

## Metodología de gerencia de proyectos I+D: guía para la reducción de desviaciones en el sector defensa colombiano

Elkin Fabian Cubides Puentes<sup>1</sup>  
Universidad Militar Nueva Granada  
[est.elkin.cubides@unimilitar.edu.co](mailto:est.elkin.cubides@unimilitar.edu.co)

Guillermo Roa Rodríguez<sup>2</sup>  
Universidad Militar Nueva Granada  
[guillermo.roa@unimilitar.edu.co](mailto:guillermo.roa@unimilitar.edu.co)

### DOI:

Fecha de recepción: 05 de agosto de 2023  
Fecha de aprobación: 19 de octubre de 2023



**Cómo citar este artículo:** Cubides Puentes, E.F.; Roa Rodríguez, G. (2023). Metodología de gerencia de proyectos I+D: guía para la reducción de desviaciones en el sector defensa colombiano. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (95), (páginas). DOI:

### Resumen

Los proyectos I+D presentan una fuente de evolución para las organizaciones en un entorno dinámico; esta realidad no es ajena al sector defensa colombiano, de hecho, allí se concentra gran parte de los desarrollos tecnológicos orientados al entorno militar y social del país. Ante una realidad de métodos de gerencia no uniformes usados por las fuerzas del sector, el trabajo ofrece como resultado de investigación, a través de una perspectiva metodológica exploratoria-descriptiva, el diseño de una metodología única homogénea de gerencia de proyectos de investigación y desarrollo propia del sector, con plenas capacidades de gestionar dichos proyectos desde su concepción hasta su cierre en cualquiera de las fuerzas. La implementación de la metodología en una fase piloto permitió mejorar las desviaciones típicas que presentan los proyectos del área en grupos de investigación adscritos al sector defensa, generando una reducción de tiempo en 50 % para los procesos de evaluación, y 25 % para el ciclo de vida de los proyectos gestionados, así como también se mejoró el rendimiento presupuestal dados los procesos de definición del alcance y procesos de gestión para fases de ejecución.

**Palabras clave:** gestión de proyectos; metodologías de gestión; proyectos de investigación y desarrollo; sector defensa.

\*\*\*\*\*

---

<sup>1</sup> Oficial del Ejército Nacional de Colombia con grado de Mayor, del arma de comunicaciones militares, ejecutivo y segundo comandante del Batallón de Mantenimiento de Comunicaciones, aspirante al título de Magister en Gerencia de Proyectos. Universidad Militar Nueva Granada. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0422-7540>

<sup>2</sup> Ingeniero en Mecatrónica, Especialista en Gerencia Integral de Proyectos, Magister en Ingeniería Mecatrónica certificado como PRINCE2 Foundation in Project Management, Professional Scrum Master y Team Kanban Practitioner. Director de posgrados programa de Gerencia de Proyectos, Facultad de Ingeniería. Universidad Militar Nueva Granada. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6389-924X>

## Research and Development Project Management Methodology: A guide to minimizing deviations in Colombia's defense sector.

### Abstract

R&D projects represent a source of evolution for organizations in a dynamic environment, and this reality is particularly relevant in the Colombian Defense Sector. In fact, a significant portion of technological developments is concentrated there, focusing on both the military and social aspects of the country. Confronted with a reality of non-uniform management methods used by the sector's forces, this study yields research results through an exploratory-descriptive methodological perspective. It introduces the design of a unique and homogeneous methodology for Research and Development project management specific to the sector, with full capabilities to oversee projects from conception to execution in any of the armed forces. The implementation of this methodology in a pilot phase resulted in significant improvements, reducing typical deviations in projects by 50% in time within evaluation processes and 25% in the life cycle of managed projects. Furthermore, there were enhancements in cost performance, attributed to refined scope definition processes and streamlined management procedures during project execution phases.

**Keywords:** Project management; management methodologies; research and development projects; defense sector.

\*\*\*\*\*

### 1. Introducción

Existen sectores estratégicos que demandan ser competitivos y una permanente búsqueda de visión estratégica hacia el futuro (Zhang *et al.*, 2023), con percepciones de interés público y empresarial, cuyo impacto financiero o resultados generen transformación del conocimiento (Honarpour *et al.*, 2018), es por ello que es tendencia mundial la necesidad de producir investigación y desarrollo en un ámbito voluble (Rairan *et al.*, 2021), que involucra un aprovechamiento de los recursos disponibles (Gutiérrez Fuentes, 2015).

Este entorno cambiante insta a la inclusión de la investigación y desarrollo mediante la evaluación de factores críticos dependientes de la naturaleza organizacional (Fernandes *et al.*, 2023), donde las tendencias sociales muestran la necesidad de correlación entre distintos enfoques (Cohen *et al.*, 2023), los cuales brindan una oportunidad ante escenarios inciertos, apoyándose en modelos como la quintuple hélice, donde la empresa, instituciones educativas y el sector defensa integralmente, buscan soluciones que cumplan con objetivos múltiples en escenarios compartidos (Corzo-Ussa *et al.*, 2022) entendiéndose que los proyectos de

investigación y desarrollo, a partir del momento referenciados como I+D, corresponden a un conjunto general de actividades de ciencia y tecnología (Wu y Huang, 2022), que buscan alcanzar el desenlace último a través de objetivos específicos, utilizando de manera ordenada e interrelacionada una metodología determinada en un periodo de tiempo, que pueda apoyarse en elementos clave como fortalezas y agentes de cambio (Ramos Montañez, 2023).

Consecuentemente, la investigación y desarrollo es planteada inicialmente a través de la formulación y desarrollo de proyectos (Londoño Palacio, 2011), que buscan una mejora continua en las instituciones participantes, permitiendo el cumplimiento de la misión, generando prospectiva y llegando hasta la protección de la propiedad intelectual de los resultados de investigación que contribuyen a la explotación comercial, intelectual y de necesidades, según convenga al tipo de organización (Hara *et al.*, 2023). A partir de estos mecanismos legales y jurídicos utilizados para salvaguardar los derechos de la propiedad intelectual de una persona o entidad sobre sus creaciones, invenciones, obras o productos de la mente se incluyen patentes, derechos de autor, marcas y secretos comerciales (Benslimane *et al.*, 2023; Schwall y Wagner, 2023).

Particularmente, el sector defensa como uno de los referentes estratégicos y tradicionalmente reconocidos en investigación y desarrollo (Carone *et al.*, 2023), disponen de características científicas desde las cuales se han generado históricamente soluciones múltiples ante necesidades requeridas desde el entorno social y militar, bajo su interés de fomentar proyectos de investigación y desarrollo enmarcados en contextos de gran incertidumbre (Sadeh *et al.*, 2000), y a su vez, relacionando los métodos militares para la toma de decisiones, conjugados con metodologías y marcos para el desarrollo de proyectos (Fitzgerald, 2015), evidenciando la investigación como una solución proveniente del entorno de la sociedad del conocimiento (Martí Sempere, 2018). El contexto particular de la fuerza pública del sector defensa en Colombia, de acuerdo con el capítulo séptimo de la Constitución Política de Colombia, se conforma por 3 fuerzas militares relacionadas a la Armada Nacional de Colombia, Ejército Nacional de Colombia y Fuerza Aérea Colombiana, y un único cuerpo civil armado, correspondiente a la Policía Nacional (las organizaciones por protección de la información serán referenciadas a partir del momento como fuerzas A, B, C y D, no

correspondiente al orden listado), las cuales se encuentran vinculadas recientemente al Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SCTel) (Espitia-Cubillos *et al.*, 2022). Cumpliendo con la misión adicional de adelantar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, cuyo fin se centra en la generación de soluciones a las capacidades necesarias, y que son requeridas por las fuerzas, así como el aventajar al avance tecnológico de potenciales amenazas (Contreras-Gutiérrez *et al.*, 2021).

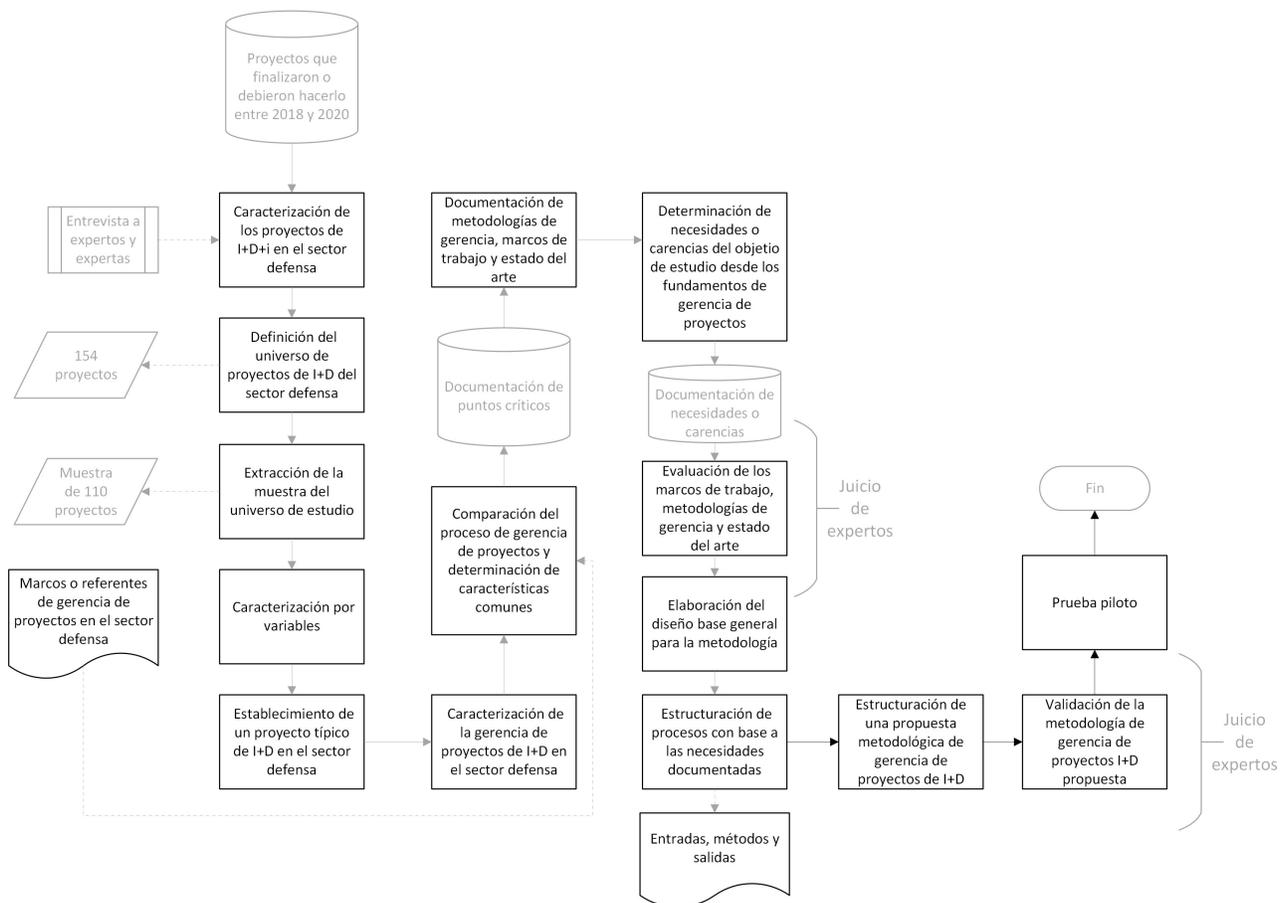
Investigaciones preliminares han validado los proyectos de investigación y desarrollo sucedidos en la fuerza pública del sector defensa colombiano para el año 2020, en donde se han evidenciado fallas gerenciales asociadas a los elementos de la triple restricción manifestadas en las crecientes solicitudes de cambio (Mitre-Hernández *et al.*, 2014). A través de la información pública dispuesta en los portales de Minciencias y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, se pudo determinar la existencia de una tendencia al establecimiento de prórrogas en los tiempos de ejecución en un 48,6 % de los proyectos reportados. Sumado a esto, existe una marcada desviación del alcance probatorio en la modificación de productos entregables en un 36,1 % del total de proyectos financiados, especialmente en artículos científicos; en cuanto a la gestión del costo de los proyectos se reportaron algunas desviaciones, con por lo menos un 25 % de casos en relación con la totalidad de proyectos para el sector defensa en lo transcurrido del 2020 (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2022).

