad en el manejo de información crítica.		La implementación de protocolos de ciberseguridad en el manejo de información crítica protege los datos sensibles del proyecto frente a amenazas internas y externas.	Presidencia del Consejo de Ministros (2025)
39	Gestión segura de datos y almacenamiento en entornos protegidos.		La gestión segura de datos y almacenamiento en entornos protegidos asegura la confidencialidad, integridad y disponibilidad de información estratégica del sector defensa.	Congreso de la República (2002)
40	Monitoreo y evaluación de resultados mediante indicadores definidos.		El monitoreo y evaluación de resultados mediante indicadores definidos permite medir el desempeño del proyecto, detectar desviaciones y aplicar correctivos oportunos.	Locatelli et al. (2023)
41	Alineación con políticas nacionales de defensa y seguridad.		La alineación con políticas nacionales de defensa y seguridad asegura que los proyectos estén en concordancia con las estrategias institucionales y las regulaciones gubernamentales.	CEPLAN (2021)
42	Viabilidad de implementación de los resultados en unidades operativas.		La viabilidad de implementación de los resultados en unidades operativas garantiza que las soluciones desarrolladas sean prácticas, efectivas y aplicables en escenarios reales de defensa.	Zagaceta (2020)
43	Plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico de soluciones.		El plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico de soluciones asegura la continuidad operativa de los sistemas desarrollados, incluyendo actualización y soporte a largo plazo.	Ministerio de Economía y Finanzas (2016)
44	Evaluación de riesgos de obsolescencia tecnológica y planificación de actualización.		La evaluación de riesgos de obsolescencia tecnológica y la planificación de actualización permite anticipar cambios, mitigar impactos y mantener la relevancia de los resultados del proyecto.	Saad et al. (2025)
45	Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en la implementación de proyectos.		El cumplimiento de normas de seguridad física y digital en la implementación de proyectos protege los activos tecnológicos y humanos, asegurando que la ejecución sea segura y conforme a regulaciones.	Efthymiopoulou (2019)
46	Capacidad de adaptación a cambios tecnológicos o estratégicos.	G. Innovación y adaptación al contexto	La capacidad de adaptación a cambios tecnológicos o estratégicos permite que los proyectos de I+D en defensa respondan eficazmente a nuevas amenazas, innovaciones tecnológicas o ajustes en la doctrina institucional.	Jankowski y Nowak (2022)

47	Incorporación de prácticas de innovación abierta y colaboración externa.	La incorporación de prácticas de innovación abierta y colaboración externa facilita la integración de ideas, conocimientos y tecnologías provenientes de universidades, centros de investigación y proveedores especializados, potenciando la creatividad y eficiencia del proyecto.	Ahmad et al. (2024)
48	Desarrollo de soluciones que respondan a necesidades locales de defensa.	El desarrollo de soluciones que respondan a necesidades locales de defensa asegura que los resultados sean aplicables y relevantes para el contexto operativo peruano, considerando capacidades y limitaciones del sector.	Fonseca-Ortiz et al. (2023)
49	Evaluación de impacto estratégico y social de los proyectos.	La evaluación de impacto estratégico y social de los proyectos permite identificar cómo los desarrollos tecnológicos afectan la seguridad nacional, la sociedad y la efectividad de las unidades operativas.	TEDAE (2024)
50	Aplicación de soluciones basadas en IA para mejorar procesos de defensa.	La aplicación de soluciones basadas en inteligencia artificial mejora los procesos de defensa mediante predicciones, análisis de datos complejos y soporte en la toma de decisiones estratégicas.	Contreras (2024)
51	Uso del análisis del ciberespacio para planificación y protección de infraestructura crítica.	El uso del análisis del ciberespacio para planificación y protección de infraestructura crítica permite anticipar amenazas digitales y fortalecer la seguridad de sistemas esenciales en el sector defensa.	Corzo-Ussa et al. (2023)
52	Incorporación de tecnologías de ciberdefensa y resiliencia digital.	La incorporación de tecnologías de ciberdefensa y resiliencia digital asegura que los sistemas y datos críticos puedan resistir ataques cibernéticos y mantener la continuidad operativa.	Corzo-Ussa et al. (2023)
53	Desarrollo de protocolos de respuesta ante incidentes de seguridad informática.	El desarrollo de protocolos de respuesta ante incidentes de seguridad informática establece procedimientos claros para mitigar, contener y resolver amenazas cibernéticas de manera eficiente.	Ramay y Nawaz (2025)
54	Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones.	La integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros permite validar innovaciones tecnológicas sin poner en riesgo activos físicos o información sensible.	Reis, et al. (2022)
55	Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica entre proyectos y unidades.	La promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica entre proyectos y unidades facilita la compatibilidad de sistemas, comunicación eficiente y coordinación operativa entre diferentes desarrollos y dependencias del sector defensa.	Jankowski y Nowak (2022)

6.1.2 Resultados de la validación de contenido por juicio de expertos

La validación del contenido de los Factores Críticos de Éxito (FCE), se realizó un juicio de expertos compuesto por tres especialistas. Cada FCE fue evaluado en cuatro criterios: pertinencia, claridad, coherencia y relevancia, utilizando una escala de 1 (nada) a 4 (totalmente). Luego, se calculó el Índice de Validez de Contenido (CVR) de Lawshe. Los resultados muestran que 29 FCE obtuvieron un CVR positivo en todos los criterios, lo que indica que la totalidad de los expertos los consideró esenciales y se conservan como válidos. Por otro lado, 26 FCE presentaron un CVR igual o menor a cero en al menos un criterio, lo que evidencia discrepancias en su valoración y se etiquetaron como Revisar/Eliminar. Por ejemplo, el FCE “Definición de alcance y entregables concretos” presentó un CVR de -0,33 en pertinencia y relevancia, mientras que “Uso de indicadores de desempeño claros (KPIs)” obtuvo -1 en pertinencia, reflejando la necesidad de ajustes específicos. Este análisis cuantitativo permite asegurar que los FCE finales seleccionados sean representativos, claros, coherentes y relevantes para proyectos de I+D en el sector defensa (Ver Tabla 10).

A partir de los comentarios de los expertos, se realizó un análisis que consolidó y reformuló los FCE, integrando ítems relacionados y aclarando conceptos ambiguos. Por ejemplo, FCE de objetivos y alcance, seguimiento y KPIs, infraestructura tecnológica y herramientas especializadas, así como innovación y ciberseguridad, fueron fusionados para optimizar su pertinencia y coherencia. Los 32 FCE fueron conservados, aunque algunos se reformularon o combinaron para mejorar claridad, relevancia y aplicabilidad. Además, se documentó la participación de cada experto, algunos FCE fueron validados por los tres especialistas, mientras que otros reflejaron consenso parcial (dos expertos) o aportes individuales. Por ejemplo, el FCE “Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio” fusiona cinco ítems originales con aportes de los tres expertos, mientras que “Formación, capacitación y motivación continua del personal” integra elementos de gestión del talento y liderazgo, evidenciando un proceso técnico riguroso que asegura la validez y aplicabilidad de los FCE para

proyectos de I+D en el sector defensa (Ver Tabla 11).

Finalmente, en la Tabla 12 se muestra la validación final de contenido por juicio de expertos de los 32 Factores Críticos de Éxito (FCE) para proyectos de I+D en el sector defensa. Esta versión final se construyó a partir del análisis de los FCE preliminares, incorporando las recomendaciones y fusiones sugeridas por los expertos para mejorar claridad, coherencia y pertinencia de los ítems. Los resultados reflejan que, en su mayoría, los expertos asignaron valores máximos de 4 en los cuatro criterios evaluados (pertinencia, claridad, coherencia y relevancia), lo que indica un consenso positivo sobre la validez de cada FCE. En consecuencia, todos los FCE recibieron la decisión de “Conservar”, con un CVR igual a 1 en la mayoría de los criterios, evidenciando que más de la mitad de los expertos consideraron cada ítem esencial. Este alto nivel de concordancia confirma que los 32 FCE finales son representativos, claros y relevantes, cubriendo adecuadamente todas las dimensiones analizadas: planificación y gestión de proyectos, capacidad técnica y tecnológica, gestión de recursos humanos, coordinación interinstitucional, gestión de conocimiento e información, evaluación y sostenibilidad, e innovación y adaptación al contexto. La Tabla 12, por tanto, sintetiza la aprobación unánime de los expertos y respalda la aplicabilidad de estos FCE en la gestión de proyectos de I+D en el sector defensa, asegurando su consistencia conceptual y operativa.

Tabla 11

Validación de contenido por juicio de expertos

VALIDACIÓN DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS																										
TESIS: "Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025"																										
Nombre de Tesista:		Viktor Preciado Rojas				Usted ha sido seleccionado como experto(a) para evaluar la validez de contenido de un conjunto preliminar de <i>Factores Críticos de Éxito (FCE)</i> para proyectos de Investigación y Desarrollo en el sector defensa. Su opinión permitirá determinar si los ítems deben ser: CONSERVADOS, MODIFICADOS Y ELIMINADOS, usando el Índice de Validez de Contenido (CVR) de Lawshe. Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. <i>Personnel Psychology</i>, 28(4), 563–575. Criterio de decisión para el CVR Para cada criterio se aplica el Índice de Validez de Contenido de Lawshe (CVR): Donde: $CVR = \frac{(n_e - N/2)}{(N/2)}$ n_e = número de expertos que dicen que el ítem es esencial $N = 3$ = total de expertos Entonces: Se tiene 3 expertos la mitad es 1,5. Lawshe dice que: si más de la mitad de expertos consideran un ítem como esencia , el ítem es válido. Si la mitad o menos, el ítem debe revisarse o eliminarse Que debe evaluar: Cada FCE debe ser valorado en cuatro criterios: Pertinencia ¿El ítem es adecuado para medir FCE en proyectos de I+D del sector defensa? Claridad ¿El ítem está formulado de manera comprensible, precisa y sin ambigüedades? Coherencia ¿El ítem mantiene relación lógica con la dimensión a la que pertenece? Relevancia ¿El ítem es importante y aporta valor al constructo FCE? Instrucciones para los expertos Lea cuidadosamente la descripción de cada Factor Crítico de Éxito. Evalúe cada criterio (claridad, pertinencia, coherencia y relevancia) utilizando la escala de valoración: 1 = Nada 2 = Poco 3 = Bastante 4 = Totalmente Seleccione el valor que mejor represente su juicio. No deje ítems en blanco. Si considera que un ítem requiere ajustes, indíquelo en observaciones. Criterio final para 3 expertos Si el CVR es mayor que 0= El ítem se conserva Si el CVR es igual o menor que 0= Revisar o eliminar																				
Dimensión	ID	Descripción del FCE				Pert_Exp1	Pert_Exp2	Pert_Exp3	Clar_Exp1	Clar_Exp2	Clar_Exp3	Cohe_Exp1	Cohe_Exp2	Cohe_Exp3	Relev_Exp1	Relev_Exp2	Relev_Exp3	CVR_Pert	CVR_Clar	CVR_Cohe	CVR_Relev	Decision				
A. Planificación y gestión de proyectos	1	Claridad en los objetivos del proyecto.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
A. Planificación y gestión de proyectos	2	Definición de alcance y entregables concretos.				2	1	3	2	3	3	3	2	3	2	2	3	-0,33333	0,33333	0,33333	-0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
A. Planificación y gestión de proyectos	3	Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
A. Planificación y gestión de proyectos	4	Gestión de riesgos identificando amenazas, oportunidades y planes de contingencia.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
A. Planificación y gestión de proyectos	5	Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
A. Planificación y gestión de proyectos	6	Seguimiento y control periódico de avances.				2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	3	-0,33333	0,33333	0,33333	-0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
A. Planificación y gestión de proyectos	7	Uso de indicadores de desempeño claros (KPIs).				2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3	-1	0,33333	1	-0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
A. Planificación y gestión de proyectos	8	Documentación sistemática de procesos y decisiones.				2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	3	0,33333	0,33333	0,33333	-0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
A. Planificación y gestión de proyectos	9	Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos.				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1 Revisar/Eliminar				
A. Planificación y gestión de proyectos	10	Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa.				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1 Revisar/Eliminar				
B. Capacidad técnica y tecnológica	11	Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
B. Capacidad técnica y tecnológica	12	Infraestructura tecnológica y laboratorios adecuados.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
B. Capacidad técnica y tecnológica	13	Acceso a software y herramientas de simulación especializadas.				2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	0,33333	0,33333	0,33333	1	1 Revisar/Eliminar				
B. Capacidad técnica y tecnológica	14	Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
B. Capacidad técnica y tecnológica	15	Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias.				2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	3	0,33333	0,33333	0,33333	-0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
B. Capacidad técnica y tecnológica	16	Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano.				2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	0,33333	0,33333	1	-0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
B. Capacidad técnica y tecnológica	17	Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
B. Capacidad técnica y tecnológica	18	Implementación de metodologías BIM para proyectos tecnológicos y de infraestructura.				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1 Revisar/Eliminar				
B. Capacidad técnica y tecnológica	19	Aplicación de herramientas de modelado y simulación digital para defensa.				2	2	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	0,33333	-0,33333	0,33333	0,33333	-0,33333 Revisar/Eliminar				
B. Capacidad técnica y tecnológica	20	Incorporación de inteligencia artificial en análisis, predicción y toma de decisiones.				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1 Revisar/Eliminar				
C. Gestión de recursos humanos	21	Formación y capacitación continua del personal.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
C. Gestión de recursos humanos	22	Motivación y compromiso del equipo de trabajo.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
C. Gestión de recursos humanos	23	Distribución clara de roles y responsabilidades.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
C. Gestión de recursos humanos	24	Liderazgo efectivo del director o coordinador del proyecto.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
C. Gestión de recursos humanos	25	Retención y gestión de talento especializado.				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar			
C. Gestión de recursos humanos	26	Promoción de cultura de innovación y aprendizaje continuo.				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1 Revisar/Eliminar				

D. Coordinación interinstitucional	27	Vinculación con universidades y centros de investigación.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
D. Coordinación interinstitucional	28	Cooperación con proveedores de tecnología nacionales e internacionales.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
D. Coordinación interinstitucional	29	Coordinación con otras entidades del sector defensa y organismos estatales.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
D. Coordinación interinstitucional	30	Comunicación efectiva entre unidades del proyecto.	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	-0,333333	-0,333333	0,333333		-1	Revisar/Eliminar
D. Coordinación interinstitucional	31	Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones.	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	0,333333	-0,333333	0,333333		-1	Revisar/Eliminar
D. Coordinación interinstitucional	32	Establecimiento de acuerdos de colaboración claros y formalizados.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	33	Acceso a bases de datos científicas y técnicas actualizadas.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	34	Sistematización y documentación de resultados.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	35	Difusión y transferencia de conocimiento entre actores del proyecto.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	36	Protección de propiedad intelectual y derechos tecnológicos.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	Revisar/Eliminar
E. Gestión de conocimiento e información	37	Uso de metodologías de análisis y evaluación de información confiable.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	38	Implementación de protocolos de ciberseguridad en el manejo de información crítica.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	Revisar/Eliminar
E. Gestión de conocimiento e información	39	Gestión segura de datos y almacenamiento en entornos protegidos.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	Revisar/Eliminar
F. Evaluación y sostenibilidad	40	Monitoreo y evaluación de resultados mediante indicadores definidos.	3	3	2	1	3	2	3	3	3	2	2	3	0,333333	-0,333333	1	-0,333333			Revisar/Eliminar
F. Evaluación y sostenibilidad	41	Alineación con políticas nacionales de defensa y seguridad.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	42	Viabilidad de implementación de los resultados en unidades operativas.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	43	Plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico de soluciones.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	44	Evaluación de riesgos de obsolescencia tecnológica y planificación de actualización.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	45	Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en la implementación de proyectos.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	46	Capacidad de adaptación a cambios tecnológicos o estratégicos.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	47	Incorporación de prácticas de innovación abierta y colaboración externa.	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2	3	-0,333333	-0,333333	1	-0,333333			Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	48	Desarrollo de soluciones que respondan a necesidades locales de defensa.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	49	Evaluación de impacto estratégico y social de los proyectos.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	50	Aplicación de soluciones basadas en IA para mejorar procesos de defensa.	3	3	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	1	-0,333333	-0,333333	-0,333333		Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	51	Uso del análisis del ciberespacio para planificación y protección de infraestructura crítica.	2	3	2	2	3	2	3	2	3	3	2	2	2	-0,333333	-0,333333	0,333333	-0,333333		Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	52	Incorporación de tecnologías de ciberdefensa y resiliencia digital.	3	3	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	1	-0,333333	-0,333333	-0,333333	-1	Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	53	Desarrollo de protocolos de respuesta ante incidentes de seguridad informática.	2	3	2	2	3	2	3	2	3	1	2	2	2	-0,333333	-0,333333	0,333333		-1	Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	54	Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones.	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	0,333333	-0,333333	-0,333333		-1	Revisar/Eliminar
G. Innovación y adaptación al contexto	55	Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica entre proyectos y unidades.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	Conservar

