

ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS
“CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI”



Título

Fortalecimiento del proceso de adquisición de objetivos mediante sensores y drones tácticos para optimizar la eficacia del fuego en el Grupo de Artillería de Campaña Marcavalle N° 9

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de licenciado en ciencias militares con mención en Ingeniería

Autor

Sergio Fidel Castro Lazo
0009-0005-9562-2877

Lima – Perú

2026

Reporte de similitud

PreviewUser

TSP Sergio Fidel Castro Lazo

10 palabras

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trncoid::3117:581512174

Fecha de entrega
21 abr 2026, 17:59 GMT-5

Fecha de descarga
21 abr 2026, 18:03 GMT-5

Nombre del archivo
TSP Sergio Fidel Castro Lazo 2104.docx

Tamaño del archivo
6.8 MB

55 páginas

14.756 palabras

84.307 caracteres



Página 1 de 59 - Portada

Identificador de la entrega trncoid::3117:581512174



Página 2 de 59 - Descripción general de Integridad

Identificador de la entrega trncoid::3117:581512174

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Al Dios Uno y Trino misterio de Amor que habita en los cielos y en mi corazón, por ser mi guía y darme la entereza necesaria para no rendirme en los tramos más pesados de este camino. A mi madre Ana Cecilia y a mi padre Fidel Antonio, quienes han sido mi apoyo más leal; gracias por esa confianza ciega que me brindaron y por entender mis ausencias mientras perseguía esta meta. Sin sus ánimos constantes, este pilar de mi vida profesional no sería posible. Finalmente, mi gratitud para la Obra de la Iglesia y la Cartuja de San José; sus lecciones y consejos oportunos fueron el norte que marcó mi crecimiento y me permitió llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTO

Terminar este trabajo no sólo es un logro académico para mí, es el cierre de una etapa llena de desafíos que no hubiera podido superar sin una fuerza superior y el apoyo de quienes más amo. En primer lugar, doy gracias a la Santísima Trinidad, Nuestra Señora de la Paz, San José, San Bruno y Santa María Magdalena de Pazzi con todo mi espíritu encarnado. En los días de mayor incertidumbre, cuando el cansancio parecía tener ventaja sobre mí, su guía fue el susurro que me dio la claridad y la disciplina necesarias para seguir adelante, paso a paso, hasta alcanzar la meta. A mi institución le debo mucho de lo que soy hoy, por haberme forjado un sentido del compromiso y esa ética profesional que ahora es mi brújula; gracias por exigirme y por enseñarme que el rigor es el camino hacia la excelencia. Pero el agradecimiento más sincero, ese que no cabe en estas líneas, es para mi familia. Gracias por los sacrificios silenciosos que hicieron para que yo pudiera concentrarme en mis estudios, por entender que mis ausencias en las cenas y reuniones familiares no eran falta de cariño, sino parte de este sueño compartido. Gracias por ser mi lugar seguro, por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba y por recordarme, con un abrazo o una palabra de aliento, que todo este esfuerzo valía la pena. Mi más sincero agradecimiento a mi Obispo, Monseñor Jesús Moliné Labarta, por enseñarme la auriga virtutum, la virtud de la prudencia; y finalmente al R.P. Jesús María Hernández Martín, por aceptarme como su hijo espiritual.

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL.....	12
1.1. Descripción de la dependencia o unidad.	12
1.2. Tipo de actividad que desarrollé	14
1.3. Lugar y fecha	15
1.4. Misión	16
1.5. Visión	16
1.6. Funciones del puesto que ocupé	17
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. Internacionales	19
2.1.2 Nacionales	21
2.2. Bases teóricas	24
2.2.1. Ciclo sensor–tirador.....	24
2.2.2. Sistemas ISTAR.....	24
2.2.3. Sistemas aéreos no tripulados (UAV) en la adquisición de objetivos	25
2.2.4. Integración de sensores y sistemas de información	26
2.3. Términos básicos	27
2.3.1. Adquisición de objetivos	27
2.3.2. Apoyo de fuegos	27

2.3.3. Ciclo sensor–tirador	27
2.3.4. Sistema ISTAR	28
2.3.5. Inteligencia militar	28
2.3.6. Vigilancia	28
2.3.7. Reconocimiento	28
2.3.8. Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV)	28
2.3.9. Sensor	28
2.3.10. Conciencia situacional	28
2.3.11. Targeting (selección de objetivos)	28
2.3.12. ISR (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)	29
2.3.13. Integración de sensores	29
2.3.14. Eficacia del fuego	29
CAPITULO III. DESARROLLO DEL TEMA.....	30
3.1. Campo de aplicación	30
3.2. Tipo de aplicación.....	32
3.3. Diagnóstico.....	34
3.4. Propuesta de innovación	36
3.4.1. Objetivo de la propuesta	38
3.4.2. Descripción simple de la propuesta	39
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ANEXO.....55

(1) Informe profesional55

RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional fue desarrollado en el Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9, unidad orgánica de la 7ª Brigada de Infantería del Ejército del Perú, con sede en la región Lambayeque, con el objetivo de fortalecer el proceso de adquisición de objetivos mediante el empleo integrado de sensores y drones tácticos, orientado a optimizar la eficacia del fuego de artillería. Esta investigación se enmarca en el entorno operativo-tecnológico actual, donde los sistemas aéreos no tripulados (UAV) han pasado de ser complementos para convertirse en herramientas críticas. Su capacidad de gestionar en tiempo real la inteligencia, vigilancia y reconocimiento (RSTA) ha redefinido las operaciones militares contemporáneas.

El problema principal es que los métodos de adquisición de blancos convencionales de la unidad están obsoletos, son lentos, limitan la precisión y hacen difícil la clara designación de los objetivos. El hecho de depender de procesos manuales u obsoletos no solo ralentiza la velocidad del ataque sino que imposibilita una observación detallada del campo de batalla. Los últimos conflictos han dejado una lección clara: el uso de drones tácticos no es ya opcional, ya que optimizan a la gran la detección, la corrección del tiro y la evaluación de daños (BDA), y elevan la letalidad de la artillería.

Con esta premisa se plantea la integración de drones tácticos y sensores de última generación al ciclo de adquisición de blancos. No se trata de solo agregar tecnología sino de transformar el procedimiento para obtener datos precisos y asignar objetivos al instante. Esta estrategia reduce los tiempos de respuesta y sobre todo dota al comandante de una mayor conciencia situacional para decidir bajo presión. En definitiva, modernizar estas capacidades es el paso lógico para asegurar la eficacia del fuego en un escenario bélico que tiende a la digitalización.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de las operaciones militares, que ocurren en teatros complejos, dinámicos y con un elevado grado de tecnificación, la efectividad del fuego de artillería depende directamente de la precisión, la oportunidad y la continuidad del proceso de adquisición de objetivos. En este proceso se detecta, identifica, localiza, designa y se realiza seguimiento de los blancos y es un componente esencial del sistema de apoyo de fuegos porque permite aplicar correctamente el poder de combate sobre el adversario. La doctrina militar contemporánea señala que la efectividad del fuego indirecto está sujeta a la calidad de la información conseguida y su integración al ciclo de decisión, lo que se consigue a través de capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR) fundamentales para la conducción de operaciones (NATO, 2021).