De acuerdo con el contexto referido, el artículo muestra el diseño de una metodología de gerencia de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico ajustada a la realidad y a los requerimientos del sector defensa, cuyo objetivo prima en la manifestación de un método de reducción de desviaciones de tiempo, alcance y costos, proyectando convertirse en referente de consulta la planeación y seguimiento de proyectos de I+D.

## 2. Metodología

Para el presente proyecto se ha seleccionado una metodología de tipo exploratorio-descriptiva, con un enfoque mixto, entendiendo que combina la exploración cualitativa inicial para comprender el fenómeno de proyectos de I+D, como a su vez, de la gerencia de proyectos acaecida, que permite generar hipótesis, que junto con la recopilación y análisis de datos cuantitativos permite describir y cuantificar aspectos específicos (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

**Figura 1.** Metodología diseñada para la investigación



**Fuente.** Elaboración propia.

La metodología diseñada para la presente investigación (ver figura 1), parte de la determinación del universo de estudio a los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en la fuerza pública finalizados, o que debieron haber finalizado en el periodo comprendido desde enero de 2018 hasta diciembre de 2020 (N para la ecuación 1), periodo seleccionado como lapso de estudio debido a la aprobación e inicio de la vigencia de las directrices descentralizadas, emitidas para proyectos de I+D en cada una de las fuerzas, la policía nacional y la correspondencia en la emisión y vigencia del último plan de desarrollo nacional y política del sector defensa; como restricción determinada en la construcción del universo de estudio se estipuló un filtro presupuestal, fijando un máximo para proyectos financiados con un valor de hasta ochocientos setenta y siete millones setecientos tres mil pesos moneda corriente (\$877.803.000) correspondiendo a los límites legales de la categoría de contratación en modalidad de mínima cuantía. Igualmente, se requirió que estos proyectos hubiesen sido avalados por algún comité estipulado en el interior de cada organización de la fuerza pública, debido a que enmarca el nivel de legitimidad mínimo requerido, de acuerdo con la “Directiva 008” del 15 de mayo de 2013, que establece los lineamientos ministeriales para las actividades de ciencia, tecnología e innovación en el sector defensa y seguridad, a condición de que los proyectos correspondan a aquellos liderados por un grupo de investigación reconocido ante Minciencias en la convocatoria n.º 833 del año 2018, por ser estos los que se encuentran respaldados y bajo supervisión de las direcciones de ciencia y tecnología de la fuerza pública del sector defensa colombiano.

La metodología progresa a la caracterización de los proyectos a través de un muestreo del universo de 154 proyectos encontrados, configurando el cálculo muestral con un nivel de confianza del 95 % para N, una probabilidad de éxito p del 50 % y un error máximo admisible q del 5 % restringiendo la investigación a 110 proyectos (n), a través del uso de la ecuación 1, con lo cual es posible avanzar al establecimiento de un proyecto típico de I+D en el sector defensa, pues es crítico definir, a partir de este, los criterios y requerimientos de la naturaleza propia de este tipo de proyectos, y proyectar desde allí un marco para determinar los procesos más afines de gestión. Posteriormente es requerido determinar el proceso común que se lleva en las 3 fuerzas militares y la policía nacional para comandar la gestión de los

proyectos de investigación y desarrollo, desde la perspectiva de marcos de referencia de gerencia de proyectos.

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Una vez caracterizado el proyecto típico de I+D y el proceso común de gerencia que se usa, es posible documentar a partir de allí fortalezas y debilidades, que a su vez se usen como marco de correlación a referentes estructurados de gerencia de proyectos, con el fin de establecer un diseño de estructura metodológica ajustada a las propias necesidades del sector de estudio. Finalmente, se plantea el requerimiento de una validación como prueba piloto para robustecer el resultado y comprobar su utilidad frente al potencial de reducción de desviaciones de la triple restricción evidenciadas en el histórico relacionado en el capítulo introductorio.

### 3. Resultados

En concordancia al desarrollo metodológico expuesto previamente, se diseñó y aplicó un instrumento de tipo entrevista (como se observa en la tabla 1) a 13 expertos profesionales con estudios de posgrado, con experiencia superior a 3 años en alguna de las áreas de las direcciones de ciencia y tecnología, o grupos de investigación de la fuerza pública que componen el sector defensa; el diseño del instrumento se centró en el comportamiento de los proyectos de I+D, y las formas de gerencia desarrolladas, que al ser comparados con las bases de datos de proyectos disponibles del sector defensa, bases de datos dispuestas en páginas públicas de Minciencias (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022) y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2023), permitieron definir, en primera medida, los comportamientos típicos de los proyectos objeto de estudio.

**Tabla 1.** Diseño de instrumento enfocado a la exploración del comportamiento de proyectos I+D

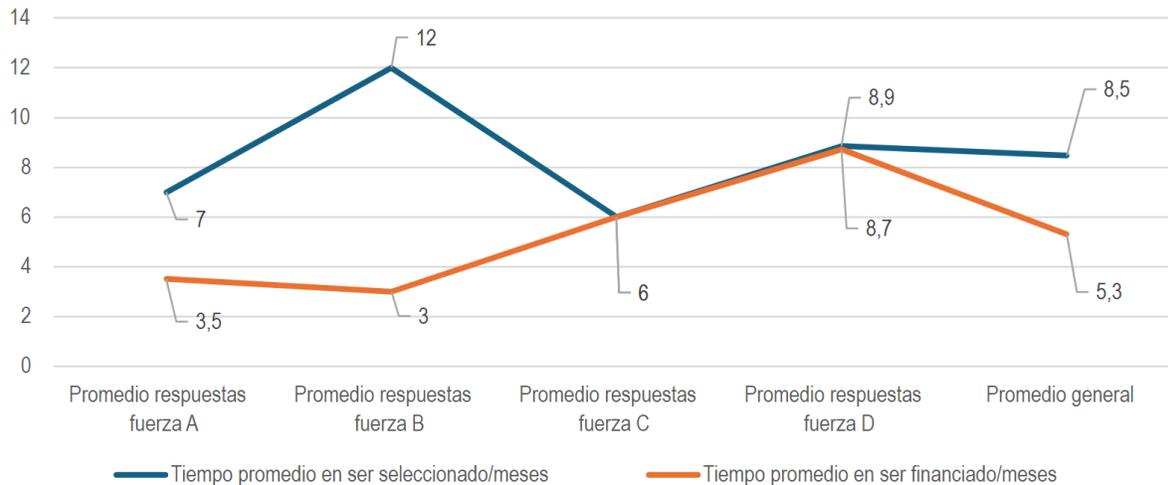
Diseño de preguntas	Referente teórico
1. ¿Cómo y bajo qué elementos de juicio se establece la problemática para desarrollar proyectos de investigación?	(Rincón-González, 2016).
2. ¿Cómo se determinan los entregables propuestos en el anteproyecto, para futuros proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en esta organización?	(Arias, 2020).
3. ¿Qué parámetros, filtros, y/o procesos se requiere cumplir, para que sean aprobados los entregables; y cambios en el alcance en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en curso?	(Ofori, 2013).
4. ¿Cuál o cuáles son las prioridades para generar productos derivados de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico?	(Figueiredo <i>et al.</i> , 2022).
5. ¿Cómo se establece el costo para los anteproyectos de investigación y desarrollo tecnológico en la organización?	(Feldman <i>et al.</i> , 2020).
6. ¿Cuál es el promedio regular financiado y que fuentes de financiación existen para los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en la organización?	(López <i>et al.</i> , 2016).
7. ¿Cuánto tiempo en promedio espera un anteproyecto en ser seleccionado y posterior a la selección en cuanto tiempo se financia?	(Testa <i>et al.</i> , 2019).
8. ¿Quién determina y avala la modificación de costos, posterior al inicio de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en la organización?	(Eskerod y Larsen, 2018).
9. ¿Cuál es la duración mínima, promedio y máxima (en meses) del cronograma planeado de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico?	(Barbón <i>et al.</i> , 2019).
10. ¿Cómo se establece y avala el cronograma de los anteproyectos?	(Téllez, 2019) (Albert <i>et al.</i> , 2018).
11. ¿Cómo se modifica el cronograma posterior al inicio de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico?	(Del Carpio y Miralles, 2019).
12. ¿Cuál a su parecer es la mayor fortaleza de los proyectos investigación y desarrollo tecnológico que se desarrollan en su organización?	(Hill <i>et al.</i> , 2019).
13. ¿Cuál a su parecer es la mayor debilidad que afrontan los proyectos investigación y desarrollo tecnológico que se desarrollan en su organización y como se podría mejorar?	(Blagoeva <i>et al.</i> , 2020).
14. ¿Cuál considera es el mayor problema en los proyectos de I+D para que cumplan con el tiempo, alcance y costo propuesto y cómo se podría mejorar esta condición?	(Cassanelli <i>et al.</i> , 2017).
15. En su experiencia, ¿cuál es el perfil de gerente de proyecto que usualmente es asignado; y a su parecer considera adecuado este perfil de gerente de proyecto?	(Shaikh y Colarelli, 2020).

**Fuente.** Elaboración propia.

Como resultado del análisis de los cuestionamientos, respecto a la variable del cronograma se encontró como condición de convergencia una duración de ejecución entre 6 a 36 meses, con un índice más alto de duración de 12 meses, exceptuando los proyectos de desarrollo tecnológico, los cuales pueden superar los 36 meses. Adicionalmente, es relevante enmarcar

como un comportamiento, donde previo al inicio formal de un proyecto de investigación y desarrollo, se han perdido 14 meses en promedio de novedad tecnológica, tiempo mediante el cual se avalan los proyectos y se define su financiación (ver figura 2).