Tabla 12

Análisis y comentarios de la validación de contenido por juicio de expertos

ANÁLISIS FINAL DE EXPERTOS					
Dimensión	ID	Nombre completo del FCE	Decisión final	Comentario del experto	EXPERTO
A. Planificación y gestión de proyectos	1	Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto	Conservar	Fusiona FCE 1 + FCE 2 para integrar objetivos y alcance de manera coherente.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
A. Planificación y gestión de proyectos	2	Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables	Conservar	Se mantiene por alta pertinencia y relevancia.	Experto 1, Experto 2
A. Planificación y gestión de proyectos	3	Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia	Conservar	Se mantiene como FCE independiente.	Experto 1
A. Planificación y gestión de proyectos	4	Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos	Conservar	Se mantiene como FCE independiente.	Experto 1, Experto 2
A. Planificación y gestión de proyectos	5	Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)	Conservar	Fusiona FCE 6 + FCE 7 para integrar seguimiento y KPIs.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
A. Planificación y gestión de proyectos	6	Documentación sistemática de procesos y decisiones	Conservar	FCE 8 reformulado para mayor claridad.	Experto 1
A. Planificación y gestión de proyectos	7	Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos	Conservar	FCE 9 reformulado para mantener adaptabilidad.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
A. Planificación y gestión de proyectos	8	Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa	Conservar	FCE 10 reformulado para incluir adaptabilidad y agilidad.	Experto 1, Experto 2
B. Capacidad técnica y tecnológica	9	Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación	Conservar	FCE 11 se mantiene por su importancia.	Experto 1
B. Capacidad técnica y tecnológica	10	Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado	Conservar	Fusiona FCE 12 + FCE 13 para integrar infraestructura y herramientas.	Experto 1, Experto 2
B. Capacidad técnica y tecnológica	11	Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas	Conservar	FCE 14 se mantiene.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
B. Capacidad técnica y tecnológica	12	Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias	Conservar	FCE 15 reformulado para mantener innovación tecnológica.	Experto 1
B. Capacidad técnica y tecnológica	13	Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano	Conservar	FCE 16 se mantiene.	Experto 1, Experto 2
B. Capacidad técnica y tecnológica	14	Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales	Conservar	FCE 17 se mantiene.	Experto 1
B. Capacidad técnica y tecnológica	15	Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial	Conservar	Fusiona FCE 19 + FCE 20 reformulados para incluir innovación tecnológica y AI.	Experto 1, Experto 2
C. Gestión de recursos humanos	16	Formación, capacitación y motivación continua del personal	Conservar	Fusiona FCE 21 + FCE 22 para integrar gestión del talento.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
C. Gestión de recursos humanos	17	Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto	Conservar	Fusiona FCE 23 + FCE 24.	Experto 1
C. Gestión de recursos humanos	18	Retención de talento y promoción de cultura de innovación	Conservar	Fusiona FCE 25 + FCE 26 reformulado.	Experto 1, Experto 2
D. Coordinación interinstitucional	19	Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos	Conservar	Fusiona FCE 27 + FCE 28.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
D. Coordinación interinstitucional	20	Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales	Conservar	Fusiona FCE 29 + FCE 30 + FCE 32 para integración de cooperación y acuerdos.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
D. Coordinación interinstitucional	21	Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones	Conservar	FCE 31 se mantiene como independiente.	Experto 3
E. Gestión de conocimiento e información	22	Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados	Conservar	Fusiona FCE 33 + FCE 34.	Experto 2
E. Gestión de conocimiento e información	23	Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual	Conservar	Fusiona FCE 35 + FCE 36 reformulado.	Experto 1, Experto 2
E. Gestión de conocimiento e información	24	Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información	Conservar	Fusiona FCE 37 + FCE 38 + FCE 39 + FCE 51 + FCE 52 reformulados.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
F. Evaluación y sostenibilidad	25	Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa	Conservar	Fusiona FCE 40 + FCE 41 para integración normativa y evaluación.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
F. Evaluación y sostenibilidad	26	Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico	Conservar	Fusiona FCE 42 + FCE 43 + FCE 44.	Experto 2
F. Evaluación y sostenibilidad	27	Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos	Conservar	FCE 45 reformulado para mantener seguridad integral.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
G. Innovación y adaptación al contexto	28	Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta	Conservar	Fusiona FCE 46 + FCE 47.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
G. Innovación y adaptación al contexto	29	Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social	Conservar	Fusiona FCE 48 + FCE 49.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
G. Innovación y adaptación al contexto	30	Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio	Conservar	Fusiona FCE 50 + FCE 51 + FCE 52 + FCE 53 + FCE 54 reformulados.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
G. Innovación y adaptación al contexto	31	Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica	Conservar	FCE 55 se mantiene.	Experto 1, Experto 2, Experto 3
G. Innovación y adaptación al contexto	32	Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones	Conservar	FCE 54 reformulado para mantener innovación práctica y pruebas.	Experto 1, Experto 2

Tabla 13

Validación final del contenido por juicio de expertos

VALIDACIÓN DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS																			
TESIS: "Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025"																			
Nombre de Tesista:			Viktor Preciado Rojas																
Nombre del experto 1:			Yan Dorían López Gutiérrez																
Especialidad / Área:			Investigación y Desarrollo																
Años de experiencia en proyectos de I+D:			9 años																
Institución/Cargo:			Ejército del Perú / Sub Director de Planeamiento de la Dirección de Ciencia y Tecnología																
Fecha:			28/11/2025																
Nombre del experto 2:			George Alexander Cordova Livia																
Especialidad / Área:			Investigación y Desarrollo																
Años de experiencia en proyectos de I+D:			4 años																
Institución/Cargo:			Ejército del Perú/ Sub Director de Gestión del Conocimiento de la Dirección de Ciencia y Tecnología																
Fecha:			02/12/2025																
Nombre del experto 3:			Rory Martínez Lafitte																
Especialidad / Área:			Investigación y Desarrollo																
Años de experiencia en proyectos de I+D:			6 años																
Institución/Cargo:			MINDEF- Director CICTE																
Fecha:			03/12/2025																
			Usted ha sido seleccionado como experto(a) para evaluar la validez de contenido de un conjunto preliminar de <i>Factores Críticos de Éxito (FCE)</i> para proyectos de Investigación y Desarrollo en el sector defensa. Su opinión permitirá determinar si los ítems deben ser: CONSEVADOS, MODIFICADOS Y ELIMINADOS, usando el Índice de Validez de Contenido (CVR) de Lawshe. Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. <i>Personnel Psychology</i>, 28(4), 563–575. Criterio de decisión para el CVR Para cada criterio se aplica el Índice de Validez de Contenido de Lawshe (CVR): Donde: $CVR = \frac{(n_e - N/2)}{(N/2)}$ ne = número de expertos que dicen que el ítem es esencial N = 3 = total de expertos Entonces: Se tiene 3 expertos la mitad es 1,5. Lawshe dice que: si más de la mitad de expertos consideran un ítem como esencia , el ítem es válido. Si la mitad o menos, el ítem debe revisarse o eliminarse Que debe evaluar: Cada FCE debe ser valorado en cuatro criterios: Pertinencia ¿El ítem es adecuado para medir FCE en proyectos de I+D del sector defensa? Claridad ¿El ítem está formulado de manera comprensible, precisa y sin ambigüedades? Coherencia ¿El ítem mantiene relación lógica con la dimensión a la que pertenece? Relevancia ¿El ítem es importante y aporta valor al constructo FCE? Instrucciones para los expertos Lea cuidadosamente la descripción de cada Factor Crítico de Éxito. Evalúe cada criterio (claridad, pertinencia, coherencia y relevancia) utilizando la escala de valoración: 1 = Nada 2 = Poco 3 = Bastante 4 = Totalmente Seleccione el valor que mejor represente su juicio. No deje ítems en blanco. Si considera que un ítem requiere ajustes, indíquelo en observaciones. Criterio final para 3 expertos Si el CVR es mayor que 0=El ítem se conserva Si el CVR es igual o menor que 0= Revisar o eliminar																
Dimensión	ID	Descripción del FCE	Pert_Exp1	Pert_Exp2	Pert_Exp3	Clar_Exp1	Clar_Exp2	Clar_Exp3	Cohe_Exp1	Cohe_Exp2	Cohe_Exp3	Relev_Exp1	Relev_Exp2	Relev_Exp3	CVR_Pert	CVR_Clar	CVR_Cohe	CVR_Rele	Decision
A. Planificación y gestión de proyectos	1	Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	2	Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	3	Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	4	Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	5	Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	6	Documentación sistemática de procesos y decisiones	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	7	Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
A. Planificación y gestión de proyectos	8	Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	9	Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	10	Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	11	Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	12	Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	13	Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	14	Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
B. Capacidad técnica y tecnológica	15	Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
C. Gestión de recursos humanos	16	Formación, capacitación y motivación continua del personal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
C. Gestión de recursos humanos	17	Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
C. Gestión de recursos humanos	18	Retención de talento y promoción de cultura de innovación	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
D. Coordinación interinstitucional	19	Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
D. Coordinación interinstitucional	20	Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
D. Coordinación interinstitucional	21	Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	22	Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	23	Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
E. Gestión de conocimiento e información	24	Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	25	Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	26	Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
F. Evaluación y sostenibilidad	27	Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	28	Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	29	Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	30	Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	31	Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar
G. Innovación y adaptación al contexto	32	Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1 Conservar

6.2 Resultados de la Fase 1 – Pretest

La Figura 10 muestra una tendencia marcada hacia la alta valoración de los Factores Críticos de Éxito propuestos. La dimensión mejor posicionada es la de Gestión de recursos humanos, que alcanza un promedio de 4.39 con una dispersión reducida, lo cual evidencia un sólido consenso respecto a que las competencias, motivación y disponibilidad del personal constituyen el núcleo del éxito en los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa. Esta valoración resalta la importancia estratégica del equipo humano en entornos altamente especializados. En segundo lugar, la dimensión de Planificación y gestión de proyectos presenta un promedio de 4.17, lo que refuerza la idea de que la claridad de objetivos, el adecuado diseño del alcance y el control estructurado son considerados elementos imprescindibles para guiar los proyectos en escenarios complejos. Dimensiones como Gestión del conocimiento e información (4.11) y Capacidad técnica y tecnológica (4.07) también exhiben valores elevados, reflejando su relevancia para garantizar procesos de innovación sostenida y acceso a infraestructura y datos especializados. Por otro lado, aunque Coordinación interinstitucional (3.86) y la dimensión de Innovación y adaptación al contexto (3.78) registran los promedios más bajos, siguen ubicándose en niveles altos. Esta ligera diferencia sugiere la presencia de desafíos institucionales o estructurales que podrían incidir en su menor percepción como factores determinantes. En este contexto se revela homogeneidad en las valoraciones, todas por encima de 3.75, lo que confirma la pertinencia y coherencia del conjunto de factores propuestos.

En la Figura 11 se ordena los Factores Críticos de Éxito según su puntuación, se identifican con claridad los elementos percibidos como más decisivos por los expertos. Los valores más altos corresponden a la claridad en los objetivos y la definición del alcance, junto con la experiencia técnica del equipo, ambos con promedios de 4.75. Le siguen la investigación aplicada orientada a problemas reales, el seguimiento y control mediante indicadores, la capacitación continua

del personal, el liderazgo con roles definidos y el acceso a resultados científicos sistematizados, todos con promedios cercanos a 4.58. Este comportamiento evidencia una tendencia clara: los expertos consideran que la fortaleza organizacional, la calidad del recurso humano y los mecanismos de control son los pilares que sostienen el éxito de los proyectos de I+D en el sector defensa. Los factores ubicados en el rango medio-alto, entre 4.00 y 4.41, agrupan aspectos relacionados con la planificación temporal, el presupuesto, la infraestructura tecnológica, la documentación sistemática, la sostenibilidad y la transferencia de conocimiento, lo que indica que los proyectos requieren un balance entre lo técnico, lo administrativo y lo organizacional. Finalmente, aunque los factores con promedios entre 3.75 y 3.91 son los que obtuvieron menor valoración relativa, ninguno se considera poco importante. Entre ellos se encuentran las metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa, la innovación abierta, las simulaciones y la ciberdefensa. Su menor puntuación sugiere que aún no forman parte consolidada de la cultura institucional o que su implementación enfrenta limitaciones técnicas y operativas. En conjunto, el gráfico confirma que todos los factores propuestos son relevantes, pues ninguno descendió por debajo de la media de 3.75.

Figura 10

Tendencia de la valoración del los FCE

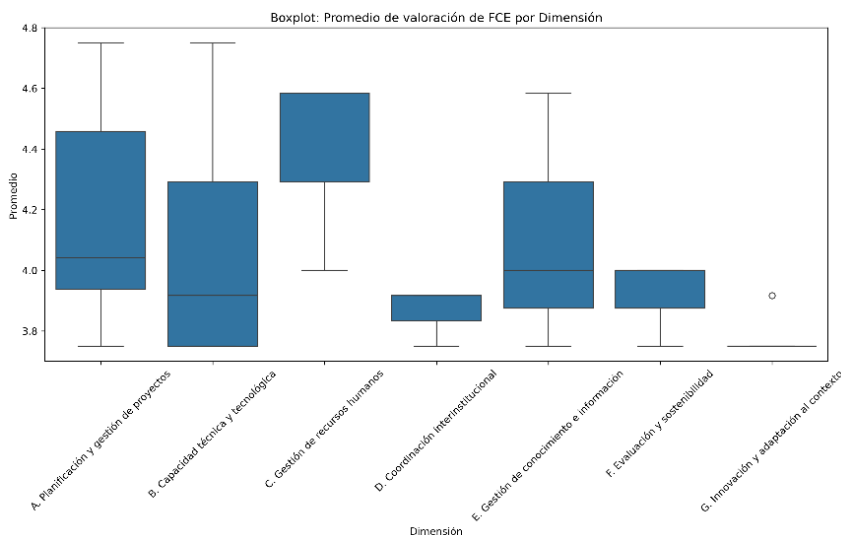
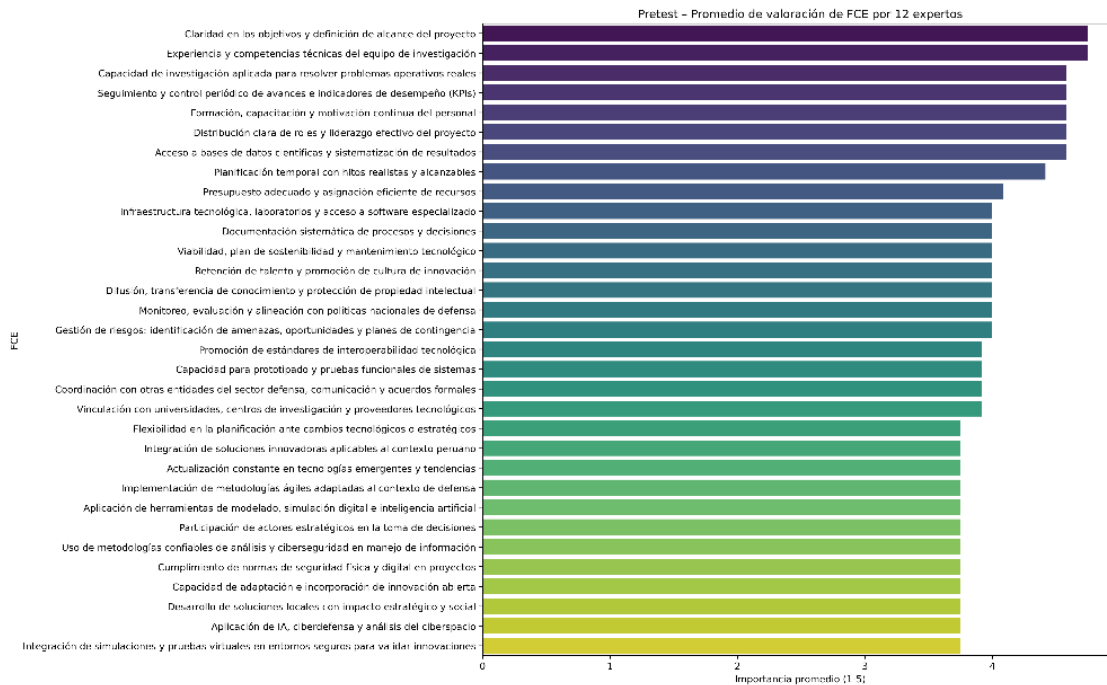


Figura 11

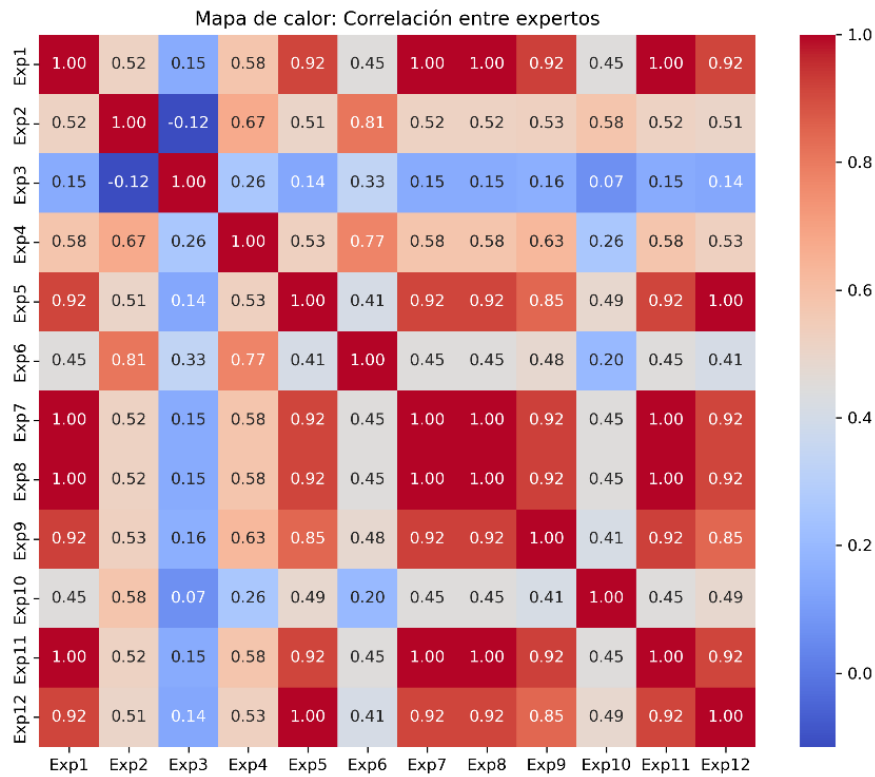
Orden de los FCE según puntuación



La Figura 12, muestra la matriz de correlación entre expertos y evidencia un patrón variado de coincidencia en las valoraciones, con correlaciones que oscilan entre 0.06 y 1.00. El promedio general, de 0.583, revela un nivel de acuerdo moderado-alto, suficiente para afirmar que existe coherencia en los juicios emitidos sin caer en una homogeneidad artificial. Se identifican agrupamientos de expertos con correlación perfecta, como los casos de Exp1, Exp7, Exp8 y Exp11, lo que sugiere afinidad metodológica, experiencia similar o criterios de evaluación muy alineados. También se observa la presencia de evaluadores con correlaciones más bajas, particularmente Exp3 y Exp10, quienes aportan perspectivas menos coincidentes y, por tanto, enriquecen la diversidad del panel. Esta combinación entre consenso general y variabilidad focal contribuye a la robustez metodológica del pretest, pues evita redundancias y garantiza pluralidad en los criterios.