En el Ejército del Perú el proceso de adquisición de blanco está estrechamente vinculado al proceso de selección de blancos que, sigue una secuencia sistemática orientada a la detección, decisión, ataque y evaluación (D3A), que forma parte del proceso militar de toma de decisiones. Este concepto permite reconocer, ordenar de importancia y anular blancos de gran valor, coordinando la maniobra con el apoyo de fuegos, logrando el empleo eficiente de los sistemas de armas disponibles (Silva Farroñán, 2021). A pesar de los avances, diversos estudios doctrinales a nivel nacional han puesto de relieve brechas críticas en la integración de los sensores y medios de reconocimiento con los sistemas de adquisición de blancos. Esta falta de cohesión retarda la creación de inteligencia temprana y compromete, como consecuencia directa, la eficacia del apoyo de fuegos de nuestras unidades de artillería (Mellado, 2023).

En este sentido, los sistemas aéreos no tripulados y los sensores avanzados, gracias a la evolución tecnológica, se han convertido en un componente esencial de los sistemas de adquisición. No son solamente vehículos para volar, sino también para navegar en un entorno altamente hostil y superar los límites geográficos sin una exposición innecesaria del personal. Hoy con sensores electroópticos, infrarrojos y de georreferenciación podemos obtener

información exacta y en tiempo real. Eso cambia la manera en que buscamos y atacamos los objetivos en el campo de batalla. Su trabajo en las operaciones actuales ha demostrado que reduce de forma significativa los tiempos del ciclo de adquisición de blancos, mejora la precisión de la corrección del tiro y perfecciona la estimación de los daños después del tiro, haciendo más eficaz el apoyo de fuegos (Armada Española, 2022).

Sin embargo, Loredó Reyes (2022) sostiene que, a pesar de que el Ejército peruano ha incorporado sistemas de artillería de vanguardia, tales como los lanzacohetes múltiples MLRS 90-B, la implementación de estos últimos se ve obstaculizada por la ausencia de protocolos estandarizados, la falta de una doctrina propia y la carencia de formación especializada del personal. Estas limitaciones han impedido que se puedan incorporar de forma efectiva a las operaciones. En este sentido, se pone en evidencia que la incorporación de tecnología sin una adecuada integración doctrinaria y operativa no garantiza el incremento de la eficacia del fuego, siendo necesario articular los sistemas de armas con los procesos de adquisición de blancos y las capacidades ISR.

A pesar de los avances tecnológicos disponibles, en unidades como el Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9, perteneciente a la 7ª Brigada de Infantería del Ejército del Perú y ubicado en la región Lambayeque, aún se evidencian limitaciones en los procedimientos tradicionales de adquisición de objetivos. Estas limitaciones se reflejan en la dependencia de observadores adelantados con medios ópticos convencionales, la limitada capacidad de reconocimiento en profundidad, la escasa disponibilidad de sistemas aéreos no tripulados y la falta de integración de sensores modernos, lo que afecta la precisión del fuego, incrementa los tiempos de reacción y reduce la eficacia del apoyo de fuegos en operaciones.

Como respuesta a esta problemática, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional tiene como propósito, fortalecer el proceso de adquisición de objetivos mediante la integración de sensores y drones tácticos, a fin de optimizar la eficacia del fuego en el Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9. La propuesta está orientada a mejorar la detección, identificación y designación de blancos en tiempo real, aumentar la capacidad de observación en profundidad, disminuir los tiempos del ciclo de fuego y fortalecer la toma de decisiones del comandante a nivel táctico, lo cual

contribuirá a la modernización del sistema de apoyo de fuegos. El presente trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos. En el Capítulo I se presenta la información general de la unidad, incluyendo su misión, visión y funciones. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, abordando antecedentes, bases conceptuales y términos relacionados con la adquisición de objetivos, el empleo de drones tácticos, sensores y la eficacia del fuego de artillería. Finalmente, en el Capítulo III se expone el desarrollo del tema, donde se realiza el diagnóstico de la situación actual del proceso de adquisición de objetivos en la unidad y se plantea una propuesta de innovación orientada a mejorar su desempeño operativo.

CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Descripción de la dependencia o unidad.

El Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9 constituye una unidad orgánica de la 7ª Brigada de Infantería, integrante de la I División de Ejército, con jurisdicción en la región Lambayeque. La unidad forma parte del sistema de combate terrestre como parte del sistema de apoyo de fuegos y cumple un rol decisivo en la generación de efectos sobre el enemigo a través del empleo del fuego indirecto. También participa activamente en la gestión del riesgo de desastres, contribuyendo con sus capacidades operativas y logísticas en acciones de prevención, reducción, preparación, respuesta y rehabilitación ante emergencias y desastres en su jurisdicción, conforme a lo establecido en la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

Tiene su origen en el Decreto Supremo N° 245-IGE de 1941, mediante el cual fue organizada como unidad de artillería montada a lomo, participando activamente en el conflicto con el Ecuador de ese año. Posteriormente, por medio del Decreto Supremo N° 31-IGE/IM de 1949, pasa a llamarse Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9. Durante su historia, la unidad ha intervenido en los conflictos contra el Ecuador en los años 1941, 1981 y 1995, consolidando una importante experiencia operativa en apoyo de fuegos en escenarios de combate real.

Bajo la doctrina del Ejército del Perú, el Grupo de Artillería de Campaña (GAC) se erige como la unidad táctica fundamental para el respaldo de la Gran Unidad de Combate. Su rol no es estático; implica liderar la integración de todos los medios disponibles desde la planificación hasta la ejecución misma de las operaciones (Ejército del Perú, 2013, ME 6-311). En la práctica, el apoyo de fuegos es el motor que moldea la maniobra terrestre. No se trata solo de disparar, sino de neutralizar o suprimir objetivos estratégicos para alcanzar esa superioridad operativa que decide el rumbo del combate (Ejército del Perú, 2015, ME 6-21).

Si analizamos el GAC desde una óptica sistémica, vemos que funciona como un engranaje donde la detección, el procesamiento de datos y la dirección de tiro deben estar perfectamente alineados. Como bien señalan autores como Rico (2025) y Kruger (2021), la eficacia real de la artillería hoy depende de qué tan fluido sea el ciclo 'sensor-tirador'. La meta es clara: transformar la información en efectos tácticos en cuestión de segundos. En este sentido, la precisión y la oportunidad de los datos no son solo deseables, son factores críticos para que el sistema no falle.

Esta evolución ha llevado a que el combate moderno transite hacia esquemas de integración total. Según el Defence Science and Technology Group (2019), la clave actual reside en conectar sensores y sistemas de control para acelerar la toma de decisiones. Al reducir drásticamente el tiempo que transcurre entre la identificación de un blanco y su neutralización, el sistema de apoyo de fuegos se ve obligado a ser mucho más ágil, exigiendo niveles de interoperabilidad y flujos de información que antes eran impensables.

En términos organizacionales, el Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9 está constituido por un Comando y Estado Mayor, elementos de dirección de fuegos, baterías de tiro y elementos de apoyo de servicios y logístico, lo que le permite operar con autonomía táctica y administrativa (Ejército del Perú, 2013, ME 6-311). Esta estructura asegura la continuidad del apoyo de fuegos, la flexibilidad en el empleo de los medios y la adaptabilidad a los distintos escenarios operacionales, tanto en situaciones de conflicto armado como en operaciones de apoyo a la población y al desarrollo nacional en su área de responsabilidad.

El GAC se caracteriza doctrinalmente por su capacidad de concentración de fuegos, movilidad táctica y proyección en profundidad, lo cual le permite actuar sobre blancos fuera del contacto directo influyendo decisivamente en el desarrollo del combate (Ejército del Perú, 2015, ME 6-21). Sin embargo, en la actualidad estas capacidades están directamente condicionadas por la eficiencia del proceso de adquisición de objetivos.