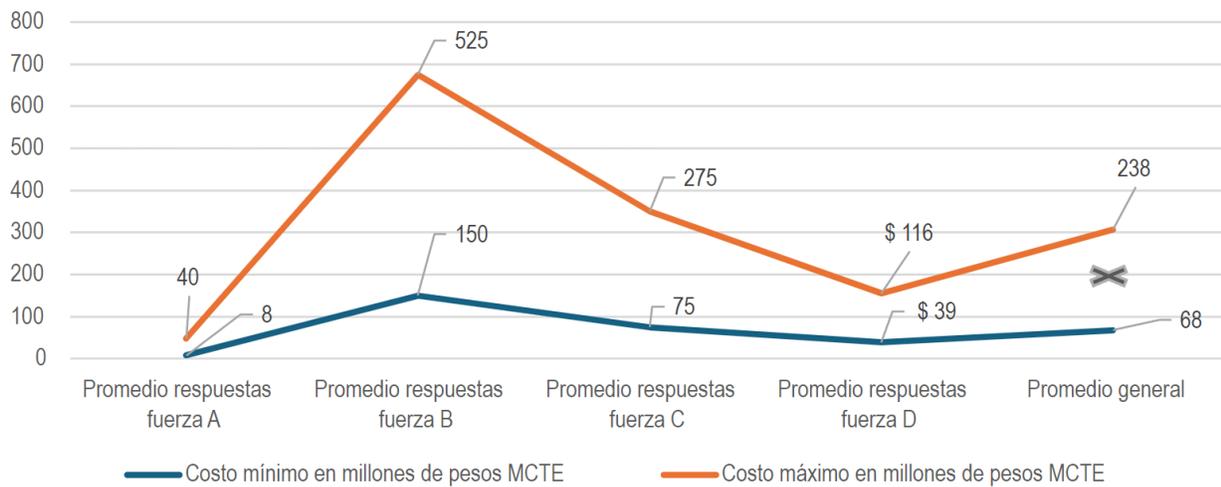
**Figura 2.** Diseño de instrumento enfocado a la exploración del comportamiento de proyectos I+D



**Fuente.** Elaboración propia.

En lo referente a la variable de costos, como se evidencia en la figura 3, los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico se hallaron enmarcados en un promedio ponderado de ciento setenta millones de pesos moneda corriente (\$170.000.000), determinándose la mayor proporción de entes que financian este tipo de proyectos con convenios de hidrocarburos, convocatorias internas por recursos propios y convocatorias externas a las instituciones que pertenecen a la fuerza pública, como las convocatorias de Minciencias y entre ministerios.

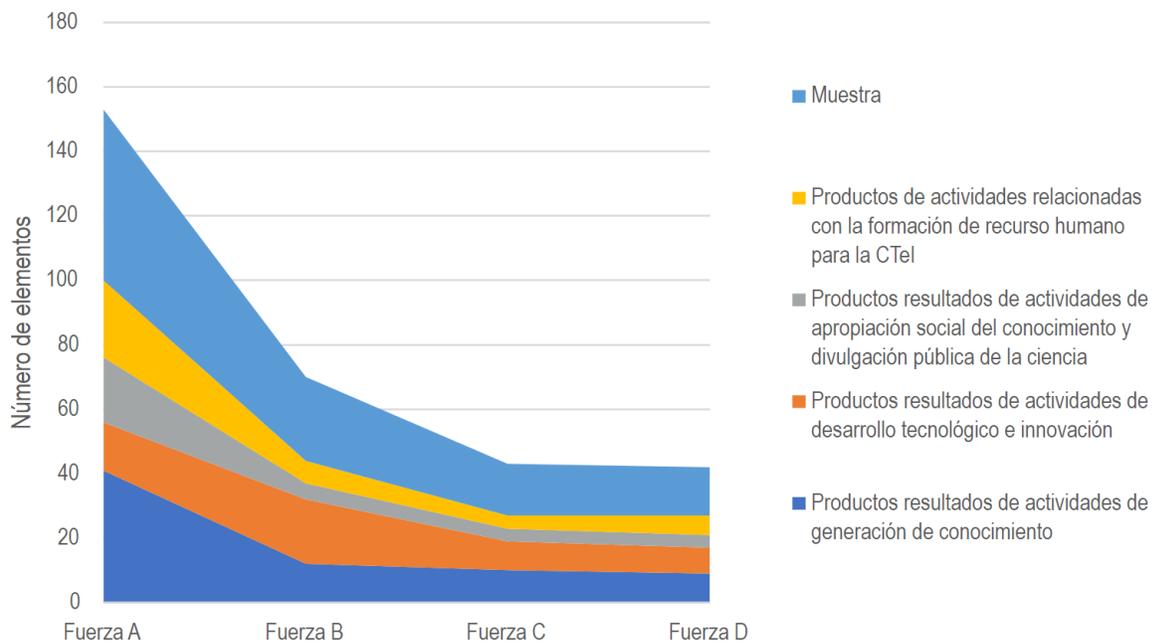
**Figura 3.** Promedio base regular de financiación de proyectos en millones de pesos



**Fuente.** Elaboración propia.

Como recopilación una vez estudiada la convergencia de características propias de los proyectos de I+D en la variable costos y alcance, se percibe un condicionamiento de los productos con base a la tipología de productos definidos por Minciencias (ver figura 4), con una mayor tendencia a asignar índices de financiación en sumisión a la complejidad de entregables y no referente a costos asociados del desglose del trabajo, estudios de mercado, análisis económicos y/o plataformas de gestión de compras públicas, u otros referentes que propendan una fácil asignación de capital y determinación de calidad y cantidad de entregables.

**Figura 4.** Tendencia de entregables de acuerdo con la tipología de productos de Minciencias



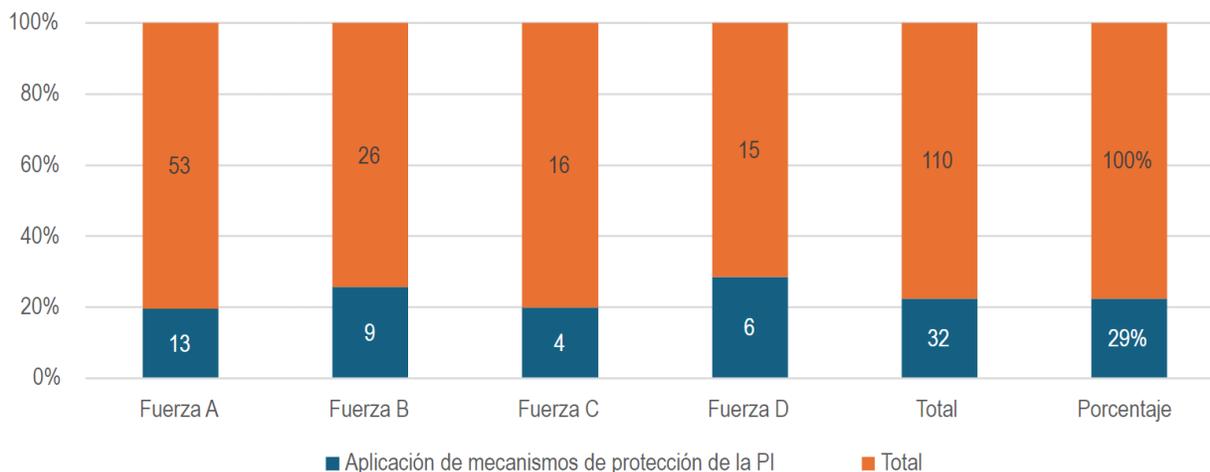
**Fuente.** Elaboración propia.

Con base en los datos estadísticos (como se observa en la figura 5), la muestra seleccionada manifiesta una carencia en la búsqueda y procedimiento de protección de derechos de propiedad intelectual, con porcentajes de medición inferiores al 30 %, los cuales, para el tipo de proyectos objeto de estudio, configuran una tendencia baja teniendo en cuenta que la naturaleza propia de este tipo de proyectos se caracteriza por su alto potencial de protección intelectual.

Tomando en cuenta la información recopilada y en relación con las restricciones documentadas, un proyecto típico de I+D en el contexto de estudio corresponde a aquellos con una tendencia de 12 meses de duración, su financiación es determinada antes del inicio formal, el alcance y la definición del objeto presupuestal depende de los rubros establecidos por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios para inversión en proyectos de ciencia, tecnología e innovación, que tienden a comprometer 3 entregables promedio (productos de investigación), con mayor tendencia en orientarse a artículos de carácter científico; así mismo, presentan una duración de alrededor 14 meses hasta el inicio formal, y una limitada

tendencia hacia la protección intelectual, con 71 % de proyectos sin protección respecto a la muestra de proyectos.

**Figura 5.** Relación de protección intelectual o protección de derechos de autor dentro de la muestra



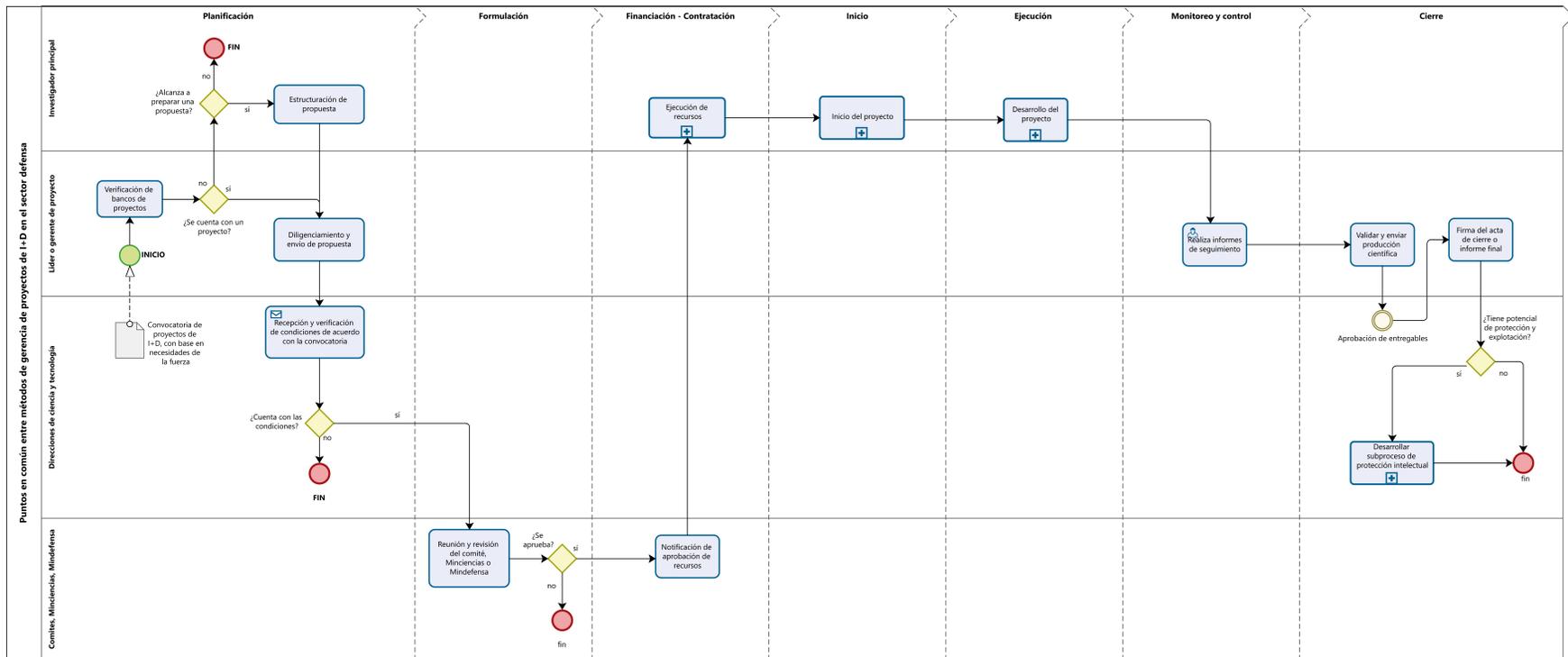
**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la determinación de la naturaleza de los proyectos, se generó la documentación de los puntos de convergencia en procedimientos, herramientas, técnicas, entradas y salidas de procesos para la gerencia de estos, iniciándose desde el Ministerio de Defensa y el desglose metodológico de la fuerza pública. Es así como se describe la estructura, los procesos y en general los lineamientos reglamentados, en los cuales se hallaron inmersos los procesos de gerencia de proyectos para el sector defensa, y que por tal motivo es propio retomar la “Directiva Permanente 008” del 15 de mayo de 2013, del Ministerio de Defensa Nacional (2013), donde se establece un procedimiento general para la presentación de proyectos de I+D+i en convocatoria que sean financiados por dicho ministerio.