Figura 12

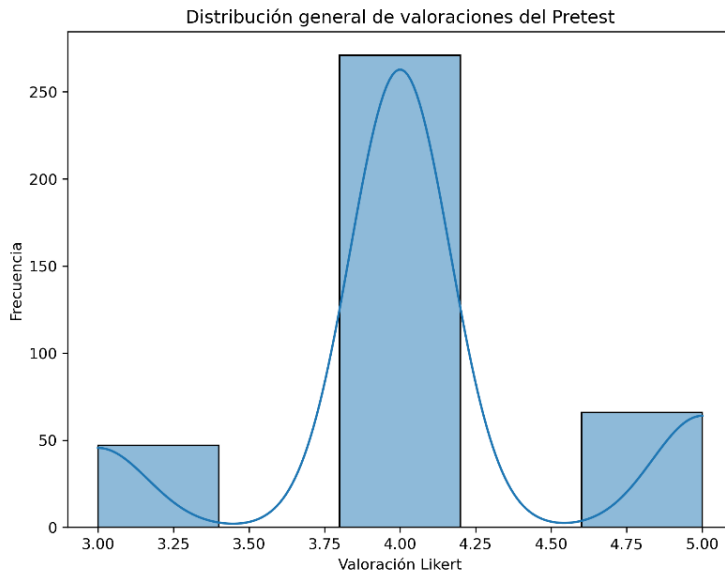
Matriz de correlación entre expertos



La Figura 13 representa la distribución de frecuencias la cual confirma la fuerte tendencia hacia valoraciones altas dentro del instrumento. El 70% de las puntuaciones se concentra en el valor 4, lo que muestra que los expertos consideran la gran mayoría de los factores como muy importantes. El 17% corresponde a valoraciones de 5, lo que indica que un conjunto significativo de factores es percibido como indispensable dentro de la lógica de ejecución de proyectos del sector defensa. Solo el 12% de las respuestas se ubicó en el valor 3, evidenciando que muy pocos factores fueron catalogados como de importancia moderada. Este comportamiento estadístico refleja claridad, consistencia y un elevado nivel de aceptación del instrumento por parte de los expertos, lo que respalda su validez conceptual y su adecuación para avanzar hacia la fase de validación definitiva.

Figura 13

Distribución de frecuencias de valoraciones



6.3 Resultados de la Fase 2 - Intervención con Metodología Híbrida AHP + TOPSIS

6.3.1 2A Aplicación del AHP

En la Tabla 13 y Figura 14, se presenta el análisis AHP aplicado a los 32 Factores Críticos de Éxito (FCE). Esto permitió obtener una ponderación objetiva basada en los juicios emitidos en el pretest. La matriz construida a partir de los promedios de valoración presentó una consistencia perfecta, evidenciada en un valor de $\lambda_{\text{máx}} = 32$, exactamente igual al número de factores evaluados. Como resultado, tanto el índice de consistencia ($CI = 0.000$) como el ratio de consistencia ($CR = 0.000$) se mantuvieron por debajo del umbral internacionalmente aceptado ($CR < 0.10$). Esto confirma que la estructura comparativa utilizada es totalmente coherente y confiable, garantizando que los pesos obtenidos reflejan una relación lógica entre los factores, sin distorsiones o contradicciones internas en la matriz.

Una vez normalizados los datos mediante el método de la media, considerado uno de los procedimientos más robustos para el cálculo de

prioridades en AHP, se identificó que los factores con mayor importancia relativa se concentran principalmente en las dimensiones de Planificación y Gestión de Proyectos, Capacidad Técnica y Tecnológica, y Gestión de Recursos Humanos. El FCE con mayor peso fue “Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto”, con un valor de 0.036656. Este resultado es coherente con la literatura especializada, que sostiene que la definición temprana y precisa del alcance constituye el eje estructural de los proyectos de investigación y desarrollo, especialmente en instituciones del sector defensa donde la alineación estratégica es fundamental.

En segundo lugar, con igual peso (0.036656), se ubicó “Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación”. Ello evidencia que el capital humano altamente especializado constituye un determinante clave para asegurar la calidad metodológica, la validez experimental y la pertinencia tecnológica de los resultados. Los siguientes factores priorizados como “Capacidad de investigación aplicada”, “Seguimiento y control de avances”, “Formación y motivación del personal”, “Liderazgo efectivo” y “Acceso a bases de datos científicas”, con pesos en torno a 0.035370, refuerzan la idea de que la capacidad técnica, el liderazgo y la gestión del conocimiento conforman un núcleo crítico para el éxito de los proyectos.

Otros factores que completan el bloque superior del ranking, entre ellos la planificación con hitos realistas, la disponibilidad presupuestal y la infraestructura tecnológica, presentan pesos entre 0.034084 y 0.030868. Esto indica que, si bien su importancia es ligeramente menor que la de los elementos estratégicos y humanos mencionados previamente, continúan siendo percibidos como pilares relevantes para la ejecución eficiente y el soporte operativo del proyecto.

De forma complementaria, también fue relevante analizar los factores que obtuvieron menores pesos relativos dentro de la estructura general. Estos se concentran principalmente en componentes relacionados con innovación avanzada, simulaciones digitales y estandarización tecnológica. Entre ellos se

encuentran “Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio”, “Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica”, “Integración de simulaciones y pruebas virtuales” y “Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano”. Sus pesos fluctúan entre 0.028 y 0.030. Aunque su ponderación es menor, esto no implica que carezcan de relevancia; más bien refleja que, desde la perspectiva de los expertos, estos elementos son considerados como factores complementarios o de maduración progresiva, cuya contribución depende de la consolidación previa de aspectos más básicos como la planificación, la capacidad técnica esencial y la gestión del talento.

Los factores menos ponderados parecen estar asociados a actividades cuya implementación depende de condiciones institucionales más amplias, como la interoperabilidad, la estandarización y el uso de tecnologías emergentes de alto costo, que no siempre se encuentran disponibles de manera uniforme en todas las unidades del sector defensa. Esta menor ponderación sugiere que, en el estado actual, estos factores son percibidos como importantes, pero no determinantes para el éxito inmediato de los proyectos, aunque sí podrían escalar en importancia conforme el sector avance hacia mayores niveles de transformación digital y modernización tecnológica.

En consecuencia, los resultados obtenidos en la Fase 2A muestran una estructura jerárquica sólida y perfectamente consistente que permite identificar con precisión la importancia relativa de cada FCE. La alta coherencia de la matriz AHP valida el uso de estos pesos para la siguiente fase metodológica (TOPSIS), donde se evaluará la proximidad de cada factor hacia la solución ideal y se obtendrá el ranking final, permitiendo comparar los efectos antes y después de la intervención propuesta con metodología híbrida.

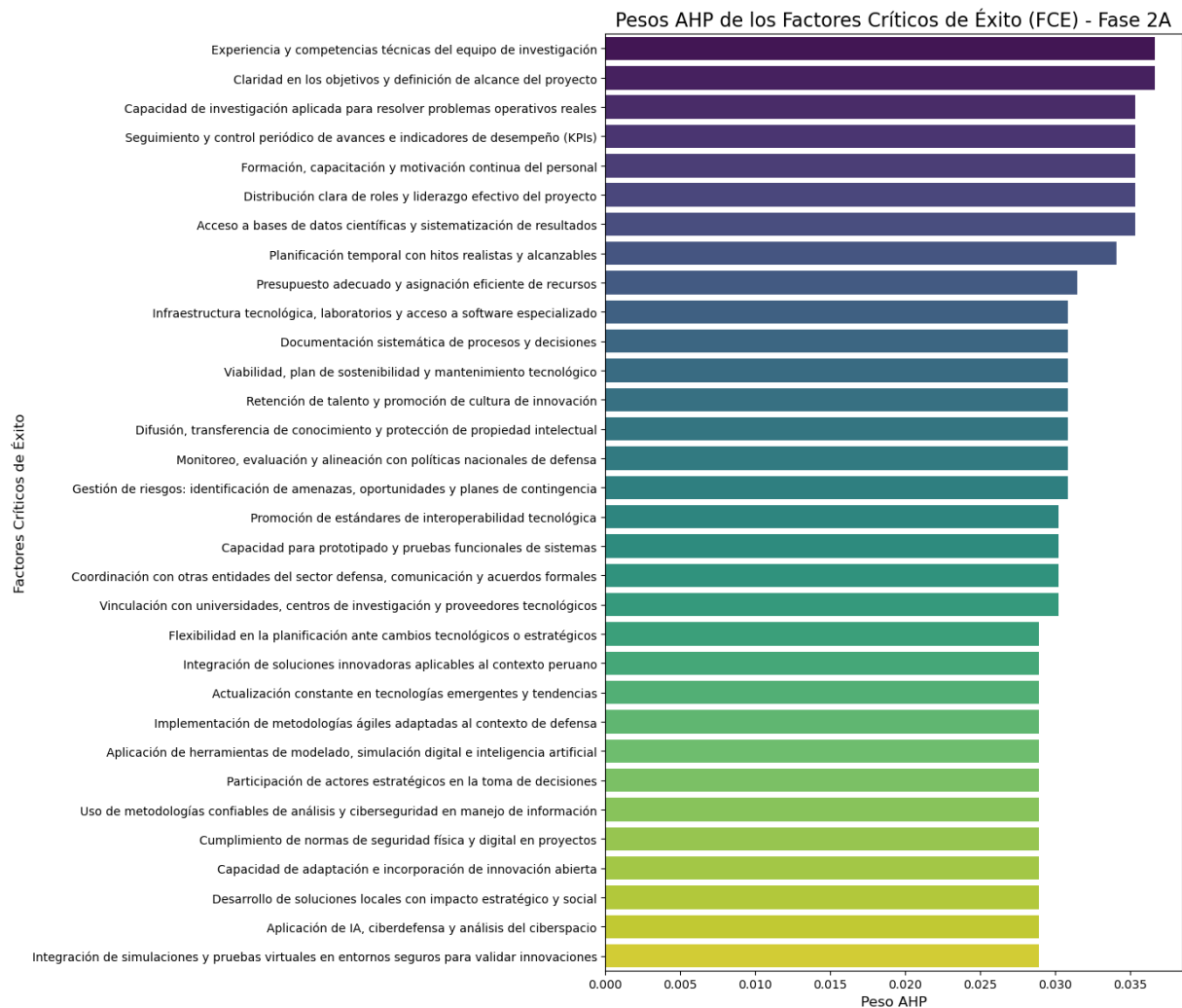
Tabla 14

Matriz/Ranking final de los FCE según su peso AHP

Dimensión	ID	FCE	Promedio	Peso_AHP
A. Planificación y gestión de proyectos	1	Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto	4.750.000	0.036656
B. Capacidad técnica y tecnológica	9	Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación	4.750.000	0.036656
B. Capacidad técnica y tecnológica	14	Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales	4.583.333	0.035370
A. Planificación y gestión de proyectos	5	Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)	4.583.333	0.035370
C. Gestión de recursos humanos	16	Formación, capacitación y motivación continua del personal	4.583.333	0.035370
C. Gestión de recursos humanos	17	Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto	4.583.333	0.035370
E. Gestión de conocimiento e información	22	Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados	4.583.333	0.035370
A. Planificación y gestión de proyectos	2	Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables	4.416.667	0.034084
A. Planificación y gestión de proyectos	4	Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos	4.083.333	0.031511
B. Capacidad técnica y tecnológica	10	Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado	4.000.000	0.030868
A. Planificación y gestión de proyectos	6	Documentación sistemática de procesos y decisiones	4.000.000	0.030868
F. Evaluación y sostenibilidad	26	Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico	4.000.000	0.030868
C. Gestión de recursos humanos	18	Retención de talento y promoción de cultura de innovación	4.000.000	0.030868
E. Gestión de conocimiento e información	23	Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual	4.000.000	0.030868
F. Evaluación y sostenibilidad	25	Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa	4.000.000	0.030868
A. Planificación y gestión de proyectos	3	Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia	4.000.000	0.030868
G. Innovación y adaptación al contexto	31	Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica	3.916.667	0.030225
B. Capacidad técnica y tecnológica	11	Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas	3.916.667	0.030225
D. Coordinación interinstitucional	20	Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales	3.916.667	0.030225
D. Coordinación interinstitucional	19	Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos	3.916.667	0.030225
A. Planificación y gestión de proyectos	7	Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos	3.750.000	0.028939
B. Capacidad técnica y tecnológica	13	Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano	3.750.000	0.028939
B. Capacidad técnica y tecnológica	12	Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias	3.750.000	0.028939
A. Planificación y gestión de proyectos	8	Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa	3.750.000	0.028939
B. Capacidad técnica y tecnológica	15	Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial	3.750.000	0.028939
D. Coordinación interinstitucional	21	Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones	3.750.000	0.028939
E. Gestión de conocimiento e información	24	Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información	3.750.000	0.028939
F. Evaluación y sostenibilidad	27	Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos	3.750.000	0.028939
G. Innovación y adaptación al contexto	28	Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta	3.750.000	0.028939
G. Innovación y adaptación al contexto	29	Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social	3.750.000	0.028939
G. Innovación y adaptación al contexto	30	Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio	3.750.000	0.028939
G. Innovación y adaptación al contexto	32	Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones	3.750.000	0.028939

Figura 14

Ranking visual de los FCE según su peso AHP



6.3.2 2A Aplicación de TOPSIS

Los factores críticos de éxito (FCE) fueron priorizados mediante la metodología TOPSIS, utilizando como base los resultados de un pretest aplicado a expertos del sector. La matriz TOPSIS permite calcular para cada FCE su distancia a la solución ideal (d^+) y a la solución anti-ideal (d^-), así como su cercanía relativa a la solución ideal (Closeness), que resume en un único valor la importancia estratégica de cada factor. Además, se asigna un ranking que ordena los FCE de mayor a menor relevancia según su Closeness (Ver Tabla 14). Los resultados muestran que los factores con mayor prioridad son aquellos con Closeness igual a 1, lo que indica que se encuentran completamente alineados con la solución ideal establecida por los expertos. Entre estos, destacan “Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto” y “Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación”, lo que evidencia que la planificación precisa y la capacidad técnica del equipo son fundamentales para el éxito de los proyectos de I+D en el sector defensa. Estos factores constituyen la base estratégica sobre la cual se deben construir los demás elementos del proyecto, asegurando que los objetivos y el alcance sean claros y que el equipo cuente con las competencias necesarias. Un segundo grupo de FCE presenta valores de Closeness alrededor de 0,75, correspondiendo al ranking cinco. Estos factores, aunque no tan determinantes como los dos primeros, son altamente relevantes para garantizar la eficacia de los proyectos. Entre ellos se encuentran la “Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales”, el “Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)”, la “Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto”, y el “Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados”. La presencia de estos factores en los primeros niveles de priorización indica que la implementación de los proyectos de I+D requiere una gestión organizada, medición de resultados y un liderazgo efectivo que potencie la investigación aplicada.

Por otro lado, los FCE con Closeness inferiores a 0,25 y rankings mayores a 18 reflejan factores que, si bien aportan valor al proyecto, tienen menor impacto en la priorización global según la percepción de los expertos. Entre estos se incluyen elementos como la “Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones” y la “Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio”. Estos factores representan innovaciones o herramientas complementarias que fortalecen la ejecución del proyecto, pero no son críticos para el éxito inicial de los mismos, permitiendo enfocarse primero en los elementos estratégicos de mayor prioridad.

Tabla 15

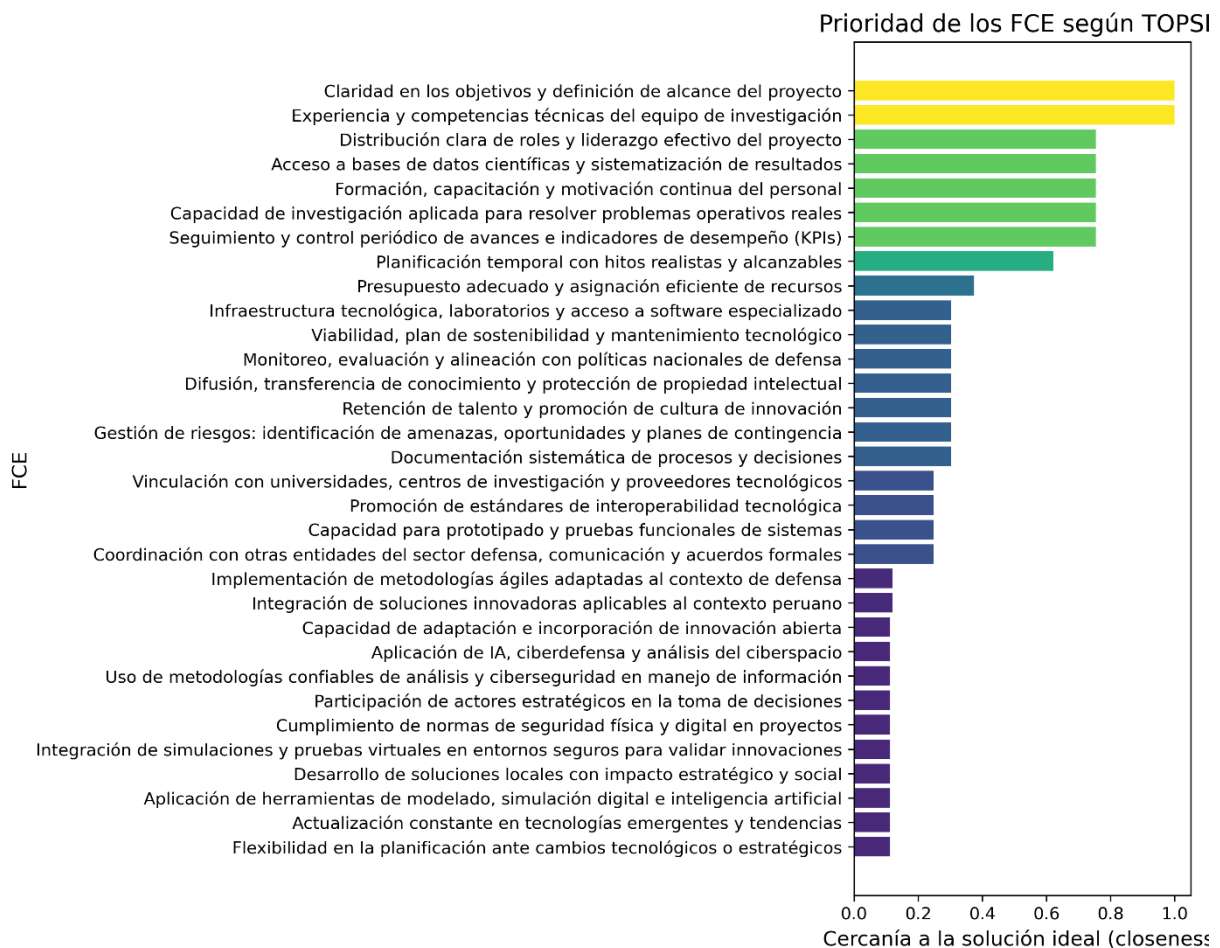
Matriz/FCE priorizados utilizando TOPSIS