Las experiencias vividas en los conflictos más recientes han demostrado que la integración de los sistemas aéreos no tripulados permite mejorar sensiblemente la vigilancia, la identificación de los objetivos y la corrección del tiro en tiempo real, haciendo más preciso el fuego y reduciendo los tiempos de

respuesta (Prabhu, 2020; Army Recognition, 2023). Estos sistemas también ayudan a acortar el ciclo sensor–tirador, un factor determinante para la eficacia del apoyo de fuegos (European Security & Defence, 2025).

En consecuencia, el análisis del Grupo de Artillería de Campaña “Marcavalle” N° 9 debe abordarse desde una perspectiva integral, en la cual el apoyo de fuegos se concibe como un sistema cuya eficiencia depende directamente de la capacidad de detectar, identificar y designar objetivos en tiempo real. Además, su participación en la gestión del riesgo de desastres demuestra la versatilidad de sus capacidades, y muestra su empleo no solo en escenarios de combate sino también en apoyo a la población y al Estado, siendo este un aspecto relevante del presente trabajo.

1.2. Tipo de actividad que desarrollé

En mis funciones en el Grupo de Artillería de Campaña “Marcavalle” N° 9, me integré directamente al sistema de apoyo de fuegos de la 7ª Brigada de Infantería. En este puesto pude formar parte activa de la planificación y ejecución del fuego indirecto, cubriendo los procesos técnicos y tácticos que exige la unidad. Para ello, mi labor se centró en el ciclo de apoyo de fuegos, proceso que se articula en etapas críticas, conforme a la doctrina (Ejército del Perú, 2015, ME 6-21), desde la adquisición de objetivos y el procesamiento de datos hasta la ejecución del tiro y la evaluación de daños posteriores. En la práctica el ciclo es mucho más que una sucesión de pasos, es el mecanismo a través del cual la información del campo de batalla se transforma en efectos reales sobre el adversario.

Estudiando la operación desde el campo pude comprobar que, sin duda, el componente más sensible es la adquisición de blancos. De nada sirve tener potencia de fuego si la información inicial no es precisa u oportuna. Por ello, me enfoqué en tareas de observación y localización, tratando de integrar datos de diversas fuentes para mejorar la designación de los objetivos. Esta necesidad de inmediatez no es casual; autores como Rico (2025) y Kruger (2021) subrayan que el éxito del fuego moderno depende de reducir al mínimo el tiempo de toma de decisiones. Hoy, la tecnología permite que sensores y sistemas de procesamiento optimicen este flujo (Defence Science and Technology Group, 2019), algo que pude corroborar al aplicar procedimientos de apreciación de situación y planificación según el manual ME 6-21.

Sin embargo, al ejercer una mirada crítica sobre nuestras capacidades actuales, detecté limitaciones importantes. Seguimos dependiendo excesivamente de métodos de observación tradicionales que, ante la falta de tecnologías emergentes, generan demoras evitables. Estas brechas no solo ralentizan la identificación de blancos, sino que merman la capacidad de respuesta de toda la unidad.

La evidencia es contundente: el uso de drones tácticos (UAV) cambia las reglas del juego. Como indican Prabhu (2020) y reportes de Army Recognition (2023), estos sistemas simplifican la corrección del tiro y disparan la precisión del fuego. Al integrar este tipo de tecnología, el ciclo 'sensor-tirador' se vuelve mucho más corto y eficiente (European Security & Defence, 2025).

A raíz de esta experiencia, identifiqué una distancia real entre lo que la doctrina nos exige y las herramientas con las que contamos en la unidad. Es precisamente esa brecha en la adquisición de objetivos la que da origen a este Trabajo de Suficiencia Profesional. Mi propuesta busca fortalecer este proceso mediante la incorporación de sensores y drones, con el objetivo de modernizar y optimizar la eficacia del fuego en el GAC 'Marcavalle' N° 9.

1.3. Lugar y fecha

Mi labor profesional se desarrolló en el Grupo de Artillería de Campaña 'Marcavalle' N° 9, unidad fundamental de la 7ª Brigada de Infantería (I División de Ejército) asentada en la región de Lambayeque.

Durante el periodo comprendido entre 2014 y 2016, me integré plenamente en la dinámica de la unidad, participando en actividades operativas, de instrucción y entrenamiento enfocadas en mantener nuestra capacidad de respuesta dentro del sistema de apoyo de fuegos. En estos años, la doctrina institucional dejó de ser solo teoría para convertirse en práctica diaria, ejecutando los procedimientos de planificación y conducción del fuego indirecto bajo los estándares del manual ME 6-21 (Ejército del Perú, 2015).

Más allá del cumplimiento de las funciones asignadas, este tiempo en el terreno fue revelador desde una óptica analítica. Me permitió observar de primera mano cómo opera realmente el sistema de apoyo de fuegos en el nivel táctico y, fundamentalmente, identificar las brechas críticas en la adquisición de objetivos. Fue evidente que la dificultad para obtener información oportuna es el factor que más condiciona la toma de decisiones en el campo.

1.4. Misión

El Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9 tiene como misión proporcionar apoyo de fuegos a la 7ª Brigada de Infantería, mediante la planificación, coordinación y ejecución de fuegos, con la finalidad de contribuir al cumplimiento de la misión de la gran unidad de combate.

Este apoyo se orienta a la neutralización, supresión o destrucción de objetivos, así como a la desorganización del sistema enemigo, facilitando la maniobra de las fuerzas propias y permitiendo la obtención de superioridad en el campo de batalla (Ejército del Perú, 2015, ME 6-21).

La misión de la unidad está en consonancia con la misión institucional del Ejército del Perú, que postula como objetivo primordial "el control, la vigilancia y la defensa del territorio nacional y los intereses nacionales frente a cualquier amenaza o agresión, empleando el poder militar terrestre" (Ejército del Perú, 2023).

Dentro de este marco, la realización de la misión del Grupo de Artillería de Campaña se fundamenta en la integración eficaz del sistema de apoyo de fuegos, en el que la identificación de objetivos, la orientación de tiro y la ejecución del fuego son componentes fundamentales para producir efectos precisos y oportunos sobre el adversario.

1.5. Visión

La Visión del Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9, es consolidarse como una unidad eficiente, moderna y altamente operativa dentro del sistema de apoyo de fuego, capaz de incorporar tecnologías emergentes y procedimientos doctrinales para maximizar la eficacia del fuego en el campo de batalla. En línea con la visión estratégica y la perspectiva institucional que sustenta al Ejército Peruano, reafirma su compromiso de consolidar una fuerza no sólo disuasoria y respetada por su capacidad militar, sino también reconocida por su integridad y su rol en la sociedad, siempre preparada para responder eficazmente a las demandas y desafíos del teatro de operaciones contemporáneo. (Ejército Peruano, 2023). Con esta premisa fundamental, la proyección de nuestra unidad no solo es teórica, sino que busca mejorar sus capacidades operativas mediante la incorporación de sistemas avanzados, que permitan una aceleración sustancial de la detección, identificación y designación de objetivos en tiempo real. Este esfuerzo de

modernización es clave, pues la integración de estas herramientas logra una optimización integral de cada fase del ciclo de apoyo de fuego, lo que resulta en un aumento notable en la precisión de los efectos y mayor impacto al atacar objetivos en el campo de batalla, asegurando así que la respuesta de la artillería sea tan oportuna como precisa. Desde la perspectiva doctrinal moderna, este concepto se corresponde con la necesidad de integrar los sistemas de sensores, mando y control, y medios de ejecución, a fin de optimizar el ciclo sensor-tirador y mejorar la efectividad operativa (Defence Science and Technology Group, 2019; Kruger, 2021).