Para continuar, es preciso soportar que, de acuerdo con la investigación realizada en las direcciones de ciencia y tecnología, 2 de las 4 entidades tienen suscrito el convenio Francisco José de Caldas, el cual propende por la gestión de recursos desde el desde el nivel nacional, así como la administración de recursos propios de las fuerzas para la investigación y el

desarrollo tecnológico, bajo la experiencia y elementos administrativos de Minciencias, razón por la cual se establece un método de presentación mediante la “Guía formato para la presentación de proyectos de investigación para el fortalecimiento de capacidades en ciencia y tecnología”, en donde para cada una de las convocatorias es lanzada una guía diferente, esta en particular maneja parámetros para el financiamiento y control de recursos por parte de Minciencias, en donde una vez financiado se realiza un doble control (presupuestal) por parte de la fuerza y otro control por parte de Minciencias, a través de la plataforma del Sistema Integrado de Gestión de Proyectos (SIGP); sin embargo, esto difiere de la gerencia de proyectos propia y ejercida internamente dentro de las fuerzas (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2015). Por otra parte, al correlacionar la normatividad suscrita para la fuerza C y D, se establece que existe un esquema o marco para adelantar proyectos de I+D bajo financiación y administración de recursos internos, con un proceso abierto, por medio del cual no se determinan parámetros o guías que den elementos al gerente de proyecto para ejercer su gerencia. A partir de lo anterior, fue posible documentar una estructura común de gerencia de proyectos base que la fuerza pública en sus 4 entidades usa, previa intervención de la presente investigación (ver figura 6).

**Figura 6.** Estructura común de fases y procesos de gestión de proyectos de I+D en fuerzas del sector defensa, usando notación business process model and notation (BPMN)



**Fuente.** Elaboración propia, basado en Bizagi Modeler ®.

Teniendo como referencia los puntos comunes del proceso de gerencia, se realizó un segundo instrumento a los mismos expertos referenciados en el diseño instrumental citados en la tabla 1, inquiriendo en 6 preguntas asociadas a la localización de puntos críticos o puntos de dolor manifestados a través de falencias de gestión.

**Tabla 2.** Esquema de cuestionamientos a expertos – comportamiento de proyectos

Diseño de preguntas	Referente teórico
1. Durante la planificación y financiación del proyecto, ¿qué falencias y fortalezas ha encontrado en la gerencia del proyecto y cómo mejoraría esta falencia?	(Rehman <i>et al.</i> , 2020).
2. En el inicio de un proyecto, ¿qué falencias y fortalezas se han encontrado por su parte, de la gerencia de proyectos y cómo mejoraría esta falencia?	(Moura <i>et al.</i> , 2019).
3. Durante la ejecución del proyecto, ¿qué falencias y fortalezas ha encontrado en la gerencia del proyecto y cómo mejoraría esta falencia?	(Marion <i>et al.</i> , 2016).
4. Durante el control del proyecto, ¿qué falencias y fortalezas ha encontrado en la gerencia del proyecto y cómo mejoraría esta falencia?	(Bizjak y Faganel, 2021).
5. Durante el cierre del proyecto, ¿qué falencias y fortalezas ha encontrado en la gerencia del proyecto y cómo mejoraría esta falencia?	(Alvarenga <i>et al.</i> , 2020).
6. Organice en orden de prioridades mínimo 5 elementos, estableciendo como primeros a los elementos que deben ser priorizados en una metodología de gerencia de proyectos de I+D para la entidad, y en último lugar, los que deben ser en menor medida considerados.	(Khanna <i>et al.</i> , 2015).

**Fuente.** Elaboración propia.

Así, por medio de la aplicación y análisis de los cuestionamientos, se muestra la correlación de los procesos comunes que se gestionan en las 4 fuerzas con los puntos críticos encontrados en cada una de las fases de gerencia de proyectos para el sector defensa, condensados a través de la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Puntos comunes y críticos hallados sobre el proceso común de gerencia proyectos I+D en el sector defensa

Fase	Puntos comunes	Puntos críticos
Planeamiento (convocatoria) (F1)	Convocatoria como elemento de partida para establecer por parte de los grupos, si existen similitudes en los bancos de proyectos (existentes) o se estructura una propuesta.	Ausencia de herramientas, procedimientos y elementos enfocados en la gestión del conocimiento.
	Gerente encargado de la presentación ante la dirección de ciencia de tecnología con el anteproyecto, previo a la verificación del potencial para continuar con la formulación.	
Formulación (selección de propuestas de proyecto) F2	Ente validador o comité, el cual en caso de denegar su aprobación finaliza el proceso, o en el caso contrario de aprobar, procede a seguir el flujo en la fase de financiación.	Competencias limitadas en áreas de formulación de proyectos en la gestión del talento humano.
	La formulación es responsable del talento humano (investigadores, gerentes, auxiliares, entre otros). 3 entregables se proponen/exigen en promedio en presentaciones para convocatorias. Estipulación de parámetros de alcance-calidad, cronograma y costos en entregable deficiente.	
	Con enfoque en satisfacer necesidades de las fuerzas y cumplir producción científica ante Minciencias.	
	Desde la presentación a la convocatoria, hasta la selección, esperan en promedio 8.5 meses.	
Financiación-contratación (F3)	Aprobación del ente asignador de recursos, resulta en la notificación del monto asignado, asumiendo condiciones de ejecución de recursos dependientes del tipo de recurso y la modalidad de contratación.	Varios tipos de contratación.
	5.3 meses en promedio desde la formulación a la financiación.	No se estipula un plan de adquisiciones.
	Tendencia de financiación superior a \$50.000.000.	
	Tendencia a asignarse financiación con base en la complejidad de entregables, y no referente a costos asociados del desglose del trabajo, estudios de mercado o análisis económicos.  Promedio base regular de financiación en \$170.000.000.	Investigadores con alta responsabilidad en contratación.

Fase	Puntos comunes	Puntos críticos
Inicio (F4)	La firma de un documento por parte de los gerentes que da inicio al proyecto, sin claridad respecto a otras entradas, salidas, herramientas y técnicas.	Deficiencia en estipular el mínimo de requerimientos, como son: alcance (definido), costo (definido), cronograma (definido), hitos, desglose del trabajo, roles, expectativas, gobernanza y responsabilidades de los interesados.
Ejecución (F5)	Responsabilidad del subproceso de desarrollo en cabeza del gerente e investigadores, del cual deberán definir los elementos, tareas, herramientas, técnicas, entradas y salidas.	Ausencia de herramientas, procedimientos y elementos enfocados en la gestión del cambio.  Actividades de ejecución-desarrollo, son llevadas sin direccionamiento de un gerente a través de herramientas, siendo totalmente discrecionales de los investigadores, sin parámetro alguno, de acuerdo con el análisis de respuestas.
	Proyectos con tendencia de duración de 12 meses antes del cierre.	
Monitoreo-control (F6)	Realización de informes por parte de los gerentes de proyectos.	No se contempla un plan de gestión de riesgos, seguimiento y respuesta, de acuerdo con el análisis de respuestas.
Cierre (F7)	Recopilación de entregables por parte de gerentes para ser entregados a la dirección de ciencia y tecnología, quien deberá aprobar estos entregables, lo que conduce a la firma de un acta y/o informe final, que puede conducir en algunos casos a la protección intelectual de entregables.	No existe un procedimiento que permita definir un lineamiento que establezca el potencial de protección intelectual.
	No es posible determinar si el cronograma preestablecido a partir del acta de inicio culmina al término de la producción y entrega de los entregables, con un informe final, con el cierre presupuestal del proyecto, con la aprobación de los entregables, con la validación técnica de entregables o con una debida acta de cierre.	
	71 % de los proyectos no cuentan con una protección de derechos de autor o alguna clase de búsqueda de la protección intelectual.	

**Fuente.** Elaboración propia.

Mediante la determinación y el análisis de los puntos comunes y críticos se procede a la configuración de núcleos de necesidades, que fueron convalidados con la experiencia contenida en apartados del estado del arte, de acuerdo con la parametrización de la ecuación de búsqueda (ver ecuación 2).

## R&D AND Project Management AND critical factors AND methodology (2)

Lo anterior permitió el hallazgo de 43 investigaciones internacionales, 8 nacionales y 1 patente, todas centradas en la gestión del conocimiento (Hung, 2017), gestión del talento humano (Malach-Pines *et al.*, 2009), gestión de las comunicaciones (Kumar y Thakkar, 2017), gestión de la triple restricción (Sánchez *et al.*, 2017), controles de cambios (Clowney, 2016), el condicionamiento de proyectos con alta incertidumbre bajo modelos híbridos (Aranyossy *et al.*, 2018) y/o factores críticos de éxito (Baškarada *et al.*, 2014; Rodríguez-Segura *et al.*, 2016); dichos núcleos y, en correlación con los puntos críticos, permitieron conformar la relación de requerimientos base para guiar el desarrollo de la metodología buscada para mejorar el comportamiento de los proyectos de I+D en el sector defensa (ver tabla 4).