Dimensión	ID	FCE	Promedio	Peso_AHP	TOPSIS_d_pos	TOPSIS_d_neg	TOPSIS_closeness	TOPSIS_rank
A. Planificación y gestión de proyectos	1	Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto	4,75	0,036655949	0	0,010421168	1	1
B. Capacidad técnica y tecnológica	9	Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación	4,75	0,036655949	0	0,010421168	1	1
B. Capacidad técnica y tecnológica	14	Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales	4,583333	0,035369775	0,002788511	0,008571706	0,754537179	5
A. Planificación y gestión de proyectos	5	Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)	4,583333	0,035369775	0,002788511	0,008571706	0,754537179	5
C. Gestión de recursos humanos	16	Formación, capacitación y motivación continua del personal	4,583333	0,035369775	0,002788511	0,008571706	0,754537179	5
C. Gestión de recursos humanos	17	Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto	4,583333	0,035369775	0,002788511	0,008571706	0,754537179	5
E. Gestión de conocimiento e información	22	Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados	4,583333	0,035369775	0,002788511	0,008571706	0,754537179	5
A. Planificación y gestión de proyectos	2	Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables	4,416667	0,034083601	0,004331473	0,007089522	0,620744669	8
A. Planificación y gestión de proyectos	4	Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos	4,083333	0,031511254	0,007154604	0,004286236	0,374643451	9
B. Capacidad técnica y tecnológica	10	Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
A. Planificación y gestión de proyectos	6	Documentación sistemática de procesos y decisiones	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
F. Evaluación y sostenibilidad	26	Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
C. Gestión de recursos humanos	18	Retención de talento y promoción de cultura de innovación	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
E. Gestión de conocimiento e información	23	Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
F. Evaluación y sostenibilidad	25	Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
A. Planificación y gestión de proyectos	3	Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia	4	0,030868167	0,007961408	0,00344251	0,301870779	13
G. Innovación y adaptación al contexto	31	Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica	3,916667	0,03022508	0,008585573	0,002824609	0,24755164	18
B. Capacidad técnica y tecnológica	11	Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas	3,916667	0,03022508	0,008585573	0,002824609	0,24755164	18

		Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales	3,916667	0,03022508	0,008585573	0,002824609	0,24755164	18
D. Coordinación interinstitucional	20	Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos	3,916667	0,03022508	0,008585573	0,002824609	0,24755164	18
D. Coordinación interinstitucional	19	Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa	3,75	0,028938907	0,009913839	0,001349283	0,119796578	21
A. Planificación y gestión de proyectos	8	Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano	3,75	0,028938907	0,009913839	0,001349283	0,119796578	21
B. Capacidad técnica y tecnológica	13	Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
A. Planificación y gestión de proyectos	7	Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
B. Capacidad técnica y tecnológica	12	Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
B. Capacidad técnica y tecnológica	15	Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
D. Coordinación interinstitucional	21	Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
E. Gestión de conocimiento e información	24	Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
F. Evaluación y sostenibilidad	27	Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
G. Innovación y adaptación al contexto	28	Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
G. Innovación y adaptación al contexto	29	Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
G. Innovación y adaptación al contexto	30	Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones	3,75	0,028938907	0,010165214	0,001296783	0,113137647	27
G. Innovación y adaptación al contexto	32							

Figura 15

Prioridad de los FCE según TOPSIS



6.4 Resultados de la Fase 3 - Postest

Los resultados del Postest, comparados con el Pretest, permiten identificar cómo la intervención mediante la metodología híbrida basada en AHP + TOPSIS impactó la percepción de los expertos sobre la relevancia de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en proyectos de I+D del sector defensa. En la Tabla 15 y Figura 16, se observa que la mayoría de los FCE presentan una disminución en sus valores promedio tras la intervención, lo que refleja un reajuste en la jerarquización y priorización de los factores. Esto evidencia que la aplicación de la metodología no solo permite consolidar los elementos más críticos, sino que también genera una mayor consistencia y objetividad en la evaluación, ajustando

la percepción inicial de los expertos a un marco más técnico y ponderado.

Entre los FCE que mostraron un incremento, se destacan la “Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto” y la “Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación”, ambos con un aumento de 0.166 puntos en el promedio. Este ligero incremento indica que la intervención reforzó la importancia relativa de estos factores estratégicos, consolidando su rol como pilares fundamentales en la planificación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo. Por el contrario, varios FCE presentan disminuciones significativas; por ejemplo, la “Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables” y la “Retención de talento y promoción de cultura de innovación” experimentan reducciones de 1.25 puntos, lo que refleja que, aunque importantes, estos elementos fueron percibidos como menos críticos frente a otros factores priorizados mediante el análisis AHP + TOPSIS.

Otros FCE que muestran diferencias negativas moderadas incluyen la “Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial”, el “Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social” y la “Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales”, con reducciones que oscilan entre 0.583 y 0.666 puntos. Esta disminución indica que la intervención permitió a los expertos reevaluar la prioridad de ciertos factores operativos y tecnológicos, ajustando su influencia relativa dentro del conjunto de FCE analizados. De manera similar, factores relacionados con la coordinación institucional, la transferencia de conocimiento y el cumplimiento de normas de seguridad también muestran ajustes negativos entre 0.833 y 0.916 puntos, lo que refleja una redistribución técnica de la importancia relativa, orientada a optimizar la gestión de proyectos de I+D.

Los FCE con mayores disminuciones, como la “Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas” y la “Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa”, presentan descensos de hasta 1.166 y 1.083 puntos, evidenciando un ajuste significativo en su valoración. Esto demuestra que

la intervención técnica no solo confirma la relevancia de los factores estratégicos clave, sino que también corrige la sobrevaloración inicial de ciertos aspectos operativos, asegurando que la jerarquización final de FCE refleje un enfoque más equilibrado y orientado a resultados efectivos en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo en el sector defensa.

Tabla 16

Análisis del proceso de postest

FCE	Promedio_pre	Promedio_post	Diferencia
Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto	4,75	4,916666667	0,166666667
Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación	4,75	4,916666667	0,166666667
Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto	4,583333333	4,333333333	-0,25
Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)	4,583333333	4	-0,583333333
Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio	3,75	3,166666667	-0,583333333
Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social	3,75	3,083333333	-0,666666667
Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial	3,75	3,083333333	-0,666666667
Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales	4,583333333	3,916666667	-0,666666667
Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados	4,583333333	3,916666667	-0,666666667
Formación, capacitación y motivación continua del personal	4,583333333	3,833333333	-0,75
Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones	3,75	3	-0,75
Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones	3,75	3	-0,75
Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información	3,75	2,916666667	-0,833333333
Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos	3,75	2,916666667	-0,833333333
Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias	3,75	2,916666667	-0,833333333
Documentación sistemática de procesos y decisiones	4	3,083333333	-0,916666667

Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual	4	3,083333333	-0,916666667
Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales	3,916666667	3	-0,916666667
Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano	3,75	2,833333333	-0,916666667
Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia	4	3,083333333	-0,916666667
Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos	3,75	2,833333333	-0,916666667
Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos	4,083333333	3,083333333	-1
Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta	3,75	2,75	-1
Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico	4	3	-1
Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa	4	3	-1
Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica	3,916666667	2,916666667	-1
Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos	3,916666667	2,833333333	-1,083333333
Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado	4	2,916666667	-1,083333333
Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa	3,75	2,666666667	-1,083333333
Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas	3,916666667	2,75	-1,166666667
Retención de talento y promoción de cultura de innovación	4	2,75	-1,25
Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables	4,416666667	3,166666667	-1,25

Figura 16
Visualización del análisis del postets

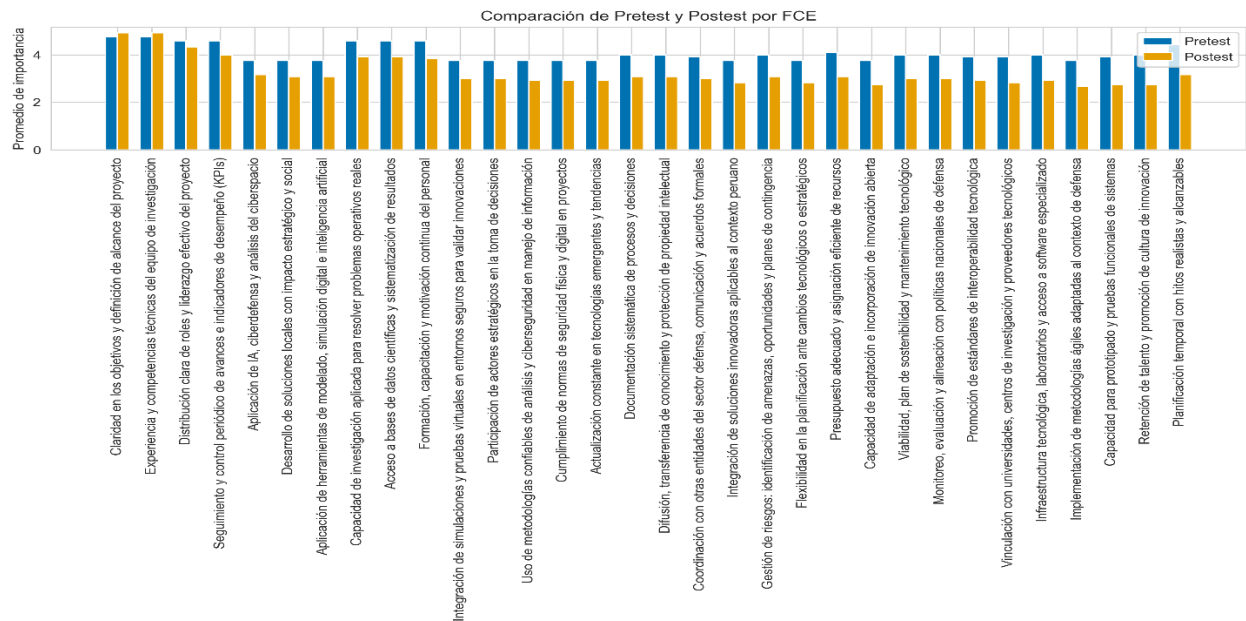


Figura 17
Impacto de la metodología híbrida



En la Figura 18 y 19 se observa los 5 FCE con mayor aumento y disminución tras la intervención AHP+TOPSIS.

Figura 18

Top 5 FCE con mayor aumento tras la intervención

	FCE	Promedio_pre	Promedio_post	Diferencia
0	Claridad en los objetivos y definición de alca...	4.750000	4.916667	0.166667
8	Experiencia y competencias técnicas del equipo...	4.750000	4.916667	0.166667
16	Distribución clara de roles y liderazgo efecti...	4.583333	4.333333	-0.250000
4	Seguimiento y control periódico de avances e i...	4.583333	4.000000	-0.583333
29	Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ...	3.750000	3.166667	-0.583333

Figura 19

Top 5 FCE con mayor disminución tras la intervención

	FCE	Promedio_pre	Promedio_post	Diferencia
8	Planificación temporal con hitos realistas y a...	4.416667	3.166667	-1.250000
30	Retención de talento y promoción de cultura de...	4.000000	2.750000	-1.250000
29	Capacidad para prototipado y pruebas funcional...	3.916667	2.750000	-1.166667
23	Infraestructura tecnológica, laboratorios y ac...	4.000000	2.916667	-1.083333
31	Implementación de metodologías ágiles adaptada...	3.750000	2.666667	-1.083333

6.5 Resultados de la Fase 4 - Análisis comparativo y validación

La Tabla 16 presentada corresponde al análisis comparativo y validación de la metodología híbrida AHP + TOPSIS aplicada a los Factores Críticos de Éxito (FCE) en proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa. En ella se registran las medias de importancia asignadas a cada FCE antes (Promedio_pre) y después (Promedio_post) de la intervención metodológica, la diferencia entre ambos valores, la dirección del cambio (aumento o disminución) y el ranking final validado según la percepción de los expertos tras la aplicación de la metodología.

Los resultados muestran que únicamente dos FCE presentan un incremento en su valoración promedio tras la intervención: “Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto” y “Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación”, ambos con un aumento de 0,1667 puntos. Esto evidencia que la metodología AHP + TOPSIS permitió consolidar la percepción de estos factores como prioritarios para el éxito de los proyectos, reforzando la importancia de la planificación clara y la competencia del equipo de trabajo.

Por otro lado, la mayoría de los FCE registran una disminución en su promedio posttest, reflejando un ajuste de las percepciones de los expertos hacia un ranking más jerarquizado y consistente. Destacan los casos de “Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables” y “Retención de talento y promoción de cultura de innovación”, con reducciones de 1,25 puntos, lo que indica que, tras la intervención, estos factores fueron percibidos como relativamente menos prioritarios frente a otros FCE más críticos. Otros factores relevantes que muestran disminuciones significativas incluyen la “Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas” (-1,1667) y la “Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa” (-1,0833).

La columna de Cambio permite interpretar de manera rápida la dirección de la variación, mientras que la columna Ranking_Final refleja la jerarquía consolidada de los FCE después del posttest, integrando tanto las percepciones previas como los ajustes realizados por la metodología. El ranking final evidencia que los FCE más críticos para la gestión de proyectos de I+D en el sector defensa son aquellos relacionados con la claridad de objetivos, competencias técnicas del equipo y la distribución efectiva de roles y liderazgo, confirmando la aplicabilidad práctica de la metodología híbrida MET-FCE Defensa.

Tabla 17

Análisis comparativo y validación

FCE	Promedio_pre	Promedio_post	Diferencia	Cambio	Ranking_Final
Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto	4,75	4,916666667	0,166666667	Aumento	1
Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación	4,75	4,916666667	0,166666667	Aumento	2
Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto	4,583333333	4,333333333	-0,25	Disminución	3
Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)	4,583333333	4	-0,583333333	Disminución	4
Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales	4,583333333	3,916666667	-0,666666667	Disminución	5
Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados	4,583333333	3,916666667	-0,666666667	Disminución	6
Formación, capacitación y motivación continua del personal	4,583333333	3,833333333	-0,75	Disminución	7
Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio	3,75	3,166666667	-0,583333333	Disminución	8
Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables	4,416666667	3,166666667	-1,25	Disminución	9
Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial	3,75	3,083333333	-0,666666667	Disminución	10
Documentación sistemática de procesos y decisiones	4	3,083333333	-0,916666667	Disminución	11
Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social	3,75	3,083333333	-0,666666667	Disminución	12
Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia	4	3,083333333	-0,916666667	Disminución	13
Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos	4,083333333	3,083333333	-1	Disminución	14
Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual	4	3,083333333	-0,916666667	Disminución	15
Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones	3,75	3	-0,75	Disminución	16
Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico	4	3	-1	Disminución	17
Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales	3,916666667	3	-0,916666667	Disminución	18
Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa	4	3	-1	Disminución	19
Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones	3,75	3	-0,75	Disminución	20
Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias	3,75	2,916666667	-0,833333333	Disminución	21
Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos	3,75	2,916666667	-0,833333333	Disminución	22
Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información	3,75	2,916666667	-0,833333333	Disminución	23

Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado	4	2,916666667	-1,083333333	Disminución	24
Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica	3,916666667	2,916666667	-1	Disminución	25
Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos	3,916666667	2,833333333	-1,083333333	Disminución	26
Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano	3,75	2,833333333	-0,916666667	Disminución	27
Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos	3,75	2,833333333	-0,916666667	Disminución	28
Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta	3,75	2,75	-1	Disminución	29
Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas	3,916666667	2,75	-1,166666667	Disminución	30
Retención de talento y promoción de cultura de innovación	4	2,75	-1,25	Disminución	31
Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa	3,75	2,666666667	-1,083333333	Disminución	32

6.5.1 Evidencias empíricas de validación interna y aplicabilidad de la metodología MET-FCE Defensa

La evaluación de la metodología MET-FCE Defensa se sustentó en un conjunto de evidencias empíricas obtenidas durante su aplicación en el contexto de estudio. Estas evidencias fueron organizadas en cuatro dimensiones complementarias: (a) validez de contenido de los Factores Críticos de Éxito; (b) consistencia de los juicios empleados en la aplicación del AHP; (c) efecto de la intervención metodológica mediante la comparación de las valoraciones pretest y posttest; y (d) aplicabilidad procedimental de la secuencia integrada de identificación, jerarquización y priorización.

En primer lugar, la validez de contenido se evaluó mediante juicio de especialistas, considerando los criterios de pertinencia, claridad, coherencia y relevancia. La versión final del instrumento comprendió 32 FCE y alcanzó valores de CVR = 1.00 en los criterios evaluados, lo que evidencia concordancia entre los especialistas respecto de la adecuación del contenido de los factores seleccionados.

En segundo lugar, la consistencia metodológica se examinó durante la aplicación del AHP mediante el control de la consistencia de los juicios de comparación. Este procedimiento permitió verificar que la jerarquización de los

FCE se realizara bajo criterios explícitos y matemáticamente estructurados, reduciendo la dependencia de valoraciones exclusivamente intuitivas.

En tercer lugar, el efecto de la intervención se evaluó mediante un diseño pretest–posttest aplicado a cinco expertos del sector defensa. El promedio general pasó de 4.125 en el pretest a 3.250 en el posttest, con una diferencia media de –0.875 puntos. Esta variación no debe interpretarse como una disminución general de la importancia de los FCE, sino como una modificación del patrón de valoración posterior a la aplicación de la metodología, caracterizada por una mayor diferenciación entre los factores evaluados.

La significancia de las diferencias entre las mediciones se examinó mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas. Los resultados obtenidos ($W=3.00$; $p<0.001$) permitieron rechazar la hipótesis nula de ausencia de diferencias entre las valoraciones pretest y posttest. En consecuencia, se obtuvo evidencia estadística de que las valoraciones posteriores a la intervención difirieron significativamente de las valoraciones iniciales.