1.6. Funciones del puesto que ocupé

A lo largo del periodo comprendido entre los años 2014 y 2016, el desempeño de mis funciones en el Grupo de Artillería de Campaña 'Marcavalle' N° 9 estuvo estrechamente vinculado al cumplimiento de las misiones tácticas dentro del sistema de apoyo de fuegos. Mi labor no se limitó a la ejecución mecánica de tareas, sino que implicó una integración constante en los procesos que garantizan la operatividad de la unidad en el terreno. Entre las responsabilidades de mayor impacto que asumí, destacan las siguientes:

- Intervención activa en el proceso crítico de adquisición de objetivos; participé de manera directa en la observación, localización y designación de blancos en el campo. Esta labor fue fundamental, ya que la precisión en la identificación inicial es lo que permite generar inteligencia técnica de valor, asegurando que el empleo de los fuegos sea exacto y cumpla con la finalidad táctica prevista en cada misión.
- Soporte en la planificación del apoyo de fuegos; colaboré en el diseño de los planes de fuego aplicando con rigor los procedimientos doctrinarios vigentes. Para ello, se empleó la apreciación de la situación como herramienta analítica, lo que nos permitió determinar, bajo un criterio técnico, cuál era el empleo más adecuado de los medios y piezas disponibles según el escenario operativo (Ejército del Perú, 2015, ME 6-21).
- Enlace y coordinación con los elementos de mando y control; actué como un facilitador en la integración de la información proveniente de diversos niveles, asegurando que las misiones de fuego se ejecutaran bajo una sincronización perfecta entre quienes dirigen la operación y quienes operan los sistemas de armas.

- Supervisión técnica en la ejecución del tiro; mi responsabilidad incluyó la comprobación exhaustiva de la correcta aplicación de los datos de tiro antes de cada apertura de fuego. Esta tarea de control fue fundamental para asegurar, no sólo el cumplimiento de las órdenes impartidas por el escalón superior, sino también la seguridad y eficacia del material y del personal.
- Identificación, elección y ocupación de posiciones; intervine en las maniobras logísticas y tácticas para el despliegue de la unidad. Esto implicó evaluar el terreno para que los medios de fuego pudieran tener las condiciones adecuadas de emplazamiento, protección y visibilidad, que son necesarias para batir con éxito los objetivos.
- Seguimiento del sistema de comunicaciones; apoyé en el control de redes de comunicación de la unidad. El objetivo primordial era asegurar el fluido y puntual traslado de la información, descartando cualquier posible interrupción que pudiera poner en riesgo la coordinación de las operaciones en tiempo real.
- Compromiso con la instrucción y entrenamiento operativo; me involucré continuamente en las prácticas de instrucción orientadas a potenciar las destrezas de la unidad. Estas actividades de entrenamiento fueron el motor que permitió el mantenimiento del alistamiento y la capacidad de respuesta ante las exigencias del servicio.

Desde una perspectiva profundamente analítica, la evolución de estas funciones en el terreno ha puesto de manifiesto una lección fundamental: la eficacia de un sistema de apoyo de fuegos no es un evento aislado, sino un resultado sistémico. Es obvio que el éxito de la misión está ligado intrínsecamente a la calidad de ejecución del proceso de adquisición de objetivos y a la fluidez con que se integran todos los componentes del sistema. En el entorno del combate moderno, en el que prima la velocidad y la precisión, estos aspectos dejan de ser simples requisitos para transformarse en los fundamentos de la superioridad operativa (Rico, 2025; Defence Science and Technology Group, 2019).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En Sudamérica, sobresale dentro de la doctrina la investigación de Mazza (2023), que lleva por título "Tecnología UAV (aeronaves no tripuladas) para aplicarse en la defensa, vigilancia y control de los espacios marítimos". El presente trabajo se llevó a cabo en la Escuela de Guerra Naval de la República Argentina, con el objetivo de obtener el grado de Maestro en Estudios Estratégicos, bajo un enfoque cualitativo – descriptivo para examinar la factibilidad de los sistemas UAV como núcleo de un sistema integrado de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR).

Los hallazgos de Mazza son reveladores, logrando corroborar que el empleo de estas plataformas aéreas genera un salto cualitativo en la capacidad de monitoreo de los espacios operativos, simplificando tareas críticas tales como la detección, identificación y, fundamentalmente, la iluminación de blancos en tiempo real. El estudio llega a la conclusión de que esos sistemas no sólo mejoran la calidad de la información disponible para el comando, sino que reducen drásticamente la dependencia de los métodos convencionales, más lentos y costosos. Este antecedente es vital para mi estudio, ya que confirma la hipótesis de que el dron es el elemento catalizador para optimizar la detección de blancos en el marco del sistema moderno de apoyo de fuegos.

Sauser (2024) en su trabajo presentado en la Escuela de Posgrado Naval de los Estados Unidos, "The Employment of Unmanned Aerial Vehicles in the Russo-Ukrainian War: Una innovación disruptiva para el ejército", la presente tesis de maestría en Security Studies empleó un método cualitativo-analítico con el objetivo de evaluar el impacto de los UAV en la transformación de las operaciones de alta intensidad.

El autor afirma que el empleo intensivo, sistemático y metódico de drones ha modificado significativamente la conducción de las operaciones, al permitir una producción casi inmediata de inteligencia que redefine las dinámicas

tácticas en el campo de batalla. Uno de los aportes más importantes de su estudio es explicar cómo los UAV han logrado acortar de manera importante el ciclo de adquisición y ataque, el proceso sensor-to-shooter, dando a la artillería una capacidad de respuesta mucho más ágil y precisa. De igual forma, Sauser añade conceptos novedosos como el uso de enjambres de drones y el targeting asistido por algoritmos, lo que hace más necesaria la orientación de la presente investigación en tecnologías emergentes, para no perder la ventaja táctica en escenarios de combate contemporáneos.

Desde un punto más técnico, el trabajo de investigación llevado a cabo por Herrera (2024) en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y publicado con el título "Autonomous UAV Navigation Using Millimeter Wave Radar", establece una base fundamental para comprender el desarrollo tecnológico de estas capacidades. El presente trabajo de investigación, realizado como requisito para obtener el título de maestro en Ingeniería Eléctrica, tuvo un enfoque cuantitativo-experimental con énfasis en el diseño de sistemas autónomos de navegación a través de sensores de onda milimétrica.

En conclusión, dice Herrera, la autonomía de vuelo respaldada por sensores avanzados mejora sustancialmente la localización y el reconocimiento de blancos en escenarios geográficamente complejos o electromagnéticamente saturados. El estudio revela que la automatización no solo mejora la eficacia de la vigilancia, sino que también disminuye el error humano y acelera los tiempos de respuesta operativa en las misiones de adquisición de blancos. Este antecedente es el respaldo técnico de mi propuesta de integrar sensores de última generación a los drones tácticos del GAC N° 9, para lograr que la captación de datos sea exacta, de forma métrica.

El trabajo doctoral de Hafeez (2024) en la University of Glasgow, titulado "Blockchain-based secure unmanned aerial vehicles (UAV) in network design and optimization", también estudia la arquitectura de las redes de drones mediante un enfoque mixto. Su propósito era optimizar las operaciones en tiempo real a través de redes de comunicación seguras.

Los hallazgos de Hafeez demuestran que los UAV son tecnologías transformadoras cuya efectividad depende de la fluidez y la seguridad de la transmisión de datos. Las investigaciones demuestran que una red de drones bien integrada, no sólo mejora la conciencia situacional sino que es capaz de

acortar los ciclos de decisión estratégica, permitiendo al mando actuar con mayor eficiencia en entornos hostiles. El estudio de Hafeez resulta de una lectura fundamental para este Trabajo de Suficiencia Profesional ya que demuestra que para que el apoyo de fuegos sea realmente efectivo la tecnología debe ir de la mano con un flujo de información optimizado.