**Tabla 4.** Determinación de necesidades en fases de gerencia de proyectos de I+D del sector defensa

Fases	Ítem	Necesidad o elemento por estructurar
Planeamiento y formulación (F1-2)	N1	<i>Project initiation request, business case</i> , o anteproyecto con parámetros mínimos para planificar el alcance-calidad, cronograma y costos para proyectos de I+D. Líneas de autoridad para la toma de decisiones de aprobación de proyectos.
	N2	Definir elementos que permitan la mejora en la gestión del talento humano.
	N3	Vincular procesos, procedimientos, herramientas y elementos para la gestión del conocimiento para proyectos de I+D.
	N4	Mejorar tiempos que conlleven a un inicio pronto de los proyectos, que permitan mantener la novedad.
	N5	Realizar EDT preliminar.
	N6	Incluir planeamiento de creación de valor preliminar.
	N7	Estructurar fechas centralizadas y conformación de comités.

<b>Fases</b>	<b>Ítem</b>	<b>Necesidad o elemento por estructurar</b>
Financiación-contratación (F3)	N8	Realizar y dar seguimiento al plan de adquisiciones.
	N9	Determinar mejores prácticas para realizar adquisiciones.
	N10	Definir comités, fechas para el financiamiento.
	N11	Aprobación de costos asociados al desglose del trabajo.
Inicio (F4)	N12	Definir principios básicos de acta de inicio, alcance (definido), costo (definido), cronograma (definido).
	N13	Definir parámetros (roles, expectativas, y responsabilidades) para la gestión de interesados.
	N14	Definir la gobernanza, líneas de autoridad, decisiones y escalamiento.
	N15	Definir hitos. Plan de gestión de riesgos.
	N16	EDT (definida).
	N17	Planificar las comunicaciones.
Ejecución (F5)	N18	Definir parámetros que permitan la gestión del cambio en razón al nivel de incertidumbre en el tipo de proyectos de I+D en elementos de la triple restricción.
	N19	Controlar el alcance.
	N20	Desarrollar el cronograma.
	N21	Controlar los costos.
	N22	Controlar la calidad.
	N23	Dirigir el equipo.
	N24	Monitorear los riesgos y emitir respuesta.
N25	Monitorear el involucramiento de los interesados.	
	N26	Gestionar las comunicaciones.
Monitoreo-control (F6)	N27	Solventar la falta de seguimiento a los riesgos planteados, monitoreo y respuesta.
	N28	Monitorear las comunicaciones.
	N29	Controlar la calidad.
	N30	Controlar el alcance.
	N31	Controlar los costos y adquisiciones.
	N32	Controlar cronograma.
	N33	Determinar mecanismos de finalización anticipada.

Fases	Ítem	Necesidad o elemento por estructurar
	N34	Permitir el cambio justificado.
	N35	Realizar revisiones por fase de control-hitos-periodos de tiempo determinados.
Cierre (F7)	N36	Definir un lineamiento que permita validar la calidad, generación de valor y potencial de protección a la propiedad intelectual.
	N37	Validar el alcance.
	N38	Validar costos.
	N39	Validar cronograma.
	N40	<i>Administrative closure</i> o generación del acta de cierre.
	N41	Generar el procedimiento de condensar las lecciones aprendidas.
	N42	Archivar entregables y convertir el conocimiento tácito al explícito (sistematizar).
	N43	Disolver equipo.
	N44	Liberar recursos.

**Fuente.** Elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a la búsqueda de fuentes documentales que permitieran gestionar de manera adecuada las necesidades diagnosticadas; se buscó restringir la búsqueda a referentes que estén basados sobre fundamentos de amplia divulgación, como: ISO 21500 (ISO, 2012), PMBOK en sus versiones sexta (Project Management Institute, 2017) y séptima (Project Management Institute, 2021), con lo anterior se permitirá elevar el nivel de especificidad y calidad, dando prelación a aquellas con un enfoque principal en las organizaciones. La correlación de las fuentes documentales fue refinada con la asistencia de un juicio de expertos, bajo la participación de 3 profesionales con perfil destacado: 1 ingeniero industrial con experiencia en formulación y desarrollo de proyectos de I+D en el sector aeronáutico militar, 1 ingeniero electrónico con experiencia en proyectos de desarrollo de *software*-electrónicos y, finalmente, 1 profesional en ciencias militares con perfil administrativo y estudios de maestría en formulación, gerencia y desarrollo de proyectos; la evaluación se desarrolló bajo una valoración en escala Likert de 1 a 5, donde el menor valor corresponde a 1, se define como nada pertinente; 2 como algo pertinente; 3 como pertinente;

4 suficientemente pertinente; 5 como perfecto para su uso. Así, se efectuó la sumatoria de las 3 perspectivas numéricas, consolidadas para cada uno de los marcos de gerencia, cuya mayor ponderación definió el resultado para solventar las necesidades documentadas a continuación.

**Tabla 5.** Correlación de marcos de trabajo a necesidades de las fases de gerencia de proyectos de I+D del sector defensa colombiano

Fase	Necesidad	PMBOK	PM <sup>2</sup>	PRINCE2	P2M	SCRUM	Resultado
Planeamiento y formulación (F1-2) 1-2	N1	10	6	<b>12</b>	6	8	PRINCE2
	N2	<b>10</b>	<b>10</b>	6	8	6	PMBOK
	N3	9	9	7	<b>14</b>	6	P2M
	N4	-	-	-	-	-	-
	N5	<b>13</b>	8	12	7	9	PMBOK
	N6	9	9	9	<b>12</b>	8	P2M
	N7	-	-	-	-	-	-
Financiación-contratación (F3)	N8	10	<b>12</b>	9	7	9	PM <sup>2</sup>
	N9	-	-	-	-	-	-
	N10	9	9	9	9	<b>12</b>	SCRUM
	N11	<b>15</b>	10	12	9	9	PMBOK
Inicio (F4)	N12	<b>12</b>	8	<b>12</b>	9	11	PMBOK
	N13	7	9	<b>12</b>	8	9	PRINCE2
	N14	10	<b>14</b>	11	8	9	PM <sup>2</sup>
	N15	<b>13</b>	9	10	9	11	PMBOK
	N16	<b>15</b>	12	9	11	9	PMBOK
	N17	<b>12</b>	10	9	10	11	PMBOK
Ejecución (F5)	N18	7	10	9	12	<b>13</b>	SCRUM
	N19	9	9	7	11	<b>14</b>	SCRUM
	N20	11	8	12	9	<b>13</b>	SCRUM

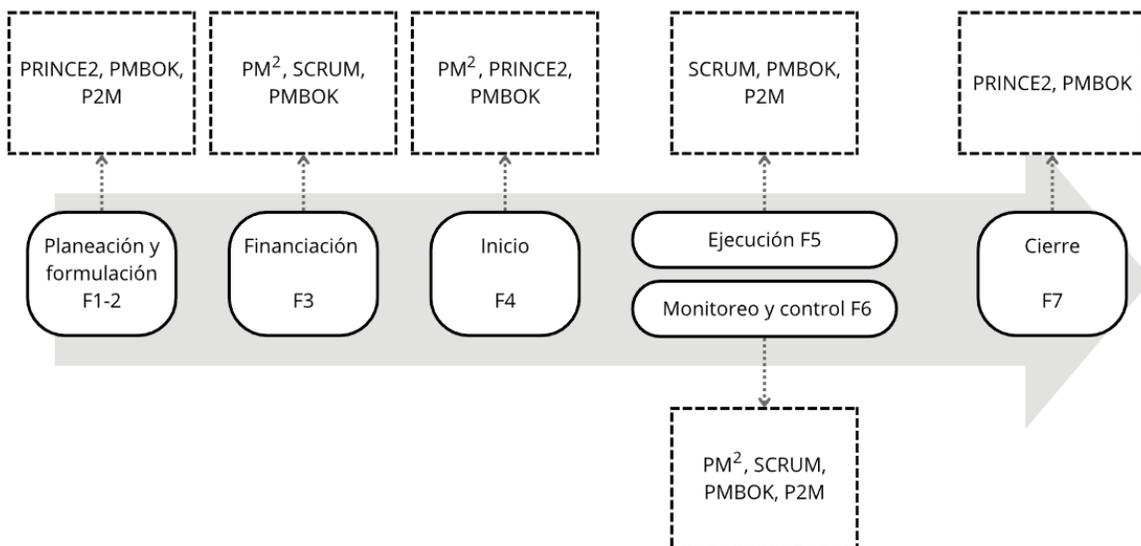
Fase	Necesidad	PMBOK	PM <sup>2</sup>	PRINCE2	P2M	SCRUM	Resultado
	N21	<b>12</b>	9	9	10	<b>12</b>	SCRUM
	N22	11	9	10	9	<b>14</b>	SCRUM
	N23	10	6	7	9	<b>12</b>	SCRUM
	N24	<b>12</b>	11	9	11	<b>12</b>	SCRUM
	N25	<b>12</b>	8	9	10	11	PMBOK
	N26	<b>13</b>	7	10	9	11	PMBOK
Monitoreo-control (F6)	N27	10	<b>11</b>	10	10	10	PM <sup>2</sup>
	N28	<b>13</b>	10	7	9	10	PMBOK
	N29	10	<b>14</b>	6	9	13	PM <sup>2</sup>
	N30	9	<b>10</b>	7	9	8	PM <sup>2</sup>
	N31	8	<b>12</b>	8	11	9	PM <sup>2</sup>
	N32	9	<b>12</b>	7	11	10	PM <sup>2</sup>
	N33	6	10	7	9	<b>11</b>	SCRUM
	N34	8	9	8	9	<b>11</b>	SCRUM
	N35	10	<b>13</b>	12	<b>13</b>	11	PM <sup>2</sup>
Cierre (F7)	N36	9	9	<b>12</b>	8	7	PRINCE2
	N37	11	11	<b>12</b>	9	9	PRINCE2
	N38	12	9	<b>14</b>	11	8	PRINCE2
	N39	11	10	<b>13</b>	9	12	PRINCE2
	N40	<b>12</b>	12	11	10	11	PMBOK
	N41	<b>13</b>	10	9	10	10	PMBOK
	N42	<b>13</b>	11	11	9	10	PMBOK
	N43	-	-	-	-	-	-
	N44	-	-	-	-	-	-

**Fuente.** Elaboración propia.

A partir de la correlación realizada y usando el reflejo del estado actual de gerencia de proyectos, fue posible obtener el diseño base general (expuesto en la figura 7), resultado del emparejamiento por pertinencia de marcos de gestión y/o marcos de trabajo, tomando en cuenta la naturaleza típica de los procesos de gerencia propios del sector.

Procedente del marco general se estructuran para cada una de las fases las correspondientes entradas, herramientas y salidas en coherencia a las 44 necesidades documentadas mediante un proceso lógico, brindando elementos y guías para los gerentes de proyecto al momento de conducir proyectos de I+D propios del sector, bajo la interacción de 5 actores o *stakeholders* que participan en estas 6 fases definidas desde la figura 7, y en la producción de entregables que marcan un ciclo continuo representado mediante la figura 8.