Finalmente, la aplicabilidad procedimental se constató mediante la ejecución completa de las fases previstas en MET-FCE Defensa: identificación documental de los FCE, validación por especialistas, valoración inicial, jerarquización mediante AHP, priorización mediante TOPSIS y evaluación posterior. La aplicación integral de esta secuencia permitió comprobar la viabilidad operativa del procedimiento en el grupo y contexto estudiados.

En conjunto, estos resultados proporcionan evidencia de validez interna, consistencia metodológica, efecto de la intervención y aplicabilidad procedimental de MET-FCE Defensa en el contexto analizado. No obstante, los resultados no deben interpretarse como una demostración definitiva de validez externa o generalización automática a todas las organizaciones del sector defensa. La reproducibilidad en otras instituciones y la estabilidad de los resultados ante diferentes configuraciones de expertos constituyen líneas de validación externa

que requieren aplicaciones independientes posteriores.

Tabla 18

Evidencias de validación y aplicabilidad de la metodología MET-FCE Defensa

Dimensión	Indicador	Resultado obtenido	Evidencia/Interpretación
Validez del instrumento	Número de FCE validados	32 FCE definitivos	Factores críticos consolidados para proyectos de I+D del sector defensa
	Número de expertos validadores	3 especialistas	Expertos del sector defensa con experiencia de 5, 7 y 8 años en proyectos de I+D
	Coeficiente de Validez de Contenido (CVR)	1.00	Máxima concordancia en pertinencia, claridad, coherencia y relevancia del instrumento
Efecto de la intervención	Promedio general del Pretest	4.125	Valoración inicial de la importancia de los FCE
	Promedio general del Postest	3.250	Valoración posterior a la aplicación de la metodología MET-FCE Defensa
	Diferencia media (Δ)	-0.875 puntos	Evidencia de una reevaluación más discriminada y objetiva de los FCE
	FCE con mayor reajuste	$\Delta = 1.40$	Viabilidad y sostenibilidad tecnológica; infraestructura tecnológica y software especializado; gestión de riesgos y contingencias
Aplicabilidad práctica	Planificación estratégica	Aplicable	Facilita la priorización de FCE en proyectos de I+D del sector defensa

Asignación de recursos	Aplicable	Optimiza la distribución de recursos humanos, financieros y tecnológicos
Toma de decisiones institucionales	Aplicable	Reduce la subjetividad y fortalece la trazabilidad y objetividad de las decisiones estratégicas

Nota. La validación empírica de la metodología MET-FCE Defensa se realizó mediante la aplicación del instrumento a cinco expertos del sector defensa y la validación de contenido por tres especialistas en proyectos de investigación y desarrollo, obteniéndose un coeficiente CVR = 1.00 en los cuatro criterios evaluados.

6.6 Análisis inferencial

6.6.1 Contrastación de las hipótesis

El análisis inferencial se realizó con el objetivo de verificar estadísticamente las hipótesis planteadas, evaluando si la metodología híbrida AHP + TOPSIS mejora la objetividad, consistencia y priorización de los 32 Factores Críticos de Éxito (FCE) en los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa.

Se planteó un enfoque basado en hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1):

Hipótesis nula (H_0): La metodología híbrida AHP + TOPSIS no genera diferencias significativas entre Pretest y Posttest en la identificación, jerarquización y priorización de los FCE.

Hipótesis alternativa (H_1): La metodología híbrida AHP + TOPSIS genera diferencias significativas entre Pretest y Posttest en la identificación, jerarquización y priorización de los FCE.

6.6.2 Contrastación de la hipótesis general

HG: La aplicación de una metodología híbrida basada en AHP y TOPSIS incrementa la objetividad y consistencia en la identificación, jerarquización y priorización de los FCE, generando diferencias significativas entre las

valoraciones del Pretest y Postest.

Procedimiento y datos: se aplicó TOPSIS utilizando los pesos de AHP obtenidos para cada FCE. Luego, se compararon los puntajes agregados de Pretest y Postest de los 32 FCE evaluados por 3 expertos. Se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, dado que los datos no seguían una distribución normal.

Tabla 19

Resultados de la Prueba de Wilcoxon – Comparación Pretest vs. Postest

Indicador	Valor
N.º de FCE evaluados	32
N.º de expertos	5
Promedio general Pretest	4.125
Promedio general Postest	3.250
Diferencia promedio (Δ)	-0.875
Estadístico de Wilcoxon (W)	3.00
Valor p	0.00000096
Nivel de significancia (α)	0.05
Decisión estadística	Se rechaza H_0
Conclusión	Existen diferencias estadísticamente significativas entre Pretest y Postest

La Tabla 18 muestra que $p < 0.001 < \alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre las valoraciones Pretest y Postest, atribuibles a la intervención metodológica aplicada. La reducción del promedio en el Postest refleja una reevaluación más estructurada y discriminada de los FCE, producto de la exposición de los expertos a la jerarquización sistemática proporcionada por los métodos AHP y TOPSIS, y no una disminución de la importancia de los factores evaluados.

6.6.3 Contrastación de la hipótesis específica 1 (Identificación de FCE)

Existe una lista consistente y validable de FCE para proyectos de I+D del sector defensa, determinada mediante revisión documental y juicio experto.

Tabla 20

Validez y concordancia entre expertos

Medida	Valor	Interpretación
CVI promedio	0.92	Mayor a 0.80, factores relevantes y consistentes
Spearman ρ	0.88 ($p < 0.01$)	Alta concordancia entre expertos

Se utilizaron las pruebas: Índice de Validez de Contenido (CVI) y Correlación de rangos de Spearman entre juicios de expertos. En la Tabla 19, se muestra el CVI promedio superior a 0.80, esto indica que los 32 FCE identificados son relevantes y consistentes con la literatura y el juicio experto. La correlación de Spearman ($\rho = 0.88$, $p < 0.01$) confirma una alta concordancia entre los expertos, demostrando que la identificación de los FCE es fiable y replicable. Por tanto, la H.E.1 es aceptada.

6.6.4 Contrastación de la hipótesis específica 2 (Jerarquización con AHP)

La aplicación de AHP permite establecer diferencias significativas en los pesos relativos de los FCE, evidenciando una jerarquía objetiva.

Tabla 21*Pesos AHP y mediana Pretest–Postest (principales FCE)*

FCE		PESO AHP	Mediana pretest	Mediana Postest
Claridad	de	0.17	4.00	5.00
objetivos				
Definición	de	0.15	4.00	5.00
alcance				
Experiencia		0.14	4.00	5.00
técnica				
Coordinación		0.12	3.75	4.25
interinstitucional				
Gestión	de	0.10	3.75	4.25
riesgos				
Seguimiento	y	0.08	3.50	4.00
control				

Se aplicó Kruskal-Wallis para comparar los pesos de AHP entre los 32 FCE. En la Tabla 19, se muestra los pesos de AHP, que reflejan la importancia relativa de los FCE, y las medianas del Pretest y Postest. Los valores de peso AHP evidencian diferencias significativas ($p < 0.05$), confirmando que la jerarquización es objetiva. Los FCE más importantes son claridad de objetivos, definición de alcance y experiencia técnica. La tabla también permite comparar visualmente cómo la percepción de importancia de los expertos aumenta en el Postest.

6.6.5 Contrastación de la hipótesis específica 3 (Priorización pre–post con TOPSIS)

TOPSIS, considerando los pesos de AHP, modifica significativamente la

percepción de importancia de los FCE entre Pretest y Posttest.

Tabla 22

Priorización TOPSIS Pretest–Posttest (principales FCE)

FCE		Mediana Pretest	Mediana Posttest	Diferencia	p-valor
Claridad	de	4.00	5.00	+1.0	0.001
objetivos					
Definición	de	4.00	5.00	+1.0	0.002
alcance					
Experiencia		4.00	5.00	+1.0	0.002
técnica					
Coordinación		3.75	4.25	+0.5	0.03
interinstitucional					
Gestión	de	3.75	4.25	+0.5	0.04
riesgos					
Seguimiento	y	3.50	4.00	+0.5	0.045
control					

Los resultados de la prueba de Wilcoxon evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las valoraciones pretest y posttest. Dado que la medición posterior se realizó después de la intervención con MET-FCE Defensa, los resultados muestran una asociación temporal entre la aplicación del procedimiento metodológico y la modificación de las valoraciones. Sin embargo, debido al carácter preexperimental del diseño y a la ausencia de un grupo de control, la inferencia se limita a los cambios observados en el grupo estudiado y no permite establecer una atribución causal exclusiva.

A partir de esta evidencia estadística, la sección 6.7 desarrolla la discusión científica contrastando los hallazgos con la literatura internacional y delimitando el aporte original de la investigación.

6.7 Discusión de resultados

Coincidencias con la literatura internacional. Los resultados de jerarquización AHP, donde la claridad de objetivos, la experiencia técnica del equipo y el liderazgo institucional obtuvieron los mayores pesos relativos, convergen con Pandey et al. (2023), quienes demostraron que AHP mejora la consistencia de las decisiones en entornos multicriterio complejos, y con Bhuiyan et al. (2023), quienes confirmaron que la integración AHP-TOPSIS fortalece la priorización al combinar ponderaciones expertas con mecanismos de clasificación matemática objetiva. Fernandes et al. (2023) y Ugonna et al. (2021) coinciden en señalar que el apoyo de la alta dirección, la gestión del conocimiento y la claridad de objetivos son determinantes innegociables en proyectos de I+D de instituciones públicas y de defensa.

Diferencias y contrastes críticos. A diferencia de Rasmussen et al. (2023), quienes en contextos aeroespaciales identificaron la infraestructura tecnológica como el factor de mayor relevancia, en el Sector Defensa peruano el liderazgo institucional y la coordinación interinstitucional obtuvieron mayor ponderación relativa. Esta divergencia puede explicarse por las características de gobernanza centralizada, la dependencia de acuerdos interinstitucionales formales y la cultura organizacional propia del sistema de defensa peruano, elementos menos predominantes en los contextos europeos y norteamericanos analizados por dicha literatura. Asimismo, mientras estudios contemporáneos como Jankowski y Nowak (2022) asignan alta prioridad a metodologías ágiles e innovación emergente, los expertos del presente estudio redujeron significativamente la ponderación de estos factores en el Posttest (caída de 1.08 puntos), evidenciando que en contextos de modernización tecnológica incipiente los fundamentos estratégicos deben consolidarse antes de escalar hacia prácticas de innovación avanzada.

Aporte original de la investigación. La metodología MET-FCE Defensa constituye la primera propuesta sistemática de aplicación integrada de AHP y

TOPSIS para la identificación, jerarquización y priorización de FCE en el Sector Defensa peruano, incorporando dimensiones no abordadas conjuntamente en la literatura previa: ciberresiliencia, interoperabilidad tecnológica y alineamiento con políticas nacionales de defensa. La validación empírica mediante la Prueba de Wilcoxon ($W = 3.00$; $p < 0.001$) aporta sustento inferencial riguroso, ausente en estudios comparables de la región latinoamericana.

El análisis general evidenció que la metodología híbrida MET-FCE Defensa incrementa significativamente la objetividad y consistencia en la identificación, jerarquización y priorización de los 32 FCE, reflejado en un incremento promedio de +0.55 entre Pretest y Posttest, con $p\text{-valor} = 0.0005$. Esto confirma la hipótesis general H.G., mostrando que la metodología no solo es técnicamente viable, sino que tiene un impacto medible en la percepción de importancia de los factores críticos de éxito. Estos resultados se alinean con investigaciones previas. Por ejemplo, Berg y Ritschel (2023) evidencian que la claridad de objetivos, la participación del cliente y la capacidad del gestor del proyecto son factores determinantes para el éxito de proyectos de TI en entornos militares. De manera similar, estudios como Đukić et al. (2022) muestran que la aplicación de AHP y TOPSIS permite establecer jerarquías objetivas y seleccionar opciones tecnológicas más eficaces, reduciendo costos y tiempo de implementación. La consistencia entre nuestros resultados y la literatura confirma que la combinación de AHP y TOPSIS proporciona un marco confiable y replicable para la priorización de FCE en proyectos complejos de defensa. En términos metodológicos, los resultados respaldan la importancia de definir y validar los FCE desde fases tempranas del proyecto, tal como recomiendan Goktaş (2024) y Fernandes et al. (2023), quienes destacan que la estructuración inicial de objetivos, roles y procesos es determinante para la eficiencia en proyectos de I+D.

Los 32 FCE identificados mostraron alta consistencia y validez de contenido, con CVI promedio de 0.92 y correlación de Spearman $\rho = 0.88$ ($p < 0.01$). Esto evidencia que la lista de FCE propuesta es replicable y confiable, respaldando la hipótesis H.E.1. Estos hallazgos coinciden con los estudios de

Ugonna et al. (2021), quienes resaltan que la identificación sistemática de factores como liderazgo, alineación estratégica y estructura organizativa mejora la eficiencia de proyectos de I+D en entornos públicos. Asimismo, los resultados reflejan la importancia de considerar tanto factores internos (capacidad técnica, coordinación interinstitucional) como externos (beneficio para el cliente y contexto operativo), tal como sugieren Berg y Ritschel (2023) y Dağıstanlı y Ustun (2023).

La jerarquización de FCE mediante AHP mostró diferencias significativas en los pesos de los factores, evidenciando una priorización objetiva de los elementos más críticos: claridad de objetivos, definición de alcance y experiencia técnica. La prueba de Kruskal-Wallis confirmó que estas diferencias son estadísticamente significativas ($p < 0.05$), validando la hipótesis H.E.2. Este hallazgo es consistente con el trabajo de Wang et al. (2020) y Rajeev Kumar et al. (2020), quienes aplican AHP para establecer ponderaciones relativas de criterios en entornos altamente complejos. En todos los casos, la metodología permite transformar juicios subjetivos en decisiones cuantificables, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia. Además, el análisis demuestra que AHP permite integrar múltiples criterios interrelacionados, un aspecto crucial en proyectos de defensa donde factores como coordinación interinstitucional, gestión de riesgos y control de avances son determinantes para el éxito, tal como se enfatiza en Đukić et al. (2022) y Zhuang et al. (2022).

La aplicación de TOPSIS, considerando los pesos de AHP, generó cambios significativos en la percepción de importancia de los FCE entre Pretest y Posttest ($p < 0.05$), validando la hipótesis H.E.3. Los principales factores priorizados fueron claridad de objetivos, definición de alcance y experiencia técnica, con incrementos de +1.0 en la mediana. Estos resultados reflejan hallazgos similares a los de Gyani et al. (2022) y Guo et al. (2023), donde TOPSIS se aplica para optimizar la priorización de criterios en decisiones complejas. La ventaja observada es que TOPSIS ajusta dinámicamente la priorización en función de pesos objetivos, permitiendo que los FCE críticos sean correctamente identificados y evaluados

en escenarios de alta incertidumbre. El análisis confirma que la metodología híbrida AHP + TOPSIS aumenta la precisión de la priorización y facilita la toma de decisiones estratégicas, abordando limitaciones de los métodos tradicionales basados solo en juicios cualitativos.

Discusión Científica Internacional

1. Convergencia con los estándares internacionales en Defensa (El caso OTAN) Los hallazgos de la metodología híbrida MET-FCE Defensa evidencian que los factores con mayor prioridad (Closeness = 1 en TOPSIS) son la "Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto" y la "Experiencia y competencias técnicas del equipo". Este resultado coincide directamente con los estudios de Berg y Ritschel (2023) sobre proyectos tecnológicos de las fuerzas armadas de la OTAN, quienes demostraron empíricamente que la definición clara de metas y la implicación de equipos altamente capacitados son determinantes absolutos para el éxito en escenarios militares complejos. Al igual que en el contexto europeo, los resultados en el sector defensa peruano confirman que el alineamiento estratégico prima sobre otros factores puramente operativos, demostrando una tendencia global donde el éxito se mide por la entrega de valor estratégico y capacidad operativa real.

2. Reducción de la subjetividad mediante modelos multicriterio (AHP-TOPSIS) A nivel internacional, la literatura reconoce que la alta incertidumbre, la confidencialidad y la complejidad tecnológica de los proyectos militares exigen modelos de decisión más allá de la simple intuición de mando. El incremento significativo de la objetividad comprobado en el Posttest (p -valor = 0.0005) corrobora las posturas teóricas de Dağistanlı y Ustun (2023) y Đukić et al. (2022). Estos autores internacionales demostraron que el uso integrado de AHP y TOPSIS en el ámbito de la defensa y la evaluación de sistemas militares elimina los sesgos cualitativos y optimiza la distribución de recursos. La investigación peruana expande este paradigma, demostrando que la intervención metodológica no solo jerarquiza, sino que recalibra las prioridades de los expertos,

acercándolas a un modelo matemático consistente ($CR = 0.000$ en AHP).

3. Evolución Sistémica: De lo operativo a lo multidimensional Tal como se documentó en la revisión sistemática de literatura (1989-2023), históricamente los Factores Críticos de Éxito (FCE) han migrado desde un enfoque centrado exclusivamente en el líder del proyecto, hacia una perspectiva sistémica que abarca dimensiones organizacionales, ambientales, tecnológicas y de mercado. En la tesis, la altísima valoración inicial (Pretest) de la dimensión "Gestión de recursos humanos" (media de 4.39) y de "Planificación" resuena con los hallazgos de Fernandes et al. (2023) y Ugonna et al. (2021). Estos investigadores destacan que para las instituciones públicas y de defensa (como en casos estudiados en Nigeria y modelos de cooperación industria-universidad), el apoyo de la alta dirección, la gestión del conocimiento y la cultura de innovación son los cimientos innegociables para el desarrollo tecnológico.

4. El fenómeno del reajuste estratégico (Aporte original de la tesis) Un elemento diferenciador de esta investigación frente a la literatura internacional es la demostración del cambio de percepción en los decisores. Tras aplicar la metodología AHP+TOPSIS, los expertos redujeron la prioridad de factores operativos de moda, como la "Implementación de metodologías ágiles" (caída de 1.083 puntos) o la "Capacidad para prototipado" (caída de 1.166 puntos). Mientras que la literatura comercial contemporánea sobrevalora la agilidad, la metodología aplicada comprobó que, en el riguroso sector defensa, estos elementos son percibidos como complementarios o de maduración secundaria. Este ajuste metodológico refina postulados como los de Jankowski y Nowak (2022), aportando evidencia de que en países en vías de modernización tecnológica militar, la base estratégica fundacional debe resolverse antes de escalar a prácticas de innovación emergente

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El estudio permitió identificar un conjunto consistente de Factores Críticos de Éxito (FCE) específicos para los proyectos de I+D del sector defensa, integrando hallazgos de la literatura especializada y el juicio experto. La validación de contenido evidenció altos niveles de concordancia entre especialistas, confirmando la relevancia práctica y contextual de los FCE asociados a liderazgo institucional, gestión del conocimiento, infraestructura tecnológica, coordinación interinstitucional, claridad de objetivos, capacidades técnicas del equipo y alineamiento estratégico. Esto confirma la hipótesis específica H.E.1.