Por último, sobre la precisión dinámica de vuelo, no podemos dejar de mencionar a Candan (2023) y su trabajo "Methods for control and state estimation of unmanned aerial vehicles", tesis doctoral realizada en la University of Sheffield. Con un rigor cuantitativo-experimental, Candan trató de perfeccionar los métodos de control y de estimación de estado mediante algoritmos de alta complejidad.

Sus resultados demostraron que la implementación de estos avanzados modelos permite una mayor estabilidad del UAV en contextos dinámicos y climas adversos, lo que se traduce en una localización de objetivos mucho más precisa. Candan explica que sin los sofisticados algoritmos de seguimiento de la trayectoria la misión pierde fiabilidad. Por tal motivo, este antecedente pasa a ser un pilar para mi investigación, resaltando que el desarrollo tecnológico del dron es la base sobre la cual se construye la precisión de la artillería moderna, asegurando que la identificación del blanco sea siempre fiel, antes de la ejecución del fuego.

2.1.2 Nacionales

Dentro del ámbito de la doctrina militar peruana resulta de relevante importancia el análisis de la tesis de maestría de Revilla (2025), "Empleo de drones en las capacidades militares de la fuerza terrestre del Perú, 2024-2025". El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Escuela Superior de Guerra del Ejército – Escuela de Posgrado para obtener el grado de Maestro en Ciencias Militares, bajo un enfoque cualitativo-hermenéutico, con el objetivo de proponer una organización doctrinaria para el empleo de aeronaves no tripuladas dentro de nuestras Grandes Unidades.

Revilla pone sobre la mesa una realidad crítica, los drones dejan de ser meros instrumentos de vigilancia secundaria para formar parte integrante de las funciones de combate, incidiendo de forma determinante sobre el componente de fuegos. Sus resultados indican que la posibilidad de obtener información en tiempo real para la designación de los objetivos mejora la

precisión, la oportunidad y la continuidad del apoyo de fuego de artillería. Sin embargo, el autor lanza una advertencia institucional sobre la ausencia de una estructura organizada, lo cual limita seriamente su empleo eficiente. Este antecedente resulta de importancia fundamental para mi investigación en el GAC N° 9, pues confirma que la eficacia de la artillería no reside sólo en la potencia de la boca de fuego sino en la sofisticación del proceso de adquisición de blancos que la precede.

Desde el punto de vista de las operaciones de maniobra y la eficiencia táctica, Acosta (2023) hace una importante contribución técnica en su tesis de maestría "Implementación de drones en operaciones y acciones navales en los Batallones de Maniobra de la Brigada Anfibia de la Fuerza de Infantería de Marina del Perú". Acosta evalúa, desde un enfoque mixto, la forma en que la tecnología UAV redefine la eficiencia operativa en escenarios de alta complejidad, desarrollando su trabajo en la Escuela Superior de Guerra del Ejército para obtener el grado de Maestro en Ciencias Militares.

Lo más interesante de sus resultados es la importancia que concede a la elección técnica de la plataforma, estableciendo que son factores como la autonomía de vuelo, la calidad de los sensores integrados y la interoperabilidad los que realmente determinan si la detección de un objetivo será exitosa. Esa investigación refuerza mi posición de que fortalecer el apoyo de fuegos no es solamente adquirir equipos, sino seleccionar el binomio plataforma-sensor adecuado para acortar los plazos de adquisición de información y asegurar que los datos que llegan al Centro de Dirección de Tiro (CDT) sean precisos.

Acompañando este análisis, resulta imperioso hacer mención a la tesis de maestría de Chaparro, Delgado y Alfaro (2018), "Empleo de drones en apoyo a las misiones de reconocimiento y protección de la 3ª Brigada de Caballería", igualmente desarrollada en la Escuela Superior de Guerra del Ejército para obtener el grado de Maestro en Ciencias Militares. Los autores utilizan un enfoque cuantitativo-correlacional para examinar el impacto directo que tiene el uso de drones sobre el éxito de las misiones de reconocimiento.

Sus conclusiones son contundentes, el empleo de UAV multiplica exponencialmente la capacidad de observación del campo de batalla, lo cual hace que las unidades puedan operar con un nivel de seguridad y operatividad superior gracias a la obtención de información relevante para la toma de

decisiones. Este antecedente para mi estudio en el GAC N° 9 es fundamental para argumentar que el reconocimiento aéreo es la fase previa indispensable para una adquisición de objetivos moderna, posibilitando que la artillería se transforme de una postura reactiva a una proactiva.

Incluyendo las lecciones que nos deja la guerra contemporánea, Barzola y Niquén (2023) presentan su tesis de maestría, "La efectividad de los drones como parte de la función de combate fuegos en la guerra ruso-ucraniana, 2023", a sostenerse en la Escuela Superior de Guerra del Ejército, para obtener el grado de Maestro en Ciencias Militares. Los autores muestran, a través de un método cualitativo-hermenéutico, cómo el dron es hoy el indiscutible protagonista del proceso de targeting.

Sus resultados demuestran que la incorporación de estos sistemas a la función de combate fuegos aumenta drásticamente la precisión en la selección de blancos de alto valor. El estudio concluye que los drones han alterado de forma permanente el empleo de la artillería al acortar el ciclo "sensor-tirador", lo que permite generar efectos letales con una mayor eficacia. Este antecedente es el que más tiene que ver con mi propuesta técnica, ya que demuestra que el éxito de la misión de fuego en el siglo XXI depende casi exclusivamente de lo bien que integremos los drones tácticos a nuestra cadena de mando y control.

Por último, desde una perspectiva de gestión estratégica y de seguridad de activos, citamos la tesis doctoral de Mancisidor Zorrilla (2021), "Uso de drones para mejorar la gestión de la seguridad del Palacio de Gobierno del Perú – año 2021", elaborada en el Instituto Científico y Tecnológico del Ejército (ICTE) para optar el grado de Doctor en Gestión y Desarrollo. Su investigación está basada en un enfoque cuantitativo-correlacional para demostrar científicamente que existe relación directa y positiva entre la utilización de UAV y la optimización de la vigilancia y el control.

La información en tiempo real es el núcleo de cualquier defensa efectiva y, según Mancisidor, la solidez tecnológica depende de la capacitación del personal y la adecuada integración técnica. Aunque su marco es la seguridad de las instalaciones, estas observaciones son perfectamente aplicables al sector de artillería en el GAC N° 9, ya que la mejora de la cobertura de vigilancia y la identificación temprana de amenazas son la base de un sistema moderno de

apoyo de fuego. Esta tesis doctoral es la base metodológica para demostrar que la precisión de los datos obtenidos por un dron es el factor determinante para el éxito de la misión operativa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ciclo sensor–tirador

El ciclo tirador-sensor, tal vez pueda parecer como una secuencia administrativa, ahora se ha convertido en la columna vertebral de la lucha terrestre efectiva en una guerra moderna. Este proceso se define como el mecanismo básico por el cual la información bruta recibida de varios sensores de terreno es interpretada y cristalizada en acciones de disparo letales y precisas dirigidas hacia un objetivo deseado. El engranaje operativo gira en fases: detección inicial e identificación positiva; análisis de datos; y decisión sobre la ejecución del disparo. A largo plazo, la velocidad con la que se desarrolle este ciclo dictará quién queda al mando en una guerra donde cada segundo cuenta. Este enfoque ha llegado a ser visto desde una perspectiva científica y doctrinal como un mecanismo expedito para minimizar significativamente el período de tiempo entre el momento en que se localiza el objetivo y su aniquilación final. Minimizar la latencia no es un mito técnico, es una necesidad táctica, aumentando exponencialmente las posibilidades de éxito, ya no permitiendo al enemigo reaccionar o cambiar de posición.