**Figura 7.** Diseño base general de la propuesta metodológica de proyectos de I+D en el sector defensa



**Fuente.** Elaboración propia.

Inicialmente dentro de la propuesta se mantiene como elemento de partida la convocatoria de proyectos de investigación y desarrollo proyectada por el ente financiador, en la fase de planeación, donde congruente a los elementos en color azul celeste establecidos en la figura

8, se mantienen los procesos comunes definidos, así, al validarse en las bases de datos se busca el conocimiento tácito presente en los grupos de investigación, que permita iniciar con los primeros procesos, propuestos en color naranja, desarrollados para responder a la validación de la hipótesis, dando paso a la formulación del *project initiation request*, o anteproyecto con parámetros mínimos para planificar anticipadamente la aprobación de financiación, condiciones de alcance-calidad, cronograma y costos para el anteproyecto de I+D.

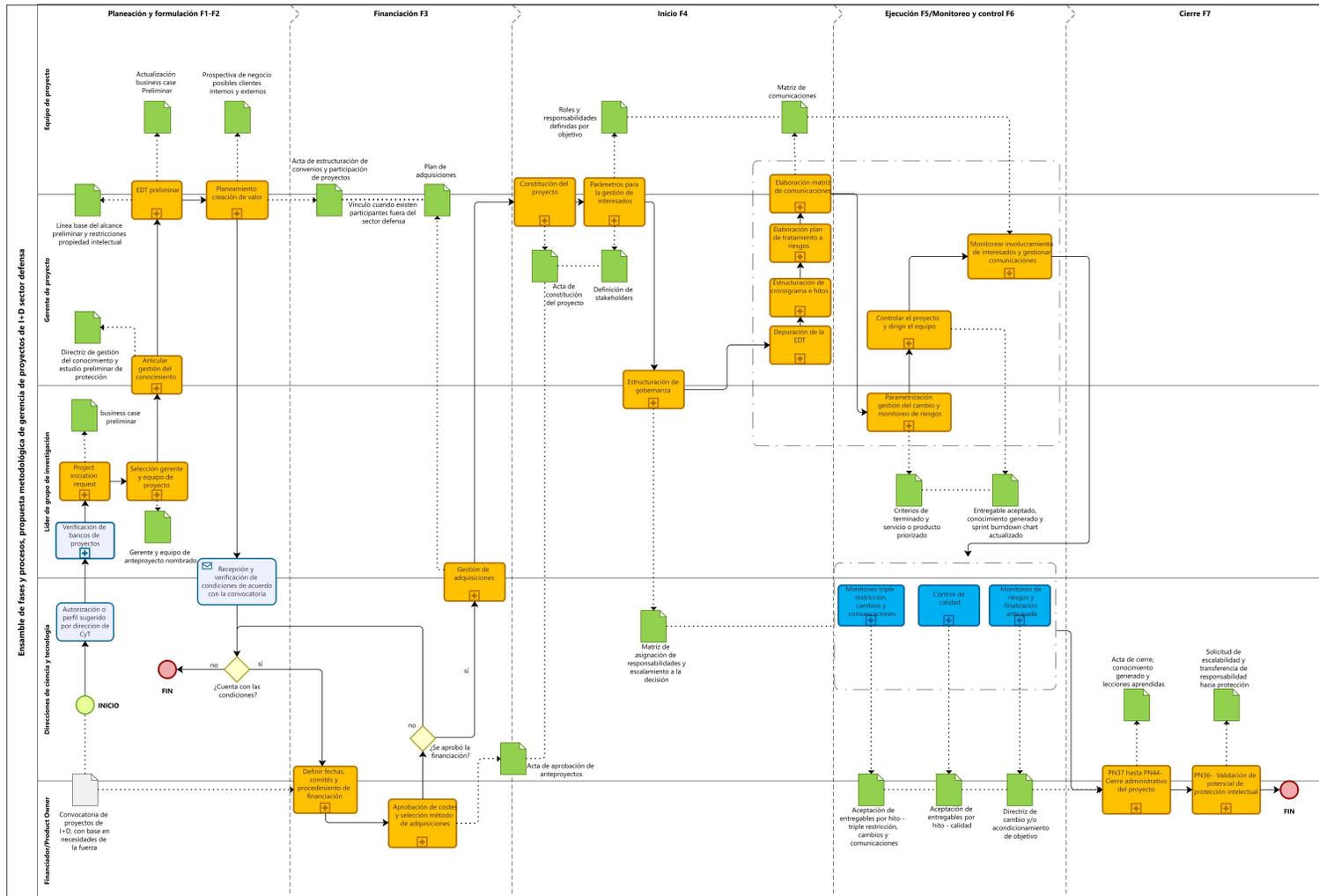
Posteriormente, se presenta un nuevo proceso ante la necesidad de gestión del talento humano, correspondiente a la selección del gerente y equipo del proyecto, como elemento de partida para la asignación de responsabilidades y desarrollo del nuevo proceso de articular la gestión del conocimiento. Seguidamente, se estructuran dos nuevos procesos en naranja, consistentes en realizar la estructura de desglose del trabajo (EDT) preliminar y el planeamiento de la creación de valor, que brinden elementos de juicio al ente financiador en la próxima fase.

Durante la fase de financiación se procede con nuevos procesos que definen fechas, procedimientos de selección, métodos de adquisiciones y gestión de las adquisiciones, donde se supedita el modo mediante el cual se adelanten las adquisiciones sin comprometer a los investigadores en este tipo de tareas, y evitando otros riesgos relacionados a este tipo de gestión.

Es a partir de este momento, durante la fase de inicio, donde se formaliza mediante el acta de constitución la concertación de elementos de la triple restricción, brindando a su vez parámetros para la gestión de los interesados y la estructuración de gobernanza. Con ello se definen integrantes, tareas y recursos que fortalezcan la depuración de la EDT como un elemento diferencial para este tipo de proyectos. Mediante este último documento, se procede a la estructuración del cronograma e hitos, plan de tratamiento de riesgos y la elaboración de la matriz de comunicaciones. Secuencialmente, en la fase de ejecución y monitoreo, desarrolladas en paralelo (color azul oscuro), se vinculan procesos inherentes a la gestión del cambio, control del proyecto, gestión de las comunicaciones e incluso el

planteamiento de un proceso opcional que define la finalización anticipada, y con ello proceder a la fase de cierre, complementada con procesos que definan el cierre administrativo del proyecto y la validación del potencial de protección, donde finaliza la gestión referida a los gerentes del proyecto y los equipos. A través de toda la secuencia metodológica se destaca la gestión de conocimiento del proceso a través de la obtención de la documentación pertinente (color verde), la cual permite configurar una trazabilidad confiable del ciclo de vida del proyecto, asegurando un *know-how* permanente para los *stakeholders* que hacen parte de la gestión, desde la etapa de planeación hasta la de cierre.

**Figura 8.** Diseño de la metodología de gerencia de proyectos I+D en el sector defensa, usando la notación business process model and notation (BPMN)



**Fuente.** Elaboración propia, basado en Bizagi Modeler ®.

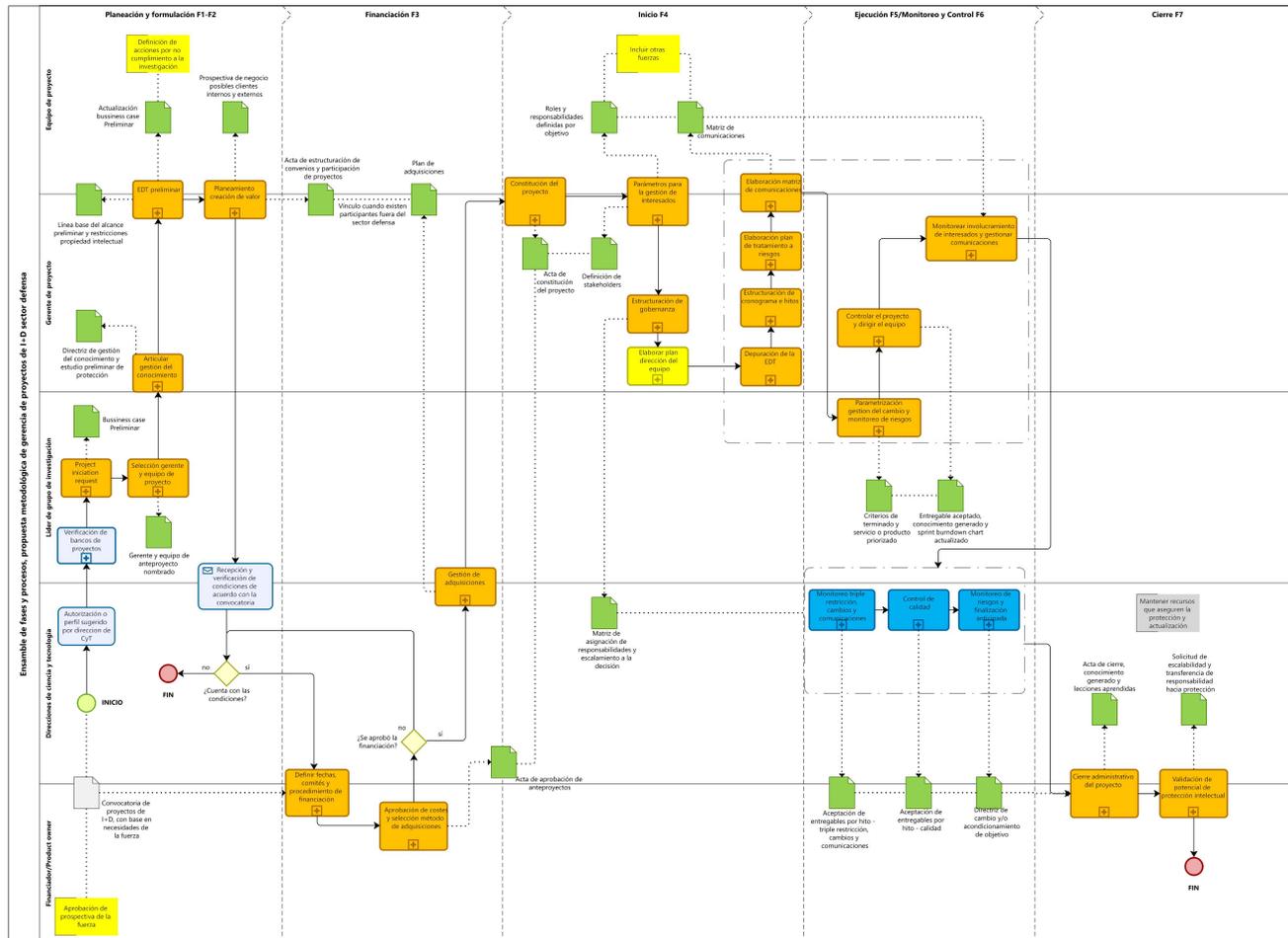
#### 4. Discusión

Ante la dificultad evidenciada por la duración común de este tipo de proyectos, se determinó como mecanismo con mayor posibilidad, el conducir una validación por parte de expertos, cuyo perfil corresponde a directores o exdirectores de las direcciones de ciencia y tecnología, comando de apoyo tecnológico del Ejército Nacional o de la Vicerrectoría de Investigación de la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional, que hubiesen gestionado estos cargos desde el año 2015, o se encontrasen vigentes, condicional que demuestre experiencia suficiente para determinar la potencial mejora y validación del diseño metodológico obtenido; para los juicios de expertos fue conducido un instrumento con preguntas tipo Likert, determinando el nivel de aplicabilidad en las direcciones de acuerdo con la experiencia de cada encuestado en las fuerzas que componen el sector defensa, en relación con cada una de las fases contempladas, encontrando una calificación ponderada superior a 4, sugiriéndose para la primera fase el planeamiento, agregando una validación de la prospectiva desde el nivel estratégico, como en efecto se incluyó en un refinamiento del diseño, según se observa en la figura 9, así como también definir, desde esta etapa temprana, las acciones por no cumplimiento a la investigación como una herramienta de generación de conciencia y responsabilidad con los proyectos comprometidos (ver en color amarillo). En la segunda fase: financiación, durante el comité de asignación de recursos se validó estadísticamente el potencial de valor, lo cual no genera un proceso adicional. Seguido en tercera fase: inicio, externalizar la matriz de comunicaciones, con un enfoque de propagación hacia las otras fuerzas, y como segundo elemento elaborar un plan de dirección, posterior a la estructuración de gobernanza.