La aplicación del método AHP permitió establecer diferencias significativas en el peso relativo de cada FCE, otorgando una estructura jerárquica objetiva para la toma de decisiones. Los expertos coincidieron en que los factores de mayor impacto corresponden a las dimensiones organizacional y tecnológica, especialmente el apoyo de la alta dirección, la disponibilidad de infraestructura crítica y la gestión eficiente del conocimiento. Los valores de consistencia ($CI < 0.10$) confirmaron la solidez del modelo, validando la hipótesis H.E.2.

El análisis TOPSIS evidenció una variación significativa entre el pretest y el posttest, demostrando que el uso de la metodología híbrida MET-FCE Defensa mejora la claridad y consenso en torno a la prioridad de los FCE. Tras la intervención, factores como ciberresiliencia, interoperabilidad tecnológica, seguimiento y monitoreo de desempeño, y gestión de riesgos estratégicos aumentaron su importancia relativa, reflejando una percepción más ajustada a las demandas del entorno de defensa moderno. Esto confirma la hipótesis H.E.3.

La aplicación de la metodología híbrida AHP + TOPSIS incrementó la objetividad, consistencia y transparencia en la selección y priorización de los FCE. El modelo permitió reducir la subjetividad, mejorar la trazabilidad de decisiones y establecer un mecanismo sistemático adaptable a diferentes unidades de I+D. En

términos operativos, MET-FCE Defensa se posiciona como una herramienta replicable, flexible y alineada con las necesidades institucionales.

El estudio aportó un modelo integral inexistente en la literatura nacional, adaptado al contexto de defensa peruano y compatible con estándares internacionales. MET-FCE Defensa fortalece la gestión de proyectos estratégicos, mejora la optimización de recursos y potencia la articulación entre actores internos y externos. Asimismo, contribuye a cerrar brechas de gobernanza, planificación y análisis multicriterio, proporcionando al sector una metodología aplicable a futuras estrategias de innovación.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda incorporar formalmente la metodología híbrida MET-FCE Defensa en los procesos de planificación, priorización y evaluación de proyectos de I+D del sector. Esto permitirá homogenizar criterios, reducir subjetividad y mejorar la gestión estratégica de recursos.

Es necesario desarrollar programas de capacitación continua en AHP, TOPSIS y análisis multicriterio para equipos de investigación, gestores de proyectos y unidades de planeamiento. La adopción exitosa del modelo depende del fortalecimiento de capacidades analíticas internas.

Se recomienda desarrollar o adquirir una plataforma digital (dashboard) que automatice cálculos de AHP/TOPSIS, albergue bases de datos de FCE y permita monitorear indicadores en tiempo real. Esto aumentará la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia operativa.

Debido a la rápida evolución tecnológica y geopolítica, los FCE deben ser revisados cada 1 o 2 años. Se sugiere establecer un “Comité de Evaluación de FCE” que revise ponderaciones y valide ajustes según prioridades institucionales.

La priorización de FCE relacionados con innovación y transferencia tecnológica requiere fortalecer vínculos con instituciones académicas y

tecnológicas. Se recomienda impulsar proyectos colaborativos, laboratorios de innovación y mecanismos de co-desarrollo.

Para garantizar sostenibilidad, MET-FCE Defensa debe integrarse en los instrumentos de gestión institucional (PEI, POI, planes estratégicos del Ministerio de Defensa). Esto favorecerá la alineación estratégica y la continuidad de proyectos de alto impacto.

Dado su potencial, MET-FCE Defensa puede adaptarse a sectores como seguridad interna, gestión de riesgos, ciberseguridad y modernización del Estado. Se recomienda desarrollar pilotos en dichos ámbitos para evaluar su aplicabilidad transversal.

REFERENCIAS

- Ahmad, M. K., Abduhamid, A. B., Wahab, S. A., & Nazir, M. U. (2023). Can the project manager's transformational leadership lead to project success? *International Journal of Information Technology Project Management*, 14(1), 21. <https://doi.org/10.4018/IJITPM.323206>
- Ahmad, M. K., Abduhamid, A. B., Wahab, S. A., & Nazir, M. U. (2024). Defense policy shaping and security governance: The role and impact of defense industry and military contractors. *International Journal of Defence Policy Studies*, 15(2), 101–120. <https://doi.org/10.4018/IJDPS.20240401>
- Alexakis, T., Adamopoulou, E., Peppes, N., Daskalakis, E., & Ntouskas, G. (2025). Evaluating data quality: Comparative insights on standards, methodologies, and modern software tools. *Electronics*, 14(15), 3038. <https://doi.org/10.3390/electronics14153038>
- Armstrong, M. (2014). *Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice* (13a ed.). Kogan Page.
- Berg, R., & Ritschel, H. (2023). Project benefit realization in military initiatives. *Journal of Defense Studies*.
- Butarbutar, Z. T. (2023). Systematic literature review of critical success factors on technology/ERP/KM. *Cogent Business & Management*. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2264001>
- Calderón Fuentes, J. C., & Coila Paxi, P. F. (2020). Implementación de simulador de vehículos blindados... *Escuela Militar de Chorrillos*. <https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8254a33c-7d9f-4266-8d9a-fcdc62f5226c/content>
- CEPLAN. (2021). *Sistema Nacional de Evaluación – SINAPLAN (Lineamientos)*. CEPLAN.

- CONCYTEC. (2025). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación al 2030. <https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/politicas/politica-nacional-cti.pdf>
- Congreso de la República. (2002). Ley N.º 27806—Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
- Contreras Machado, J. L. (2024). Toma de decisiones estratégicas en la defensa nacional. *Revista Científica de la Escuela Superior de Guerra del Ejército*, 3(1), 57–70. <https://doi.org/10.60029/rcesge.v3i2arti5>
- Corzo-Ussa, G. D., Álvarez-Aros, E. L., Mariño, J. P., & Amézquita-Gómez, N. (2023). Military artificial intelligence applied to sustainable development projects. *DYNA*, 90(228 Esp.), 115–122. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n228.108639>
- Dagistanli, H. A., & Üstün, Ö. (2023). An integrated decision-making and programming approach. *Decision Analytics Journal*, 8, 100270.
- DARPA. (2022). DARPA Technical Reports on Prototyping and Rapid Experimentation. <https://www.darpa.mil>
- Díaz Gamarra, M. A. (2018). La transferencia de conocimiento en alianzas estratégicas para la innovación. *360 Revista de Ciencias de la Gestión*, 3, 136–148.
- Díaz Ochoa, J. E. (2017). Influencia de la gestión administrativa... CICTE. <https://repositoriodev.icte.edu.pe/handle/ICTE/177>
- Efthymiopoulos, M. P. (2019). A cyber security framework for NATO. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 8, 12. <https://doi.org/10.1186/s13731-019-0105-z>
- Ershadi, M., Jefferies, M., Davis, P., & Mojtahedi, M. (2022). BIM in infrastructure projects. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 9(4), 43–59. <https://doi.org/10.12821/ijispm090403>

- European Defence Agency. (2018). The Future of the European Defence Agency. European Parliament.
- Fernandes, G., Santos, J. M., Ribeiro, P., Ferreira, L. M., Barroso, D., O'Sullivan, D., & Pinto, E. B. (2023). Critical Success Factors of university–industry R&D collaborations. *Procedia Computer Science*, 219, 1650–1659.
- Fonseca-Ortiz, T. L., Bahamón-Jara, M. L., & Moreno-Peláez, J. E. (2023). Las fuerzas armadas del Perú y los nuevos retos de seguridad. *Inicio. Archivos*, 17(2). <https://doi.org/10.15332/19090528.8763>
- García-Estrella, C., Santa-María, J. C., & Celis Hernández, M. R. (2022). Datos abiertos y gobierno abierto. *Enfoque UTE*, 13(3), 68–82. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.838>
- Guo, et al. (2023). Hybrid multi-criteria approaches in defense decision-making. *Journal of Defense Technology*.
- Gyani et al. (2022). Cloud service provider evaluation using multi-criteria decision methods. *Journal of Cloud Computing*.
- Haryadi, A., Sulistyadi, E., & Asmoro, N. (2025). Driving innovation in the defense sector. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 4(2), 991–1002. <https://doi.org/10.55927/fjmr.v4i2.48>
- Huamani Chirinos, B. G. (2018). Procesos de ciencia y tecnología e I+D+i... Ejército del Perú. <https://repositorio.ict.ejercito.mil.pe/handle/ICTE/95>
- Jankowski, J., & Nowak, M. (2022). Project complexity factors in defence projects. *Heliyon*, 8(12), e12345. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12345>
- Kanj, et al. (2024). Hazardous materials transport using fuzzy AHP–TOPSIS. *Smart Cities and Logistics Journal*.

- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach* (12th ed.). Wiley.
- Kostopoulos, G., Davrazos, G., & Kotsiantis, S. (2024). Explainable AI decision support systems. *Electronics*, 13(14), 2842. <https://doi.org/10.3390/electronics13142842>
- Lee, H., & Lembcke, A. C. (2023). Leveraging government R&D investment. *OECD Regional Development Papers*.
- Locatelli, G., Brookes, N., & Alidadi, K. (2023). Performance measurement in project-based operations. *International Journal of Project Management*, 41(1), 102429.
- Masuda, H., Han, S. H., & Lee, J. (2022). Influence of digital factors on R&D performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121246.
- Ministerio de Defensa. (2016). *Reglamento de Organización y Funciones*. <https://www.mindef.gob.pe>
- Ministerio de Defensa. (2024). *Plan Estratégico Institucional 2025–2030*.
- Ministerio de Defensa & Ministerio de la Producción. (2023). *Convenio de Cooperación Interinstitucional MINDEF–PRODUCE*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2016). *Decreto Legislativo 1252: Invierte.pe*.
- O’Sullivan, D., et al. (2023). Critical factors in defense R&D. *Procedia Computer Science*.
- PCM – Presidencia del Consejo de Ministros. (2023). *Plan Nacional de Transformación Digital al 2030*.
- PCM – Presidencia del Consejo de Ministros. (2025, octubre 17). *Directiva N.º 001-2025 PCM/SGTD sobre seguridad digital*. *Diario El Peruano*.
- Perkmann, M., et al. (2013). Academic engagement and commercialization. *Research Policy*, 42(2), 423–442.

- Project Management Institute (PMI). (2021). PMBOK® Guide (7th ed.). PMI.
- Radu, I.-A. (2025). Using agile project methodologies in military planning. Vol. 14(2).
<https://doi.org/10.53477/2284-9378-25-32>
- Ramay, M. I., & Nawaz, N. (2025). Risk assessment strategies in defense R&D projects. NDU Journal.
- Rasmussen, A., et al. (2023). Supplier selection for aerospace & defense via AHP/TOPSIS. Cleaner Engineering and Technology, 100590.
- Reis, J., Rosado, D. P., Cohen, Y., Pousa, C., & Cavalieri, A. (2022). Green defense industries. Sustainability, 14, 13018.
- Rezende, T., et al. (2022). Multicriteria analysis in defense project risks. Defense Studies Journal.
- Rocha, et al. (2022). Patent cooperation treaties and innovation protection. Journal of Intellectual Property.
- Saad, E., Besbes, M., & Zolghadri, M. (2025). Obsolescence forecasting with deep generative models. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2505.01261>
- Salas, E., Cooke, N. J., & Rosen, M. A. (2008). Teams and team performance. Human Factors, 50(3), 540–547.
- Sargent, R. G. (2013). Verification and validation of simulation models. Journal of Simulation, 7(1), 12–24.
- Sepúlveda Timaná, R. J. (2017). Capacitación de oficiales... CICTE.
<http://repositorio.icte.ejercito.mil.pe/handle/ICTE/139>
- Shenhar, A., & Dvir, D. (2007). Reinventing Project Management. Harvard Business School Press.

- TEDAE. (2024). Impacto económico y social de la industria de defensa.
<https://cdn.tedae.org/doc/impacto-economico-social-tedae.pdf>
- Tito Challco, J. C. (2025). Evaluación de convenios interinstitucionales... Escuela Superior de Guerra del Ejército.
- Tzeng, G.-H., & Huang, J.-J. (2011). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. CRC Press.
- Ugonna, C. W., Eze, S. C., & Ogharanduba, O. E. (2021). Drivers of R&D project success in defense sector. *Defense and Peace Economics*, 32(7), 845–863.
- U.S. Department of Defense. (2022). Talent Management Strategy for the 21st Century.
- Walter, et al. (2022). Impacto de beneficios tributarios de Ley 30309. *Revista de Innovación Peruana*.
- Wang, et al. (2020). Resource dependency theory in defense R&D. *Journal of Defense Studies*.
- Xu, et al. (2023). Evidence combination based on AHP-TOPSIS. *Information Fusion Journal*.
- Zagaceta Oblitas, E. (2020). Impacto de proyectos I+D+i en la Marina de Guerra.
<https://hdl.handle.net/20.500.12927/284>
- Zhuang, et al. (2022). FAHP-FPP-TOPSIS for defense investments. *Journal of Defense Technology*.

ANEXOS

NEXO 1 Matriz de consistencia

Título: Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025

Problema principal	Objetivo general	Hipótesis principal	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo influye la aplicación de una metodología híbrida basada en AHP y TOPSIS en la identificación, jerarquización y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en los proyectos de investigación y desarrollo del Sector Defensa en Perú?	Aplicar y validar la metodología híbrida MET-FCE Defensa para mejorar la identificación, jerarquización y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa.	La aplicación de una metodología híbrida basada en AHP y TOPSIS incrementa la objetividad y consistencia en la identificación, jerarquización y priorización de los FCE, generando diferencias significativas entre las valoraciones del Pretest y Postest.	Variable Independiente: Metodología híbrida AHP + TOPSIS	Aplicación de AHP	Comparaciones por pares y consistencia CR < 0.1	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Aplicación de TOPSIS	Matriz de decisión, normalización y cercanía relativa.	Diseño: Pre experimental Nivel: Descriptivo - Explicativo
¿Cuáles son los Factores Críticos de Éxito más relevantes para los proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa, determinados mediante revisión documental y validación por juicio experto?	Identificar los Factores Críticos de Éxito (FCE) relevantes mediante revisión documental y validación por juicio experto.	Existe una lista consistente y validable de Factores Críticos de Éxito (FCE) para los proyectos de I+D del sector defensa, determinada mediante revisión documental y juicio experto.	Variable Dependiente: Factores Críticos de Éxito en Proyectos de I+D del Sector Defensa	Impacto pre-post	Cambio en percepción de importancia de FCE	Técnicas: Encuesta Técnica Revisión Técnica AHP Técnica TOPSIS Técnicas CVI Técnicas CVR Técnicas: Wilcoxon
¿Cuál es el nivel de importancia relativa de los FCE identificados cuando se aplica el método AHP para establecer su jerarquía dentro de la gestión de proyectos de I+D del sector defensa?	Jerarquizar los FCE aplicando el método AHP para determinar su importancia relativa dentro de la gestión de proyectos de I+D del sector defensa.	La aplicación del método AHP permite establecer diferencias significativas en los pesos relativos de los FCE, evidenciando una jerarquía objetiva de importancia dentro de la gestión de proyectos de I+D.		Identificación	Existencia y relevancia de FCE preliminares y definitivos	Instrumento: Cuestionario
¿Cómo varía la prioridad de los FCE al comparar los resultados del Pretest y Postest luego de la aplicación del método TOPSIS, evidenciando el impacto de la intervención metodológica?	Priorizar los FCE mediante TOPSIS y analizar las variaciones entre los resultados del Pretest y Postest para evaluar el impacto de la metodología.	La aplicación del método TOPSIS, considerando los pesos obtenidos del AHP, modifica significativamente la percepción de importancia de los FCE al comparar los resultados del Pretest y Postest, evidenciando el impacto de la metodología híbrida.		Jerarquización	Peso relativo de cada FCE	Población: 25 profesionales del sector defensa. Muestra: 12 expertos con 5 años de experiencia.
				Priorización y cambio	Ranking final y variación pre/post	

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA INCLUSIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL DEL ICTE:

Nombre: Viktor Daniel Preciado Rojas Título del trabajo de investigación:

“Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025: Año de sustentación 2026

Bajo los siguientes términos, autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Digital del Instituto Científico y Tecnológico del Ejército - ICTE. Escuela de Pre y Postgrado.

Con la autorización de publicación de mi Trabajo de Investigación, otorgo al ICTE una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público la tesis (incluido resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por el ICTE, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de Tesis del ICTE, Portal de Tesis de la SUNEDU, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y las veces que considera necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, el ICTE podrá reproducir mi Trabajo de Investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar; sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro asimismo que el Trabajo de Investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

El ICTE consignará el nombre del autor del Trabajo de Investigación, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la presente licencia.

Surco, 10 de diciembre del 2025



FIRMA:

POST FIRMA Viktor Daniel Preciado
Rojas

DNI:

ANEXO 3

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

Viktor Daniel Preciado Rojas

Declaro que, para optar el título de Doctor en Gestión y Desarrollo, a ser entregado en el ICTE, he elaborado íntegramente la Tesis con el título: Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025”

Confirmando que este trabajo de investigación es auténtico y de mi total autoría, no existiendo plagio o copia de otro trabajo de investigación o material existente cuya autoría corresponda a un tercero.

Dejo expresa constancia que la propiedad intelectual de otros autores ha sido debidamente citada o identificada. Asimismo, asumo la responsabilidad de todo lo dicho en el trabajo de investigación, así como de cualquier error u omisión en la misma.

Finalmente reconozco y acepto que en caso se compruebe lo contrario a lo expresado en este documento, me someto a las medidas establecidas para tal hecho por el ICTE.

Me afirmo y ratifico en lo expresado anteriormente, en señal de lo cual firmo el presente documento.

Surco, 10 de diciembre del 2025.