Cuantitativamente, la integración equilibrada de sistemas de inteligencia y potencia de fuego permite una optimización sin precedentes del ciclo mencionado; minimizar el ruido en la transmisión de datos y aumentar la precisión en la toma de decisiones conduce a una letalidad mucho mayor (Prabhu, 2020). Es fácil ver, por lo tanto, que maximizar el proceso de adquisición de objetivos —la fase embrionaria y más sensible de todo el ciclo— es una misión imperativa para cualquier unidad de artillería que desee sobresalir. Si la captura inicial falla o es lenta, todo el apoyo de fuego posterior es inútil. Este es el desafío técnico y operativo exacto que constituye el núcleo central de mi investigación, orientada a transformar cómo el GAC N° 9 encuentra y bate sus objetivos en el campo de batalla moderno.

2.2.2. Sistemas ISTAR

En el teatro de operaciones moderno, este sistema es el "sistema nervioso" de la fuerza, reuniendo la masa dispersa de información y

condensándola en una conciencia situacional fuerte y coherente. Con una visión fresca y siempre en la vanguardia, ISTAR es el centro de todo el procesamiento de información, facilitando al mando la toma de decisiones críticas, y una ejecución mucho más ágil y eficaz de todas las operaciones. La sofisticación de los sistemas ISTAR actuales, tanto desde el punto de vista científico como doctrinal, reside en su capacidad de integrar la fusión de datos multidominio. Se basan en la integración de múltiples fuentes de datos, desde sensores remotos, pasando por UAVs, análisis avanzado de datos o sistemas de inteligencia de señales, y están bien documentados en la literatura especializada.

Esta confluencia de tecnologías brinda una capacidad importante para la optimización in situ de la detección en tiempo real y la caracterización de objetivos, lo cual permite al comandante no sólo saber dónde se encuentra el enemigo, sino también lo que está haciendo y cuáles son sus vulnerabilidades inmediatas (Watts, 2020). La estructura central del proceso de identificación de objetivos es el sistema ISTAR. La fuerza real está en el poder de procesar la información, de convertir los datos brutos del entorno en inteligencia táctica. Para una unidad de artillería, como el GAC N° 9, es lo que hará la diferencia entre un disparo de área o un apoyo de fuego con precisión quirúrgica. Por último, la correcta implementación de un marco moderno de ISTAR, permitirá que cada misión de fuego cuente con información precisa, oportuna y verificada, dando efectividad operativa en la guerra actual.

2.2.3 Sistemas aéreos no tripulados (UAV) en la adquisición de objetivos

En los últimos diez años, los vehículos aéreos no tripulados (UAVs) han evolucionado de ser un elemento complementario para convertirse en una de las innovaciones más disruptivas en el arte de la guerra moderna. Su capacidad de vuelo es de verdadera importancia, pero también lo es su versatilidad táctica para realizar misiones de inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento (ISTAR) con una precisión sin precedentes. El comandante de artillería no solo puede llevar a cabo su poder de observación sin arriesgar la integridad física de su personal en ningún momento —ya que los UAVs operan en lugares de alta amenaza donde tal riesgo sería impensable para aeronaves tripuladas— sino también proyectar su poder de observación de manera profunda y persistente.

Desde el aspecto de la ciencia y la ingeniería de defensa, los vehículos aéreos no tripulados funcionan de tal manera que pueden servir como plataformas de sensores multiespectrales. No solo se trata de la vista en el campo de batalla, sino también de trabajar con datos complejos en tiempo real. Liu et al. (2025) señalan que los avances en cámaras electro-ópticas de alta resolución, sensores infrarrojos, radares de apertura sintética y técnicas avanzadas de procesamiento de datos son parte del espectro avanzado de integración de sensores que ha llevado a una mejora significativa en la detección, identificación y seguimiento de objetivos en movimiento. Es precisamente este "bloqueo" de un objetivo en condiciones meteorológicas adversas o en áreas densamente pobladas lo que aumenta exponencialmente la eficiencia general de la adquisición.

Así que los vehículos aéreos no tripulados en nuestra unidad ya no son observadores; son sensores inteligentes integrados en el sistema de apoyo de fuego como tal. Son los ojos del GAC N° 9 en el espacio aéreo enemigo; esto eleva el nivel de información obtenida. Al aumentar la precisión de las coordenadas y reducir la incertidumbre táctica, estos sistemas aseguran que cada misión de fuego se realice de manera más efectiva, un hecho que tiene mucho que ver con lograr una efectividad general. Alcanzan efectos de masa y precisión que hacen que el combate contemporáneo sea superior.

2.2.4. Integración de sensores y sistemas de información

La llegada de sensores de tecnología avanzada y sistemas informáticos no es simplemente una mejora, sino que es el núcleo de la revolución que se ha convertido desde entonces para los sistemas de combate actuales. En la actualidad, la supremacía en el campo de batalla no se limita al número de armas o la cantidad de disparos, sino que también se define en términos de la capacidad para crear, manejar y distribuir información importante en tiempo real. Esta integración de tecnología informática más allá de las herramientas analógicas de días anteriores es capaz de enfocarse en objetivos con precisión milimétrica y también puede hacer que el tiempo de respuesta sea mucho más corto. Este es un nuevo orden de operaciones donde el ritmo de procesamiento de datos ya no es un desafío técnico, es una ventaja táctica para que la unidad pueda atacar antes de que alguien haya visto siquiera un movimiento. Se conoce como "Fusión de Datos Multisensor" y desde una perspectiva científica

y de ingeniería de defensa, el rendimiento potencial de tales plataformas radica en eso.

La combinación inteligente de la información recibida por la mayoría de los distintos sensores (radares de detección terrestre, sistemas de visión por computadora, redes de comunicación encriptadas) mejora enormemente la precisión de la ubicación del objetivo a gran escala. La referencia cruzada de tales fuentes evita el "ruido" del campo de batalla y elimina las incertidumbres del sistema, mejorando así la fiabilidad del sistema contra cualquier posible interferencia o elementos adversos en el entorno (Jiang et al., 2022). Este híbrido de tecnología permite al sistema determinar no solo dónde está un objetivo, sino qué es y también lo que es táctico, una precisión que sería imposible de obtener utilizando métodos tradicionales.

Como se ha proporcionado, el uso de dicha tecnología sensorial y computacional no solo es para mejorar la identificación aislada del objetivo, sino para mejorarla. Sus efectos son más amplios, de hecho, fortaleciendo el sistema de apoyo de fuego en todos sus aspectos. En una unidad como el GAC N° 9, esta capacidad tecnológica es similar a tener artillería como un arma de precisión quirúrgica. A través de la optimización de la tríada entre precisión, puntualidad y eficiencia, impulsa las operaciones militares de la manera que consume menos recursos, llevando al máximo efecto táctico mientras se adhieren a las necesidades de modernización de nuestra institución en el siglo XXI.

2.3. Términos básicos

2.3.1. Adquisición de objetivos

Proceso sistemático mediante el cual se detectan, identifican, localizan y designan los objetivos en el campo de batalla, empleando medios humanos y tecnológicos, con la finalidad de facilitar el empleo del apoyo de fuegos.

2.3.2. Apoyo de fuegos

Función del sistema de combate terrestre que integra los medios y procedimientos destinados a planificar, coordinar y ejecutar el fuego indirecto para influir sobre el enemigo mediante efectos letales y no letales.

2.3.3. Ciclo sensor-tirador

Proceso operacional que vincula la obtención de información mediante sensores con la ejecución del fuego, comprendiendo fases como detección, identificación, decisión y ataque.