Respecto a la fase de ejecución, se exalta la idea de utilizar el manifiesto ágil y marcos híbridos de gerencia de proyectos durante la fase de monitoreo, la cual se determina como paralela a la fase de ejecución, contemplando la viabilidad de dar por terminado el proyecto exclusivamente por parte del director de ciencia y tecnología, a su vez, coordinando los servicios de los tableros SCRUM (*scrumboard*) mediante plataformas propias de cada fuerza para el seguimiento del trabajo en cualquier momento, y finalmente, se sugiere estipular

desde el caso de negocio preliminar (*business case*) las acciones correctivas, disciplinarias y penales ante el incumplimiento por parte de funcionarios. Por último, en la fase de cierre, buscar espacios de socialización y retrospectiva entre las fuerzas en materia de I+D, con el fin de propiciar estas, evitando errores sucedidos entre fuerzas y creando alianzas; se señala adicionalmente que podrían implementarse medidas hacia un ciclo continuo del proceso, donde se mejoren continuamente los productos durante la búsqueda de la protección intelectual, ello especialmente en desarrollos tecnológicos, no retornando todos los recursos para el escalamiento hacia la protección que acompañen al Ministerio de Defensa.

**Figura 9.** Diseño refinado de la metodología de gerencia de proyectos I+D en el sector defensa, usando la notación business process model and notation (BPMN)



**Fuente.** Elaboración propia, basado en Bizagi Modeler ®.

Una vez refinado el diseño metodológico, se llevó a cabo un piloto, con 2 proyectos en la fuerza D, en un grupo de investigación con enfoque aeronáutico y el otro con enfoque electrónico. Durante la prueba de la fase de planeación-formulación f1-f2, fue posible, como primera medida, integrar al Comando de Transformación del Futuro como veedor de la perspectiva, dicha organización marcó líneas de investigación específicas dentro de las soluciones a las capacidades requeridas para la fuerza en cuestión, y así, guiar el proyecto hacia un primer establecimiento de un *project initiation request*, que vinculó los elementos necesarios que fueron precisos desde la “Convocatoria de Capacidades Requeridas 2042”, lanzada a partir del día 30 de agosto de 2021. Lo que permitió a los líderes de grupo realizar la selección de gerente y equipo de proyectos, de acuerdo con las especificaciones informadas por la Dirección de Ciencia y Tecnología; aunque se continuó por parte de esta convocatoria otorgando valores económicos enmarcados a ser financiados con base en la productividad con la que se comprometían los investigadores en las propuestas de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico, tales como prototipos, artículos, y otros como ponencias; en contraste, posterior a la presentación de propuestas, fue reestructurada la visión por parte de la Dirección de Ciencia y Tecnología, incitando a los grupos de investigación para estructurar una EDT preliminar, junto con el planteamiento de creación de valor, como elementos filtro de selección, obviándose así las propuestas ponderadas como se plantearon desde la convocatoria de proyectos 2021. Es a partir de este punto donde se inicia un ciclo continuo que impide los retrasos por faltas de sincronización de comunicaciones y cronogramas dentro de los miembros del equipo de proyecto, descartando paradigmas y prácticas previas realizadas por parte de la Dirección de Ciencia y Tecnología. Allí, se mejoraron los tiempos en un 50 %, que ponderando los dos proyectos desde la recepción de la convocatoria hasta la aprobación por parte de la Dirección de Ciencia y Tecnología, se estableció en un tiempo inferior a 4 meses, teniendo en cuenta los promedios establecidos en el diagnóstico realizado a los proyectos de este tipo, los cuales eran superiores a 8 meses.

Respecto a la fase de financiación f3, aún se generaron retrasos y fallas de comunicación para definir el comité y modo de selección; sin embargo, se realizó una exploración por parte de la Dirección de Ciencia y Tecnología de la fuerza D, en la formulación de un convenio para el año

2021-2022, donde todos los recursos en dinero se orientaron atendiendo a los principios de planeación y selección objetiva de la Ley 80 de 1993, asignando mediante contratación directa un convenio de administración de recursos, lo cual transfirió el riesgo y trabajo asociado a las adquisiciones a una de las empresas del Grupo Social y Empresarial de Defensa (GSED), quedando como soporte el acta de reunión para definir el plan de adquisiciones y determinación de riesgos en adquisiciones, la cual cuenta con un nivel de clasificación documental pública restringida, de este convenio se comprometieron los recursos para los dos proyectos, procurando por primera vez un plan de adquisiciones, apoyados en la estructura de desglose de trabajo preliminar, donde anteriormente se utilizaban asignaciones de recursos con base en aproximaciones de proyectos pasados, y/o de acuerdo con los eventos científicos propuestos bajo índices de financiación. Se definió así un seguimiento a los comprobantes de adquisiciones mediante la página web de la empresa y desarrollo de los entregables correspondientes, donde los investigadores y gerentes enfocasen sus esfuerzos hacia la consecución de hitos y objetivos derivados de ellos, y no en trámites administrativos; esto se consiguió en un promedio de 3 meses adicionales posterior a la aprobación de la Dirección de Ciencia y Tecnología, reduciéndose a la mitad los tiempos con respecto al promedio establecido.

Como siguiente etapa del piloto se realizó, durante la fase F4 o inicio, el plan de dirección del equipo para la definición de las iteraciones de trabajo (*sprints*), el mayor cambio se presentó en la evolución y comunicación continua que se generó en las reuniones diarias de equipo (*daily*), donde mediante la implementación de las ceremonias provenientes del marco ágil SCRUM, se vencieron barreras de comunicación e integración del equipo, donde desde la Dirección de Ciencia y Tecnología fue perceptible al control y la evolución continua programada, mediante el uso y monitoreo de tableros Kanban y tableros SCRUM como medios físicos y gráficos de visualización de los trabajos pendientes, en curso y terminados respecto a la planeación del proyecto. Uno de los momentos determinantes se presentó en la fase F5: ejecución, donde iniciada la vigencia 2022, se materializó un riesgo poco probable, cuando fue imposible la adquisición de insumos para uno de los proyectos gestionados bajo el marco diseñado, los cuales ante el condicional de tener que ser comprados bajo

características que brinden condiciones de seguridad y garantía, donde se exploró la necesidad de ejecutar un control de cambios, donde se pudieron justificar ajustes y modificaciones al alcance dentro de sesiones de revisión llevadas a cabo por los equipos de desarrollo una vez finalizadas las correspondientes iteraciones de trabajo (*sprint review*), con ello permitiéndose la adquisición adicional de partes nacionales, efectuándose pruebas mecánicas y eléctricas emparentadas a los cambios, que dieron por cumplimiento el desarrollo de objetivos.

Finalmente, desde el inicio hasta el cierre de los proyectos, se monitoreó para este caso puntual por parte de la entidad las posibilidades de protección intelectual; que llevaron a feliz término la protección de varios entregables primarios por cada proyecto referentes al *know-how*.

## 5. Conclusiones

El diseño realizado a través del proceso de investigación, logra ofrecer una metodología de gerencia de proyectos de investigación y desarrollo propia del sector defensa colombiano, constituida a partir de herramientas, técnicas y procesos provenientes de estándares internacionales afines a las características documentadas típicas del comportamiento que presentan los proyectos que son gestionados en el contexto estudiado, así como también fue ajustada a partir de factores comunes de administración y gobernanza de las 4 fuerzas que componen el universo de estudio, permitiendo proyectar un marco de gestión único, fiable y trazable que puede ser utilizado por cualquiera de las fuerzas militares y la policía nacional, presentando una ventaja significativa para el sector defensa al momento de gestionar sus proyectos de I+D, al contar con un marco homogéneo independiente del tipo de fuerza que los desarrolle.

Se determinó como válida la propuesta metodológica de gerencia de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico para las fuerzas del sector defensa, aunado a la factibilidad pronunciada a partir del juicio de 8 expertos bajo el perfil de directores o

exdirectores de las direcciones de ciencia y tecnología pertenecientes a estas fuerzas, que a su vez mediante la validación de una prueba piloto aplicada a dos grupos de investigación, se efectuó la gerencia de los proyectos I+D evitándose retrasos, reduciéndose los tiempos en un 50 % previos al inicio del proyecto y en un 25 % desde el inicio hasta el cierre, con un duración promedio de 9 meses con respecto a la tendencia definida establecida en 12 meses. Con respecto a la variable de costos, se evitó el desfinanciamiento y reprocesos por falencias de alcance o calidad, se mantuvo el aprovechamiento y administración eficiente de recursos; se cumple preliminarmente con el alcance al tener en la actualidad las capacidades de diagnóstico de fallas en algunas aeronaves fuera de sus casas matrices y aprovechamiento de cargas residuales en baterías de equipos de comunicación en el área de operaciones.