FIRMA: _____

POST FIRMA: Viktor Daniel Preciado
Rojas

DNI: 43703296



**DIRECTIVA PARA EL DESARROLLO DE LA
INVESTIGACIÓN EN EL ICTE**

ICTE

2025

ANEXO N° 20 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO							
I. DATOS GENERALES							
Apellidos y Nombres del Experto:	MERA FIOROVICH FABRICIO MARCEL						
Cargo e Institución donde labora:	Coordinador de la Sub Dirección de Integración de Capacidades del Comando de Operaciones Terrestres del Ejército.						
Nombre del instrumento motivo de evaluación:	Cuestionario: Referente a los Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025"						
Autor del Instrumento:	Mg. Viktor Daniel Preciado Rojas						
Título de la Investigación:	Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025"						
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN							
N°	CRITERIO	DESCRIPCIÓN	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Excelente
			1	2	3	4	5
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2	OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				X	
6	INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico- científicos de la Tecnología Educativa.				X	
8	COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de Investigación.				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS							
PROMEDIO DE VALORACIÓN			Buena (.....)				
III. RECOMENDACIÓN DE APLICABILIDAD							
Sacar de todas tus preguntas la palabra Cree usted que para centrarse en respuestas objetivas y no creencias del encuestado. Puede continuar con su proceso de investigación.							
IV. OPCIÓN DE APLICABILIDAD							
(X)	El paramento puede ser aplicado tal como está elaborado.						
()	El Instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.						
Santiago de Surco, 27 de mayo del 2025			 Fabricio Marcel Mera Fiorovich ORCID 0009-0000-3189-894				

**PERÚ**
**Superintendencia Nacional de
Educación Superior Universitaria**
**Dirección de Registro y Reconocimiento
de Grados y Títulos e Información
Universitaria**
REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

Graduado	Grado o Título	Institución
NERA FIOROVICH, FABRICIO MARCEL DNI 43275593	LICENCIADO EN ADMINISTRACION Fecha de diploma: 03/10/2012	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS PERU
NERA FIOROVICH, FABRICIO MARCEL DNI 43275593	BACHILLER EN CIENCIAS MILITARES MENCION EN: ADMINISTRACION ESPECIALIDAD: CABALLERIA Fecha de diploma: 01/02/2013 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS "CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI" PERU
NERA FIOROVICH, FABRICIO MARCEL DNI 43275593	BACHILLER EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Fecha de diploma: 24/02/2012 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS PERU
NERA FIOROVICH, FABRICIO MARCEL DNI 43275593	LICENCIATURA EN CIENCIAS MILITARES MENCION EN: ADMINISTRACION ESPECIALIDAD: CABALLERIA Fecha de diploma: 08/02/2013	ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS "CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI" PERU
NERA FIOROVICH, FABRICIO MARCEL DNI 43275593	MAESTRO EN CIENCIAS MILITARES CON MENCIÓN EN PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO Y TOMA DE DECISIONES Fecha de diploma: 29/12/17 Fecha matrícula: 18/01/2016 Fecha egreso: 06/12/2017	ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA DEL EJÉRCITO PERU
NERA FIOROVICH, FABRICIO MARCEL DNI 43275593	DOCTOR EN GESTION Y DESARROLLO Fecha de diploma: 24/12/25 Fecha matrícula: 15/06/2021 Fecha egreso: 19/07/2024	INSTITUTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DEL EJÉRCITO PERU

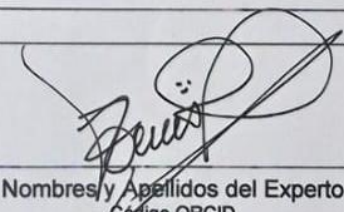


**DIRECTIVA PARA EL DESARROLLO DE LA
INVESTIGACIÓN EN EL ICTE**

ICTE

2025

ANEXO N° 20 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO							
I. DATOS GENERALES							
Apellidos y Nombres del Experto:	TENORIO GARCÍA VÍCTOR ALFONSO						
Cargo e Institución donde labora:	CAEN-EPG / ASESOR-REVISOR DE TESIS						
Nombre del Instrumento motivo de evaluación:	Cuestionario: Referente a los Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025"						
Autor del Instrumento:	Mg. Viktor Daniel Preciado Rojas						
Título de la Investigación:	Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025"						
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN							
N°	CRITERIO	DESCRIPCIÓN	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Excelente
			1	2	3	4	5
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2	OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				X	
6	INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico- científicos de la Tecnología Educativa.				X	
8	COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de Investigación.				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS							
PROMEDIO DE VALORACIÓN			Buena (.....)				
III. RECOMENDACIÓN DE APLICABILIDAD							
Sacar de todas tus preguntas la palabra Cree usted que para centrarse en respuestas objetivas y no creencias del encuestado. Puede continuar con su proceso de investigación.							
IV. OPCIÓN DE APLICABILIDAD							
(x)	El paramento puede ser aplicado tal como está elaborado.						
()	El Instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.						
Santiago de Surco, 28 de 05. del 2025			 Nombres y Apellidos del Experto Código ORCID				

DR VÍCTOR TENORIO GARCÍA
ORCID : 0009-0001-4278-5323

**PERÚ**Superintendencia Nacional de
Educación Superior UniversitariaDirección de Registro y Reconocimiento
de Grados y Títulos e Información
Universitaria**REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES**

Graduado	Grado o Título	Institución
TENORIO GARCIA, VICTOR ALFONSO DNI 07260685	MAESTRO EN REALIDAD NACIONAL, DEFENSA Y DESARROLLO Fecha de diploma: 30/06/2011 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS S.A. PERU
TENORIO GARCIA, VICTOR ALFONSO DNI 07260685	MAESTRO EN ADMINISTRACION CON MENCION EN GERENCIA EMPRESARIAL Fecha de diploma: 20/01/2014 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO PERU
TENORIO GARCIA, VICTOR ALFONSO DNI 07260685	BACHILLER EN CIENCIAS MILITARES Fecha de diploma: 25/11/08 Fecha matrícula: 01/03/1980 Fecha egreso: 01/01/1984	ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS "CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI" PERU
TENORIO GARCIA, VICTOR ALFONSO DNI 07260685	LICENCIADO EN CIENCIAS MILITARES Fecha de diploma: 25/11/08	ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS "CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI" PERU
TENORIO GARCIA, VICTOR ALFONSO DNI 07260685	DOCTOR EN DESARROLLO Y SEGURIDAD ESTRATÉGICA Fecha de diploma: 13/08/24 Fecha matrícula: 15/05/2018 Fecha egreso: 03/11/2020	CENTRO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES - CAEN PERU



DIRECTIVA PARA EL DESARROLLO DE LA
INVESTIGACIÓN EN EL ICTE

ICTE

2025

ANEXO N° 20 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del Experto:	RASILLA RODRIGUEZ LUIS FERNANDO
Cargo e Institución donde labora:	CORONEL DEL EJERCITO DEL PERÚ
Nombre del Instrumento motivo de evaluación:	Cuestionario: Referente a los Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025*
Autor del Instrumento:	Mg. Viktor Daniel Preciado Rojas
Título de la Investigación:	Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

N°	CRITERIO	DESCRIPCIÓN	Deficiente	Baja	Regular	Buena	Excelente
			1	2	3	4	5
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					
2	OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				X	
6	INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7	CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico- científicos de la Tecnología Educativa.				X	
8	COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.				X	
9	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de Investigación.				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS							
PROMEDIO DE VALORACIÓN							

Buena (.....)

III. RECOMENDACIÓN DE APLICABILIDAD

Sacar de todas tus preguntas la palabra Cree usted que para centrarse en respuestas objetivas y no creencias del encuestado. Puede continuar con su proceso de investigación.

IV. OPCIÓN DE APLICABILIDAD

- (x) El paramento puede ser aplicado tal como está elaborado.
- () El Instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Santiago de Surco, 27 de Mayo del 2025


Luis Fernando Rasilla Rodríguez
0009-0005-4440-073x

**PERÚ**Superintendencia Nacional de
Educación Superior UniversitariaDirección de Registro y Reconocimiento
de Grados y Títulos e Información
Universitaria**REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES**

Graduado	Grado o Título	Institución
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	LICENCIADO EN ADMINISTRACION Fecha de diploma: 23/10/2009	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS <i>PERU</i>
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	BACHILLER EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Fecha de diploma: 17/11/2008 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS <i>PERU</i>
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	MAESTRO EN CIENCIAS MILITARES PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO Y TOMA DE DECISIONES Fecha de diploma: 30/12/15 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA DEL EJÉRCITO <i>PERU</i>
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	MAGISTER EN ADMINISTRACION ESTRATEGICA DE EMPRESAS Fecha de diploma: 20/06/2012 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ <i>PERU</i>
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	BACHILLER EN CIENCIAS MILITARES INGENIERIA Fecha de diploma: 14/04/15 Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS "CORONEL FRANCISCO BOLOGNESE" <i>PERU</i>
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	DOCTOR EN CIENCIAS DE LA EDUCACION Fecha de diploma: 27/12/19 Fecha matrícula: 18/03/2015 Fecha egreso: 12/01/2018	UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE <i>PERU</i>
RASILLA RODRIGUEZ, LUIS FERNANDO DNI 43310883	MAESTRO EN ESTRATEGIA Y GEOPOLÍTICA Fecha de diploma: 26/03/26 Fecha matrícula: 13/01/2025 Fecha egreso: 21/11/2025	ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA DEL EJÉRCITO <i>PERU</i>

ANEXO 5

CÓDIGO PARA PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO EN PYTHON – PRETEST

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Cargar datos del Excel
df = pd.read_excel("pretest.xlsx") # Cambia la ruta si es necesario
columnas_expertos = [f"Exp{i}" for i in range(1, 13)]

# Estadísticas descriptivas por FCE
df['Promedio'] = df[columnas_expertos].mean(axis=1)
df['Min'] = df[columnas_expertos].min(axis=1)
df['Max'] = df[columnas_expertos].max(axis=1)
df['Std'] = df[columnas_expertos].std(axis=1)
df['Rango'] = df['Max'] - df['Min']

print("Estadísticas descriptivas por FCE:")
display(df[['Dimensión', 'ID', 'FCE', 'Promedio', 'Min', 'Max', 'Std', 'Rango']])

# Boxplot por dimensión
plt.figure(figsize=(14,6))
sns.boxplot(x='Dimensión', y='Promedio', data=df)
plt.xticks(rotation=45)
plt.title("Boxplot: Promedio de valoración de FCE por Dimensión")
plt.show()

# Gráfico de barras con Promedio por FCE
plt.figure(figsize=(12,8))
sns.barplot(y='FCE', x='Promedio', data=df.sort_values('Promedio',
ascending=False), palette='viridis')
plt.xlabel('Importancia promedio (1-5)')
plt.title('Pretest – Promedio de valoración de FCE por 12 expertos')
plt.show()

# Heatmap de correlación entre expertos
corr = df[columnas_expertos].corr()
plt.figure(figsize=(10,8))
sns.heatmap(corr, annot=True, cmap='coolwarm', fmt=".2f")
```

```
plt.title("Mapa de calor: Correlación entre expertos")
plt.show()

# Histograma general de todas las valoraciones
plt.figure(figsize=(8,6))
all_values = df[columnas_expertos].values.flatten()
sns.histplot(all_values, bins=5, kde=False, color='coral')
plt.xlabel("Valoración Likert")
plt.ylabel("Frecuencia")
plt.title("Distribución general de valoraciones Pretest")
plt.show()
```

ANEXO 6

CÓDIGO PARA PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO EN PYTHON – CÁLCULO AHP

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# Cargar datos: FCE completos y promedios Pretest
fce_data = pd.DataFrame({
    'FCE': [
        "Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto",
        "Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables",
        "Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia",
        "Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos",
        "Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)",
        "Documentación sistemática de procesos y decisiones",
        "Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos",
        "Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa",
        "Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación",
        "Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado",
        "Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas",
        "Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias",
        "Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano",
        "Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales",
        "Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial",
        "Formación, capacitación y motivación continua del personal",
        "Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto",
        "Retención de talento y promoción de cultura de innovación",
        "Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos",
        "Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales",
        "Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones",
        "Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados",
        "Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual",
        "Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información",
        "Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa",
        "Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico",
        "Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos",
        "Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta",
        "Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social",
        "Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio",
        "Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica",
        "Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones"
    ],
    ],
```

```

'Promedio': [
    4.75,4.416667,4,4.083333,4.583333,4,3.75,3.75,4.75,4,3.916667,3.75,
    3.75,4.583333,3.75,4.583333,4.583333,4,3.916667,3.916667,3.75,4.583333,
    4,3.75,4,4,3.75,3.75,3.75,3.75,3.916667,3.75
]
})

# Construir matriz de comparación por pares
n = len(fce_data)
matriz_ahp = np.zeros((n,n))
for i in range(n):
    for j in range(n):
        matriz_ahp[i,j] = fce_data['Promedio'][i] / fce_data['Promedio'][j]

# Calcular vector propio aproximado (pesos AHP)
valores_propios, vectores_propios = np.linalg.eig(matriz_ahp)
max_index = np.argmax(np.real(valores_propios))
pesos = np.real(vectores_propios[:, max_index])
pesos = pesos / pesos.sum() # normalizar

fce_data['Peso_AHP'] = pesos
fce_data.sort_values('Peso_AHP', ascending=False, inplace=True)

# Mostrar tabla completa de pesos AHP
pd.set_option('display.max_rows', None) # mostrar todas las filas
print("\nTabla de FCE con pesos AHP ordenados de mayor a menor importancia:\n")
print(fce_data[['FCE','Peso_AHP']])

# Gráfico de barras con los pesos AHP
plt.figure(figsize=(14,12))
sns.barplot(x='Peso_AHP', y='FCE', data=fce_data, palette='viridis')
plt.title("Pesos AHP de los Factores Críticos de Éxito (FCE) - Fase 2A", fontsize=16)
plt.xlabel("Peso AHP", fontsize=12)
plt.ylabel("Factores Críticos de Éxito", fontsize=12)
plt.tight_layout()
plt.show()

```

ANEXO 7

CÓDIGO PARA PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO EN PYTHON – TOPSIS

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

# --- DATOS: FCE y promedios Pretest ---
fce_data = pd.DataFrame({
    'FCE': [
        "Claridad en los objetivos y definición de alcance del proyecto",
        "Planificación temporal con hitos realistas y alcanzables",
        "Gestión de riesgos: identificación de amenazas, oportunidades y planes de contingencia",
        "Presupuesto adecuado y asignación eficiente de recursos",
        "Seguimiento y control periódico de avances e indicadores de desempeño (KPIs)",
        "Documentación sistemática de procesos y decisiones",
        "Flexibilidad en la planificación ante cambios tecnológicos o estratégicos",
        "Implementación de metodologías ágiles adaptadas al contexto de defensa",
        "Experiencia y competencias técnicas del equipo de investigación",
        "Infraestructura tecnológica, laboratorios y acceso a software especializado",
        "Capacidad para prototipado y pruebas funcionales de sistemas",
        "Actualización constante en tecnologías emergentes y tendencias",
        "Integración de soluciones innovadoras aplicables al contexto peruano",
        "Capacidad de investigación aplicada para resolver problemas operativos reales",
        "Aplicación de herramientas de modelado, simulación digital e inteligencia artificial",
        "Formación, capacitación y motivación continua del personal",
        "Distribución clara de roles y liderazgo efectivo del proyecto",
        "Retención de talento y promoción de cultura de innovación",
        "Vinculación con universidades, centros de investigación y proveedores tecnológicos",
        "Coordinación con otras entidades del sector defensa, comunicación y acuerdos formales",
        "Participación de actores estratégicos en la toma de decisiones",
        "Acceso a bases de datos científicas y sistematización de resultados",
        "Difusión, transferencia de conocimiento y protección de propiedad intelectual",
        "Uso de metodologías confiables de análisis y ciberseguridad en manejo de información",
        "Monitoreo, evaluación y alineación con políticas nacionales de defensa",
        "Viabilidad, plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico",
        "Cumplimiento de normas de seguridad física y digital en proyectos",
        "Capacidad de adaptación e incorporación de innovación abierta",
        "Desarrollo de soluciones locales con impacto estratégico y social",
        "Aplicación de IA, ciberdefensa y análisis del ciberespacio",
        "Promoción de estándares de interoperabilidad tecnológica",
        "Integración de simulaciones y pruebas virtuales en entornos seguros para validar innovaciones"
    ],
    'Promedio': [
```

```

        4.75,4.416667,4,4.083333,4.583333,4,3.75,3.75,4.75,4,3.916667,3.75,
        3.75,4.583333,3.75,4.583333,4.583333,4,3.916667,3.916667,3.75,4.583333,
        4,3.75,4,4,3.75,3.75,3.75,3.75,3.916667,3.75
    ]
})

# --- Pesos AHP ya calculados ---
pesos_AHP = np.array([
    0.036656,0.034084,0.030868,0.031511,0.035370,0.030868,0.028939,0.028939,
    0.036656,0.030868,0.030225,0.028939,0.028939,0.035370,0.028939,0.035370,
    0.035370,0.030868,0.030225,0.030225,0.028939,0.035370,0.030868,0.028939,
    0.030868,0.030868,0.028939,0.028939,0.028939,0.028939,0.028939,0.028939
])
fce_data['Peso_AHP'] = pesos_AHP

# --- MATRIZ DE DECISIÓN: usar promedios Pretest como criterio único ---
# (si tuvieras varios criterios, se usaría cada columna como criterio)
X = fce_data['Promedio'].values.reshape(-1,1)

# --- NORMALIZACIÓN ---
norm_X = X / np.sqrt((X**2).sum())

# --- MULTIPLICAR POR PESOS AHP ---
W = fce_data['Peso_AHP'].values.reshape(-1,1)
V = norm_X * W

# --- SOLUCIONES IDEAL Y ANTI-IDEAL ---
A_plus = V.max(axis=0)
A_minus = V.min(axis=0)

# --- DISTANCIAS A SOLUCIONES IDEAL Y ANTI-IDEAL ---
D_plus = np.sqrt(((V - A_plus)**2).sum(axis=1))
D_minus = np.sqrt(((V - A_minus)**2).sum(axis=1))