2.3.4. Sistema ISTAR

Sistema integrado que combina inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento, permitiendo gestionar la información del campo de batalla para apoyar la toma de decisiones

2.3.5. Inteligencia militar

Resultado del procesamiento y análisis de información relevante sobre el enemigo, el terreno y el entorno operativo, utilizado para la planificación y conducción de operaciones.

2.3.6. Vigilancia

Actividad continua orientada a observar un área o zona específica con el fin de detectar cambios en la situación táctica o identificar actividades del enemigo.

2.3.7. Reconocimiento

Operación destinada a obtener información específica sobre el enemigo, el terreno o las condiciones del entorno, mediante observación directa o el empleo de sensores.

2.3.8. Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV)

Sistema aéreo que opera sin tripulación a bordo, utilizado principalmente en misiones de inteligencia, vigilancia, reconocimiento y adquisición de objetivos, proporcionando información en tiempo real

2.3.9. Sensor

Dispositivo o sistema capaz de captar información del entorno (visual, térmica, electromagnética, entre otras), permitiendo la detección y localización de objetivos.

2.3.10. Conciencia situacional

Capacidad del comandante para comprender el entorno operativo en tiempo real, incluyendo la ubicación del enemigo, fuerzas propias y condiciones del terreno, facilitando la toma de decisiones.

2.3.11. Targeting (selección de objetivos)

Proceso mediante el cual se identifican, priorizan y seleccionan los objetivos a ser atacados, en función de criterios tácticos, operacionales y estratégicos.

2.3.12. ISR (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)

Conjunto de sistemas y actividades orientadas a la obtención de información mediante inteligencia, vigilancia y reconocimiento, que sirven como base para la toma de decisiones militares

2.3.13. Integración de sensores

Proceso mediante el cual se combinan múltiples fuentes de información provenientes de diferentes sensores para mejorar la precisión, confiabilidad y oportunidad de los datos obtenidos.

2.3.14. Eficacia del fuego

Capacidad del sistema de apoyo de fuegos para lograr los efectos deseados sobre el enemigo en términos de precisión, oportunidad y resultados, en función de la calidad de la información disponible.

CAPITULO III. DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Campo de aplicación

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se circunscribe y encuentra su justificación operativa dentro del sistema de combate terrestre del Ejército del Perú. De manera específica, se enfoca en la función de combate de apoyo de fuegos, tomando como escenario de aplicación real al Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9, unidad orgánica de la 7ª Brigada de Infantería. Esta unidad representa un eslabón fundamental en la potencia de combate de la región, y es aquí donde la teoría académica se confronta con las exigencias del terreno.

Es de absoluta necesidad entender que este proceso no es una tarea aislada, sino la piedra angular sobre la cual se edifican todos los efectos letales sobre el adversario. Es el punto de partida en que la información bruta levantada en el área de operaciones se metaboliza y se convierte en misiones de fuego contundentes. Los sistemas de combate ya no funcionan como compartimentos estancos, según la lógica de los conflictos actuales, sino que ahora se configuran como arquitecturas interconectadas de alta complejidad donde se amalgaman sinérgicamente diversos sensores, redes de comunicación redundantes y plataformas de fuego. En este ecosistema la calidad de los datos y la absoluta celeridad en su transmisión son los factores que dictan, sin ambigüedades, la eficacia operativa sobre el terreno (Hew, 2017).

En términos técnicos el alcance de este trabajo ocurre en la fase embrionaria y vital del ciclo de sensor a tirador. Se trata de un sistema dinámico y nervioso, que establece conexiones en tiempo real entre los sensores dispersos por el campo y las plataformas de fuego, y que es orquestado por eficientes sistemas de mando y control. Este ciclo fluido permite que cualquier observación se convierta en una acción táctica decisiva. En una situación de guerra actual, la letalidad pierde su valor si no se enfrenta a la extrema velocidad de respuesta, y eso es lo que está en el centro de la superioridad operativa (Kruger, 2021).

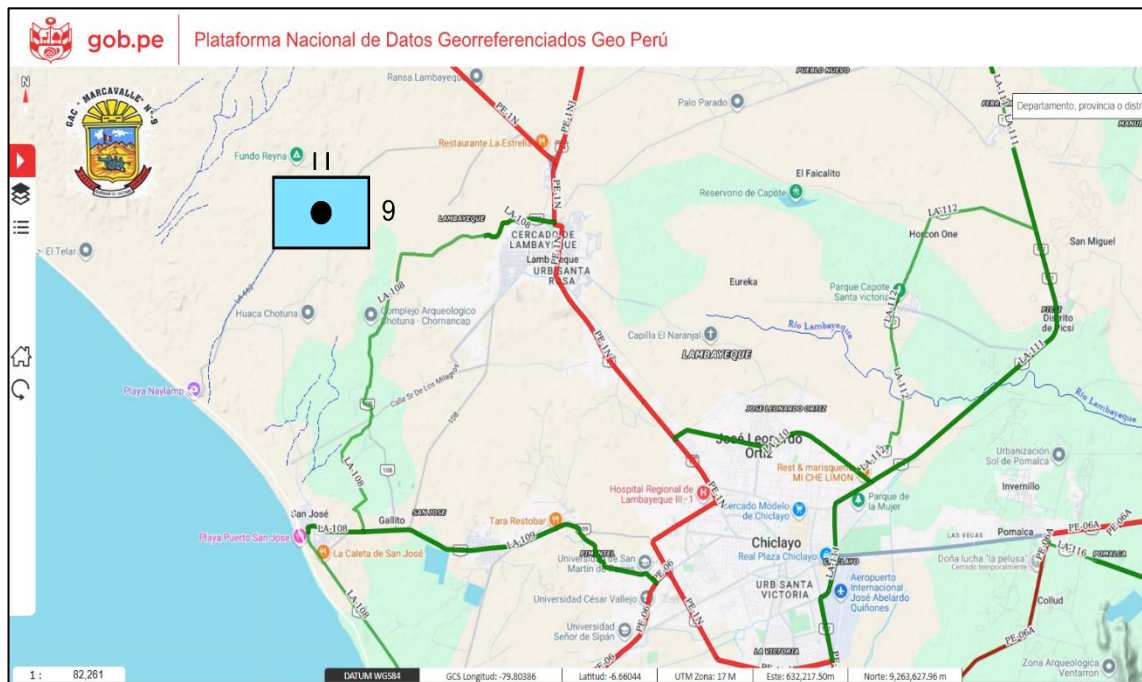
Cuando se trata del teatro de operaciones de la guerra contemporánea, la superioridad ya no se basa en el número de piezas de artillería, sino en la capacidad de comprimir el tiempo. El objetivo final es reducir drásticamente el tiempo transcurrido entre la identificación positiva de un objetivo y su aniquilación definitiva. Investigaciones de vanguardia demuestran que la incorporación de tecnologías disruptivas —inteligencia artificial, automatización de procesos y redes de datos de alta velocidad— permite que este ciclo que se prolongaba por horas ahora se lleve a cabo en minutos o incluso segundos. Es esta “compresión temporal” la que permite una mejora sustancial en la eficacia del sistema de apoyo de fuegos, haciendo que podamos batir al enemigo antes de que pueda reaccionar o cambiar de posición (Horning, 2023).

Paralelamente, el ámbito de aplicación mantiene una vinculación indisoluble con el sistema *ISTAR* (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance) . El *ISTAR* no es un simple acrónimo, sino una doctrina que integra la inteligencia, la vigilancia y el reconocimiento en un sistema orgánico de obtención de datos. Lo que realmente vale este sistema es que pone al comandante en disposición de tener la mayor conciencia situacional que jamás haya tenido. La integración de sensores y plataformas en red elimina las incertidumbres tácticas y optimiza el proceso de toma de decisiones, asegurando que cada tiro de artillería esté respaldado por información exacta y verificada en tiempo real (Elbit Systems, s. f.).