## 6. Referencias

- Albert, M.E., Muñoz, S., Márquez, C. y Despaigne, Y. (2018). Procedimiento para la planificación estratégica con enfoque de proyecto. *Folleto Gerenciales* 12(4), 222-233. <https://1library.co/document/y65547nz-procedimiento-planificacion-estrategica-enfoque-proyecto.html>
- Alvarenga, J.C., Branco, R.R., Guedes, A.L.A., Soares, C.A.P. & Silva, W.d.S.e. (2020). The project manager core competencies to project success. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(2), 277-292. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-12-2018-0274>
- Aranyossy, M., Blaskovics, B. & Ardzsuna, A. (2018). How universal are IT project success and failure factors? Evidence from Hungary. *Information Systems Management*, 35(1), 15-28. <https://doi.org/10.1080/10580530.2017.1416943>
- Arias, E. (2020). Integración de Lean, Design Thinking y Agile en la gestión de proyectos. *Signos*, 12(2), 161-174. <https://doi.org/10.15332/24631140.5942>

- Barbón, O., Romero, A., Zavala, M., Aguilar, M. & Merizalde, M. (2019). Scientific methodological and didactic quality in the evaluation of research projects. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores* 6(3), 50-62. <https://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/1806>
- Başkarada, S., McKenna, T. & McKay, T. M. (2014). Success factors for urgent technology insertion into military systems. *9th International Conference on System of Systems Engineering (SOSE)*. Glenelg, SA, Australia, pp. 195-200. [10.1109/SYSOSE.2014.6892487](https://doi.org/10.1109/SYSOSE.2014.6892487)
- Benslimane, I., Crosetto, P., Magni-Berton, R. A. & Varaine, S. (2023). Intellectual property reform in the laboratory. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 206, 204-221. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.12.005>
- Bizjak, M. & Faganel, A. (2021). Internal communication in global project teams. *Management*, 15(3), 179-206. <https://doi.org/10.26493/1854-4231.15.179-206>
- Blagoeva, R., Mom, T., Jansen, J. & George, G. (2020). Problem-solving or self-enhancement? A power perspective on how CEOs affect R&D search in the face of inconsistent feedback. *Academy of Management Journal*, 63(2), 332-355. <https://doi.org/10.5465/amj.2017.0999>
- Carone, N., Benzi, I. M., Parolin, L. A. & Fontana, A. (2023). "I can't miss a thing" – The contribution of defense mechanisms, grandiose narcissism, and vulnerable narcissism to fear of missing out in emerging adulthood. *Personality and Individual Differences*, 214, 112333. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2023.112333>
- Cassanelli, A., Fernández-Sánchez, G. & Guiridlian, M. (2017). Principal researcher and project manager: who should drive R&D projects? *R&D Management*, 47(2S), 277-287. <https://doi.org/10.1111/radm.12213>
- Clowney, P. (2016). *Colossal collapses: an analysis of 11 department of defense acquisition program management factors that influence department of defense acquisition program termination using relative importance weight and chi-squared distribution*. <https://scholarspace.library.gwu.edu/downloads/rf55z783w?disposition=inline&locale=en>

- Cohen, M., Fernandes, G. A. & Godinho, P. (2023). Measuring the societal impacts of university-industry R&D collaborations. *Procedia Computer Science*, 219, 1574-1582. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.449>
- Contreras-Gutiérrez, D. C., Martínez-Lobo, A. D., Fierro-Russi, A.F. (2021). Capacidades de los centros de investigación colombianos del sector aeronáutico militar y su enfoque estratégico. *Revista Científica General José María Córdova*, 19 (35), 679-701. <https://doi.org/10.21830/19006586.767>
- Corzo-Ussa, G. D., Álvarez-Aros, E.L. & Chavarro-Miranda, E. L. (2022). La industria 4.0 y sus aplicaciones en el ámbito militar. *Revista Científica General José María Córdova*, 20(39), 717-736. <https://doi.org/10.21830/19006586.882>
- Del Carpio, J. y Miralles, F. (2019). Propensión a la innovación tecnológica de las empresas manufactureras peruanas que no desarrollan actividades de Investigación y Desarrollo (I&D). *Universidad & Empresa*, 21(37), 31-51. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.6460>
- Eskerod, P. & Larsen, T. (2018). Advancing project stakeholder analysis by the concept 'shadows of the context'. *International Journal of Project Management*, 36(1), 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.05.003>
- Espitia-Cubillos, A. A., Buitrago-Suescún, O. Y. & Contreras-Gutiérrez, D.C. (2022). Planes colaborativos de mejoramiento para los grupos de investigación del Ejército Nacional de Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 20(39), 693-715. <https://doi.org/10.21830/19006586.876>
- Feldman, D., Rebecca, J. A. & Margolis, R. (2020). Quantifying the impact of R&D on PV project financing costs. *Energy Policy*, 142, 111525. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111525>
- Fernandes, G., Santos, J. M., Ribeiro, P., Ferreira, L. M., O'Sullivan, D., Barroso, D. A. & Pinto, E. (2023). Critical success factors of university-industry R&D collaborations. *Procedia Computer Science*, 219, 1650-1659. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.458>

- Figueiredo, A., Barbosa, A., Matsumoto, C., da Gama, A.F. & Salerno, M.S. (2022). Featured topics in research on digital transformation: evidence from a bibliometric study and content analysis. *Revista de Administração de Empresas*, 62(6), e 2021-0112. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020220602x>
- Fitzgerald, J. (2015). *A project management handbook for army officers and NCOS*. [Master's thesis, University of Alaska Anchorage]. <http://hdl.handle.net/11122/5635>
- Gutiérrez Fuentes, J. A. (2015). La necesidad de una estrategia en investigación y desarrollo. *Archivos de Bronconeumología*, 51(2), 55-56. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.06.013>
- Hara, K., Kuroda, M. & Nomaguchi, Y. (2023). How does research and development (R&D) strategy shift by adopting imaginary future generations? Insights from future design practice in a water engineering company. *Futures*, 152, 103221. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103221>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. A. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- Hill, M., Ruch, G. & Taylor, G. (2019). Research and development expense and analyst forecast errors: an underestimation of sales or overestimation of expenses? *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 34(4), 667-684. <https://doi.org/10.1177/0148558X18799003>
- Honarpour, A., Jusoh, A. A. & Nor, K.M. (2018). Total quality management, knowledge management, and innovation: an empirical study in R&D units. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(7-8), 798-816. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1238760>
- Mitre-Hernández, H., Ortega-Martínez, E. & Lemus-Olalde, C. (2014). Estimación y control de costos en métodos ágiles para desarrollo de software: un caso de estudio. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(3), 403-418. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70350-6](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70350-6)
- Hung, C. L. (2017). Social networks, technology ties, and gatekeeper functionality: Implications for the performance management of R&D projects. *Research Policy*, 46(1), 305-315. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.11.009>
- ISO. (2012). *Directrices para la dirección y gestión de proyectos ISO 21500*.

- Khanna, R., Guler, I. & Nerkar, A. (2015). *Fail often, fail big, and fail fast? Learning from small failures and R&D performance in the pharmaceutical industry*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2629419>
- Kumar, S. & Thakkar, J. (2017). Schedule and cost overrun analysis for R&D projects using ANP and system dynamics. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(9), 1551-1567. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2016-0050>
- Londoño Palacio, O. L. (2011). Desarrollo de la competencia investigativa desde los semilleros de investigación. *Revista Científica General José María Córdova*, 9(9), 187-207. <https://doi.org/10.21830/19006586.250>
- López, A., Méndez, D., Paz, A. y Arboleda, H. (2016). Desarrollo e instrumentación de un proceso de vigilancia tecnológica basado en protocolos de revisión sistemática de la literatura. *Información Tecnológica*, 27(4), 155-164. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400017>
- Malach-Pines, A., Dvir, D. A. & Sadeh, A. (2009). Project manager-project (PM-P) fit and project success. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(3), 268-291. <https://doi.org/10.1108/01443570910938998>
- Marion, J., Richardson, T. & Earnhardt, M. (2016). Project execution: a research agenda to explore the phenomenon. *The Journal of Modern Project Management*, 4(1), 71-78. <https://commons.erau.edu/publication/1360>
- Martí Sempere, C. (2018). What is known about defence research and development spill-overs? *Defence and Peace Economics*, 29(3), 225-246. <https://doi.org/10.1080/10242694.2016.1239364>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2015). *Guía básica para la formulación de proyectos para centros de ciencia en Colombia*.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2013). *Directiva permanente N.º 008. Lineamientos ministeriales para actividades de ciencia, tecnología e innovación del sector defensa y seguridad*. Colombia.

Moura, R., Carneiro, T., Lemos, T. & Silva, B. (2019). Personality traits of project managers: differences in knowledge, experience, and business sector. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, 12(4), 767-784.  
<https://www.redalyc.org/journal/2734/273462729009/html/>

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2022). *¿Qué hacemos?* <https://ocyt.org.co/que-hacemos/#proyectos>

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2023). *Portal de datos observatorio colombiano de ciencia y tecnología.* <https://portal.ocyt.org.co/>

Ofori, D. F. (2013). Project management practices and critical success factors—a developing country perspective. *International Journal of Business and Management*, 8(21), 14-31.  
<https://doi.org/10.5539/ijbm.v8n21p14>

Project Management Institute. (2017). *Guia del PMBOK* (6th ed.).

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge* (7th ed.).

Rairan, F., Rebellón, M., Suárez, C., Cubides, E., Bello, J. & Sarria, J. (2021). *Knowledge management as a key mechanism to implement good practices in the national army and police in Colombia.*

Ramos Montañez, S. (2023). Advancing equity through research: the importance of asset-based approaches and methods. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 86, 101540.  
<https://doi.org/10.1016/j.appdev.2023.101540>

Rehman, U., Shahzad, S., Mohsin, F., Shoaib, J. & Umair, M. (2020). Impact of leadership behavior of a project manager on his/her subordinate's job-attitudes and job-outcomes. *Asia Pacific Management Review*, 25(1), 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2019.06.004>

Rincón-González, C. H. (2016). Análisis de la problemática de la gestión de proyectos: Estudio en el contexto empresarial colombiano. *Revista Ciencias Estratégicas*, 24(35), 119-136.  
[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/7928/Art%  
c3%adculo%206.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/7928/Art%c3%adculo%206.pdf?sequence=1)

- Rodríguez-Segura, E., Ortiz-Marcos, I., Romero, J. J. & Tafur-Segura, J. (2016). Critical success factors in large projects in the aerospace and defense sectors. *Journal of Business Research*, 69(11), 5419-5425. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.148>
- Sadeh, A., Dvir, D. A. & Shenhar, A. (2000). The role of contract type in the success of R&D defense projects under increasing uncertainty. *Project Management Journal*, 31(3), 14-22. <https://doi.org/10.1177/875697280003100303>
- Sánchez, O. P., Terlizzi, M. A. & de Moraes, H.R.O.C. (2017). Cost and time project management success factors for information systems development projects. *International Journal of Project Management*, 35(8), 1608-1626. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.09.007>
- Schwall, A. & Wagner, J. (2023). The persistence of worthless patents? *World Patent Information*, 72, 102179. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2023.102179>
- Shaikh, I. & Colarelli, G. (2020). Understanding the motivations of technology managers in radical innovation decisions in the mature R&D firm context: an agency theory perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, 55, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2020.101553>
- Téllez, Y. (2019). *Innovación estratégica*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Testa, G., Szkuta, K. A. & Cunningham, P. (2019). Improving access to finance for young innovative enterprises with growth potential: evidence of impact of R&D grant schemes on firms' outputs. *Research Evaluation*, 28(4), 355-369. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvz016>
- Wu, C. & Huang, S. (2022). Twenty important theories and applications of empirical research on IS. *Data and Information Management*, 6(4), 100003. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2022.100003>
- Zhang, J., Wolfram, D. A. & Ma, F. (2023). The impact of big data on research methods in information science. *Data and Information Management*, 7(2), 100038. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2023.100038>