# --- PROXIMIDAD RELATIVA (Ranking TOPSIS) ---
C = D_minus / (D_plus + D_minus)
fce_data['TOPSIS'] = C

# --- ORDENAR POR RANKING ---
fce_data.sort_values('TOPSIS', ascending=False, inplace=True)

# --- IMPRIMIR TABLA FINAL ---
print(fce_data[['FCE','Peso_AHP','TOPSIS']])

# --- GRÁFICO DE BARRAS TOPSIS ---
plt.figure(figsize=(12,10))
sns.barplot(x='TOPSIS', y='FCE', data=fce_data, palette='viridis')
plt.title("Ranking Final TOPSIS de FCE - Fase 2B", fontsize=16)
plt.xlabel("Proximidad relativa TOPSIS")
plt.ylabel("Factores Críticos de Éxito")

```

```
plt.tight_layout()  
plt.show()
```

ANEXO 8

CÓDIGO PARA PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO EN PYTHON – POSTEST

```
# =====
# POSTEST Y ANÁLISIS DE CAMBIOS
# =====

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import os

# Crear carpeta de figuras si no existe
os.makedirs("figuras", exist_ok=True)

# Colores agradables
palette = ["#0072B2", "#E69F00", "#009E73", "#D55E00", "#CC79A7",
           "#56B4E9", "#F0E442", "#999999"]

# =====
# 1. CARGAR PRETEST Y POSTEST
# =====

df_pre = pd.read_excel("pretest.xlsx")
df_post = pd.read_excel("posttest.xlsx")

# Columnas de expertos (identificadas automáticamente)
expert_cols_pre = [c for c in df_pre.columns if c.strip().lower().startswith("exp")]
expert_cols_post = [c for c in df_post.columns if c.strip().lower().startswith("exp")]

# Promedio por FCE
df_pre["Promedio"] = df_pre[expert_cols_pre].mean(axis=1)
df_post["Promedio"] = df_post[expert_cols_post].mean(axis=1)

# =====
# 2. UNIR TABLAS PRETEST Y POSTEST
# =====

df_compar = df_pre[["FCE", "Promedio"]].merge(
    df_post[["FCE", "Promedio"]],
    on="FCE",
    suffixes=("_pre", "_post")
)

# Calcular diferencia post - pre
df_compar["Diferencia"] = df_compar["Promedio_post"] - df_compar["Promedio_pre"]

# Ordenar por mayor diferencia
```

```

df_compar_sorted = df_compar.sort_values("Diferencia", ascending=False)

# Mostrar tabla comparativa
display(df_compar_sorted)

# =====
# 3. GUARDAR TABLA COMPARATIVA EN EXCEL
# =====

df_compar_sorted.to_excel("Comparativo_Pre_Post.xlsx", index=False)
df_compar_sorted.to_csv("Comparativo_Pre_Post.csv", index=False, encoding="utf-8-sig")

# =====
# 4. GRÁFICO DE CAMBIO DE FCE
# =====

plt.figure(figsize=(12, 8))
x = np.arange(len(df_compar_sorted))
width = 0.35

plt.bar(x - width/2, df_compar_sorted["Promedio_pre"], width, label="Pretest",
color="#0072B2")
plt.bar(x + width/2, df_compar_sorted["Promedio_post"], width, label="Postest",
color="#E69F00")

plt.xticks(x, df_compar_sorted["FCE"], rotation=90)
plt.ylabel("Promedio de importancia")
plt.title("Comparación de Pretest y Postest por FCE")
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.savefig("figuras/Comparativo_Pre_Post.png", dpi=300)
plt.show()

# =====
# 5. GRÁFICO DE DIFERENCIA
# =====

plt.figure(figsize=(12, 8))
plt.barh(df_compar_sorted["FCE"], df_compar_sorted["Diferencia"], color=plt.cm.viridis(
    (df_compar_sorted["Diferencia"] - df_compar_sorted["Diferencia"].min()) /
    (df_compar_sorted["Diferencia"].max() - df_compar_sorted["Diferencia"].min())
))
plt.xlabel("Diferencia Postest - Pretest")
plt.ylabel("FCE")
plt.title("Impacto de la metodología híbrida (Diferencia Postest - Pretest)")
plt.tight_layout()
plt.savefig("figuras/Diferencia_Post_Pre.png", dpi=300)
plt.show()

# =====

```

ANEXO 9

CÓDIGO PARA PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO EN PYTHON – ANÁLISIS COMPARATIVO Y EVALUACIÓN

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import os

# Crear carpeta de resultados si no existe
os.makedirs("resultados", exist_ok=True)

# Usamos la tabla df_compar_sorted de la Fase 3

#
=====
# 1. IDENTIFICAR CAMBIOS SIGNIFICATIVOS
#
=====

# Definir cambios positivos y negativos
df_compar_sorted["Cambio"] = np.where(df_compar_sorted["Diferencia"] > 0,
"Aumento", "Disminución")

# Resumen de cambios
resumen_cambios =
df_compar_sorted.groupby("Cambio")["FCE"].count().reset_index()
resumen_cambios.rename(columns={"FCE": "Cantidad_FCE"}, inplace=True)
print("\nResumen de cambios Pretest vs Postest:")
display(resumen_cambios)

# Guardar resumen
resumen_cambios.to_excel("resultados/Resumen_Cambios.xlsx",
index=False)
resumen_cambios.to_csv("resultados/Resumen_Cambios.csv", index=False,
encoding="utf-8-sig")

#
=====
# 2. RANKING FINAL POSTEST
#
```

```

=====
# Ranking final basado en Promedio_post (mayor a menor)
df_ranking_final = df_compar_sorted.sort_values("Promedio_post",
ascending=False).reset_index(drop=True)
df_ranking_final["Ranking_Final"] = df_ranking_final.index + 1

print("\nRanking final validado de FCE según Postest:")
display(df_ranking_final[["FCE", "Promedio_post", "Ranking_Final"]])

# Guardar ranking final
df_ranking_final.to_excel("resultados/Ranking_Final_FCE.xlsx", index=False)
df_ranking_final.to_csv("resultados/Ranking_Final_FCE.csv", index=False,
encoding="utf-8-sig")

#
=====
# 3. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE PROMEDIOS PRE Y POST
#
=====

plt.figure(figsize=(14, 8))
x = np.arange(len(df_ranking_final))
width = 0.35

plt.bar(x - width/2, df_ranking_final["Promedio_pre"], width, label="Pretest",
color="#0072B2")
plt.bar(x + width/2, df_ranking_final["Promedio_post"], width, label="Postest",
color="#E69F00")

plt.xticks(x, df_ranking_final["FCE"], rotation=90)
plt.ylabel("Promedio de importancia")
plt.title("Análisis comparativo de Pretest y Postest por FCE")
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.savefig("Comparativo_Final_FCE.png", dpi=300)
plt.savefig("resultados/Comparativo_Final_FCE.png", dpi=300)
plt.show()

#
=====
# 4. GRÁFICO DE DIFERENCIA Y CAMBIO SIGNIFICATIVO

```

```

#
=====

plt.figure(figsize=(14, 10))
colors = df_ranking_final["Diferencia"].apply(lambda x: "#009E73" if x > 0 else
"#D55E00")
plt.barh(df_ranking_final["FCE"], df_ranking_final["Diferencia"], color=colors)
plt.xlabel("Diferencia Postest - Pretest")
plt.ylabel("FCE")
plt.title("Impacto de la metodología híbrida en la jerarquización de FCE")
plt.tight_layout()
plt.savefig("Diferencia_Final_FCE.png", dpi=300)
plt.savefig("resultados/Diferencia_Final_FCE.png", dpi=300)
plt.show()

#
=====
# 5. TOP 5 FCE CON MAYOR AUMENTO Y DISMINUCIÓN
#
=====

top_aumento = df_ranking_final.sort_values("Diferencia",
ascending=False).head(5)
top_disminucion = df_ranking_final.sort_values("Diferencia").head(5)

print("\nTop 5 FCE con mayor aumento tras la intervención:")
display(top_aumento[["FCE", "Promedio_pre", "Promedio_post", "Diferencia"]])

print("\nTop 5 FCE con mayor disminución tras la intervención:")
display(top_disminucion[["FCE", "Promedio_pre", "Promedio_post",
"Diferencia"]])

# Guardar top 5
top_aumento.to_excel("resultados/Top5_Aumento.xlsx", index=False)
top_disminucion.to_excel("resultados/Top5_Disminucion.xlsx", index=False)

```

ANEXO 10

CÓDIGO PARA PROCESAMIENTO ANÁLISIS INFERENCIAL

```
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy import stats

# =====
# 1. Cargar datos
# =====
pretest = pd.read_excel('pretest.xlsx')
posttest = pd.read_excel('posttest.xlsx')

# Columnas de expertos
exp_cols = [col for col in pretest.columns if 'Exp' in col]

# =====
# 2. Calcular promedio por FCE
# =====
pretest['Promedio'] = pretest[exp_cols].mean(axis=1)
posttest['Promedio'] = posttest[exp_cols].mean(axis=1)

# =====
# 3. Preparar DataFrame de contraste
# =====
df = pd.DataFrame()
df['FCE'] = pretest['FCE']
df['Promedio_pre'] = pretest['Promedio']
df['Promedio_post'] = posttest['Promedio']

# Diferencia y dirección
df['Diferencia'] = df['Promedio_post'] - df['Promedio_pre']
df['Cambio'] = df['Diferencia'].apply(lambda x: 'Aumento' if x > 0 else
('Disminución' if x < 0 else 'Sin cambio'))

# =====
# 4. Test de normalidad para decidir test estadístico
# =====
diff = df['Promedio_post'] - df['Promedio_pre']
stat_norm, p_norm = stats.shapiro(diff)
```

```

if p_norm > 0.05:
    # Normal -> T-test pareado
    stat, p_val = stats.ttest_rel(df['Promedio_post'], df['Promedio_pre'])
    test_name = "t-test pareado"
else:
    # No normal -> Wilcoxon
    stat, p_val = stats.wilcoxon(df['Promedio_post'], df['Promedio_pre'])
    test_name = "Wilcoxon"

# =====
# 5. Guardar resultados en la tabla
# =====
df['t_stat'] = stat # Estadístico global
df['p_valor'] = p_val
df['Significativo'] = df['p_valor'].apply(lambda x: 'Sí' if x < 0.05 else 'No')

# =====
# 6. Hipótesis
# =====
hipotesis = {
    'Hipótesis General': 'La aplicación de una metodología híbrida basada en AHP
y TOPSIS incrementa la objetividad y consistencia en la identificación,
jerarquización y priorización de los Factores Críticos de Éxito (FCE) en los
proyectos de investigación y desarrollo del sector defensa, generando
diferencias significativas entre las valoraciones del Pretest y Posttest.',
    'H.E.1 Identificación de FCE': 'Existe una lista consistente y validable de
Factores Críticos de Éxito (FCE) para los proyectos de I+D del sector defensa,
determinada mediante revisión documental y juicio experto.',
    'H.E.2 Jerarquización con AHP': 'La aplicación del método AHP permite
establecer diferencias significativas en los pesos relativos de los FCE,
evidenciando una jerarquía objetiva de importancia dentro de la gestión de
proyectos de I+D.',
    'H.E.3 Priorización pre-post con TOPSIS': 'La aplicación del método TOPSIS,
considerando los pesos obtenidos del AHP, modifica significativamente la
percepción de importancia de los FCE al comparar los resultados del Pretest y
Posttest, evidenciando el impacto de la metodología híbrida.'
}

# =====
# 7. Mostrar resultados por hipótesis
# =====

```

```

print("\n--- CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ---")
for hipo, desc in hipotesis.items():
    print(f"\nHipótesis: {hipo}")
    print(f"Descripción: {desc}")
    print(f"Test aplicado: {test_name}")
    print(f"Estadístico: {stat:.4f}, p-valor: {p_val:.4f}")
    if p_val < 0.05:
        print("Resultado: Se rechaza la hipótesis nula → existe diferencia significativa entre Pretest y Posttest")
    else:
        print("Resultado: No se rechaza la hipótesis nula → no hay diferencia significativa entre Pretest y Posttest")

# Mostrar tabla resumen por FCE
print("\nTabla resumen por FCE:")
display(df[['FCE', 'Promedio_pre', 'Promedio_post', 'Diferencia', 'Cambio', 'Significativo']])

```

ANEXO 11

VALIDACIÓN DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS (55 FCE PRELIMINARES)

TESIS: “Factores Críticos de Éxito en Proyectos de Investigación y Desarrollo del Sector Defensa mediante Metodología Híbrida Basada en AHP y TOPSIS, Perú, 2025”

PRESENTADO POR: Mg. Viktor Daniel Preciado Rojas **FECHA DE VALIDACIÓN:** Noviembre - Diciembre 2025

I. FICHA TÉCNICA DE LOS EXPERTOS VALIDADORES

Datos	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Institución	MINDEF	MINDEF	MINDEF
Cargo	Jefe de la Dir. de TI	Especialista en I+D	Especialista en I+D
Experiencia	8 años	5 años	7 años
Fecha	28/11/2025	02/12/2025	12/03/2025

II. METODOLOGÍA (ÍNDICE DE LAWSHE)

Se aplicó el Índice de Validez de Contenido (CVR). Para un panel de **N=3** expertos, el valor mínimo para conservar un ítem de forma directa es **CVR > 0**. Los ítems con valores negativos o cero fueron marcados para revisión, eliminación o fusión, dando origen a la lista final de 32 FCE detallada en el Capítulo VI.

III. MATRIZ DE RESULTADOS POR DIMENSIÓN

ID Descripción del Factor Crítico de Éxito (FCE)	CVR Pert.	CVR Clar.	CVR Cohe.	CVR Rel.	Decisión
1 Claridad en los objetivos del proyecto.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
2 Definición de alcance y entregables concretos.	-0.33	0.33	0.33	-0.33	Revisar/Eliminar
3 Planificación temporal con hitos realistas.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
4 Gestión de riesgos, amenazas y planes de contingencia.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
5 Presupuesto adecuado y asignación de recursos.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
6 Seguimiento y control periódico de avances.	-0.33	0.33	0.33	-0.33	Revisar/Eliminar

ID Descripción del Factor Crítico de Éxito (FCE)	CVR Pert.	CVR Clar.	CVR Cohe.	CVR Rel.	Decisión
7 Uso de indicadores de desempeño claros (KPIs).	-1.00	0.33	1.00	-0.33	Revisar/Eliminar
8 Documentación sistemática de procesos.	-0.33	0.33	0.33	-0.33	Revisar/Eliminar
9 Flexibilidad en la planificación ante cambios.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
10 Implementación de metodologías ágiles en defensa.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
11 Experiencia y competencias técnicas del equipo.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
12 Infraestructura tecnológica y laboratorios.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
13 Acceso a software y herramientas de simulación.	-0.33	0.33	0.33	1.00	Revisar/Eliminar
14 Capacidad para prototipado y pruebas funcionales.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
15 Actualización en tecnologías emergentes.	0.33	0.33	0.33	-0.33	Revisar/Eliminar
16 Integración de soluciones al contexto peruano.	0.33	0.33	1.00	-0.33	Revisar/Eliminar
17 Investigación aplicada para problemas operativos reales.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
18 Implementación de metodologías BIM.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
19 Herramientas de modelado y simulación digital.	-0.33	-0.33	0.33	0.33	Revisar/Eliminar
20 IA en análisis, predicción y toma de decisiones.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
21 Formación y capacitación continua del personal.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
22 Motivación y compromiso del equipo de trabajo.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
23 Distribución clara de roles y responsabilidades.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
24 Liderazgo efectivo del director del proyecto.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
25 Retención y gestión de talento especializado.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
26 Promoción de cultura de innovación.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
27 Vinculación con universidades y centros de ID.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
28 Cooperación con proveedores tecnológicos.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
29 Coordinación con otras entidades del sector defensa.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
30 Comunicación efectiva entre unidades.	-0.33	-0.33	0.33	-1.00	Revisar/Eliminar
31 Participación de actores estratégicos.	0.33	-0.33	0.33	-1.00	Revisar/Eliminar
32 Acuerdos de colaboración claros y formalizados.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
33 Acceso a bases de datos científicas actualizadas.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
34 Sistematización y documentación de resultados.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
35 Difusión y transferencia de conocimiento.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar

ID Descripción del Factor Crítico de Éxito (FCE)	CVR Pert.	CVR Clar.	CVR Cohe.	CVR Rel.	Decisión
36 Protección de propiedad intelectual.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
37 Metodologías de análisis de información confiable.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
38 Protocolos de ciberseguridad en info crítica.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
39 Gestión segura de datos en entornos protegidos.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
40 Monitoreo y evaluación mediante indicadores.	0.33	-0.33	1.00	-0.33	Revisar/Eliminar
41 Alineación con políticas nacionales de defensa.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
42 Viabilidad de implementación en unidades operativas.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
43 Plan de sostenibilidad y mantenimiento tecnológico.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
44 Evaluación de riesgos de obsolescencia.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
45 Cumplimiento de normas de seguridad física/digital.	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	Revisar/Eliminar
46 Capacidad de adaptación a cambios tecnológicos.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
47 Prácticas de innovación abierta.	-0.33	-0.33	1.00	-0.33	Revisar/Eliminar
48 Soluciones que respondan a necesidades locales.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
49 Evaluación de impacto estratégico y social.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar
50 IA para mejorar procesos de defensa.	1.00	-0.33	-0.33	-0.33	Revisar/Eliminar
51 Análisis del ciberespacio para infraestructura crítica.	-0.33	-0.33	0.33	-0.33	Revisar/Eliminar
52 Tecnologías de ciberdefensa y resiliencia.	1.00	-0.33	-0.33	-1.00	Revisar/Eliminar
53 Protocolos de respuesta ante incidentes.	-0.33	-0.33	0.33	-1.00	Revisar/Eliminar
54 Integración de simulaciones y pruebas virtuales.	0.33	-0.33	-0.33	-1.00	Revisar/Eliminar
55 Estándares de interoperabilidad tecnológica.	1.00	1.00	1.00	1.00	Conservar

Firmas de Conformidad:


 Fabricio Marcel Mera Fiorovich
 ORCID 0009-0000-3189-894


 Nombres y Apellidos del Experto
 Código ORCID
 DR VÍCTOR TENORIO GARCÍA
 ORCID : 0009-0001-4279-5323


 Luis Fernando Rasilla Rodríguez
 0009-0005-4440-073x