Finalmente, considerando que el escenario bélico actual se caracteriza por una elevada movilidad, la dispersión de las fuerzas y la complejidad de los objetivos ocultos, este trabajo propone la implementación de tecnologías emergentes. Hablamos específicamente de sensores de vanguardia y sistemas aéreos no tripulados (UAV) como nervios integrantes del sistema *ISTAR* del GAC N° 9. La evidencia técnica sugiere que los UAV no son solo vehículos de observación, sino nodos sensoriales avanzados que facilitan la transmisión de información fidedigna al instante. Al procesar datos multisensor de forma simultánea, estos sistemas permiten una priorización de metas mucho más inteligente y respaldan un uso del fuego que es, a la vez, más eficiente y devastador, alineándose con las tendencias de modernización global de la artillería (Melendez, 2002).

En consecuencia, el presente trabajo se aplica en el ámbito del sistema de apoyo de fuegos, específicamente en el fortalecimiento del proceso de adquisición de objetivos mediante la integración de sensores y drones tácticos, con la finalidad de optimizar la eficacia del fuego, reducir los tiempos del ciclo sensor–tirador y mejorar la precisión en la neutralización de objetivos dentro del Grupo de Artillería de Campaña “Marcavalle” N. 9.

Figura 1. Ubicación del Grupo de Artillería de Campaña N° 9 “Marcavalle”.



Fuente: GEOVISOR 2025.

3.2. Tipo de aplicación

El presente trabajo de suficiencia profesional es catalogado como una investigación de tipo aplicada con enfoque tecnológico–operativo e innovador, orientada a la solución de una problemática específica dentro del sistema de apoyo de fuegos, relacionada con las limitaciones existentes en el proceso de adquisición de objetivos en el Grupo de Artillería de Campaña “Marcavalle” N° 9.

Desde el punto de vista de la investigación aplicada, el estudio se orienta hacia la producción de soluciones concretas que permitan mejorar procesos operacionales existentes. En este caso, se trata de optimizar el proceso de adquisición de objetivos, que es la primera fase del ciclo sensor–tirador y un elemento crítico dentro del sistema de apoyo de fuegos. Según la doctrina del

Ejército del Perú el apoyo de fuegos depende directamente de la capacidad de adquirir objetivos con precisión y oportunidad, mediante el empleo integrado de sensores, observadores y sistemas de información (Ejército del Perú, 2015, ME 6-21).

De igual forma, el trabajo tiene un enfoque tecnológico, ya que propone la integración de sensores avanzados y vehículos aéreos no tripulados (UAV) dentro del sistema ISTAR. Esta orientación obedece a la necesidad de integrar tecnologías emergentes que posibiliten el mejoramiento de la obtención, el procesamiento y la explotación de la información en tiempo real. En este contexto, la digitalización del escenario bélico facilita la interconexión de los sensores con los sistemas de comando y control y los medios de ejecución, lo que posibilita la optimización de la velocidad y precisión en la toma de decisiones (Hew,2017).

De igual forma, el presente trabajo se encuentra dentro de una aplicación operativa, ya que tiene como objetivo optimizar la operatividad de un sistema tangible, el sistema de apoyo de fuegos, optimizando sus procesos internos. Es en este contexto que la doctrina institucional postula que el sistema de apoyo de fuegos debe operar de manera integrada, entrelazando la obtención de objetivos, la gestión y supervisión, y los mecanismos de implementación, a efectos de garantizar la eficacia del fuego en apoyo de la maniobra (Ejército del Perú, 2013, ME 6-311).

Asimismo, el presente trabajo está directamente vinculado con los roles estratégicos del Ejército del Perú, los cuales establecen que la institución debe asegurar la independencia, soberanía e integridad territorial, y participar en el orden interno, el desarrollo nacional y la gestión del riesgo de desastres. (Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, 2023).

Dentro de este ámbito, la optimización del proceso de consecución de objetivos para la consolidación del sistema de apoyo de fuegos aporta de forma directa al desempeño del papel estratégico de defensa territorial, incrementando la capacidad de reacción frente a amenazas y mejorando la eficacia de las operaciones militares. Del mismo modo, el progreso de capacidades tecnológicas, como el empleo de drones tácticos, se alinea con los procesos de modernización institucional orientados a hacer frente a amenazas complejas y contextos operativos dinámicos (Farfán y cols., 2016).

El estudio se plantea, además, como una propuesta de innovación táctica al proponer la integración de nuevas competencias tecnológicas y de procedimientos en el seno de una unidad de nivel táctico. En el ejército, la innovación significa emplear de forma eficaz la tecnología, la doctrina y las tácticas para obtener ventajas operativas. En este contexto, la integración de sensores y sistemas en red permite una mejor captura de objetivos mediante la fusión de datos, lo que implica un incremento en la precisión y una reducción en la incertidumbre en el escenario bélico (Diemunsch et al. 1999).

En el combate moderno, donde los encuentros suceden a gran velocidad y es necesario actuar dentro del ciclo de decisión del enemigo, la innovación tecnológica en el campo del targeting resulta ser un factor decisivo. Es por ello que el presente trabajo se clasifica como investigación aplicada de tipo tecnológica y operativa, de enfoque innovador, orientada al fortalecimiento del proceso de adquisición de objetivos a través de la integración de sensores y drones tácticos, con el objetivo de optimizar la eficacia del fuego y contribuir al cumplimiento de los roles estratégicos del Ejército del Perú.

3.3. Diagnóstico

Este análisis crítico del sistema de apoyo de fuegos en el Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9, permite diagnosticar la existencia de brechas estructurales y funcionales que actúan como lastre para la eficacia del fuego en nivel táctico. No son fallos aislados, sino una desconexión sistémica en el proceso de adquisición de blancos que compromete la respuesta de la unidad frente a las amenazas modernas.

A continuación detallo las limitaciones identificadas, ampliando su impacto operativo para sustentar la necesidad de una transformación tecnológica:

- El cuello de botella en la integración de sistemas de información; se evidencia que el flujo de datos entre el sensor y la pieza de artillería sufre de una fragmentación crítica. En la guerra moderna, la potencia de fuego bruta ha pasado a un segundo plano; la verdadera ventaja reside en la velocidad y calidad del flujo informativo dentro del ciclo sensor-tirador (Dodge & Carlton, 2022). En el GAC N° 9, la falta de una plataforma integrada provoca que la información llegue "caducada" a

los medios de ejecución. Esta latencia impide batir blancos dinámicos o de oportunidad, dejando a la unidad en una postura reactiva frente a un adversario que se mueve con mayor agilidad.

- La fricción táctica provocada por los procesos manuales; uno de los hallazgos más determinantes son los retrasos significativos en el ciclo de fuego, derivados de una dependencia excesiva de la recolección y transmisión manual de datos. La doctrina es clara: cualquier segundo que se pierda entre la localización del objetivo y el estallido de la granada reduce drásticamente la probabilidad de éxito, llegando incluso a anular el efecto táctico deseado (U.S. Marine Corps, 1996). En un entorno de combate caracterizado por la alta movilidad, estos procesos manuales generan una "fricción" que permite al enemigo sustraerse del área de impacto antes de que el primer tiro sea efectuado.
- El aislamiento sensorial y la falta de interoperabilidad; existe una limitada capacidad para integrar diversas fuentes de información, lo que restringe la creación de un panorama situacional en tiempo real. La adquisición de blancos moderna exige la fusión de datos (terrestres, aéreos y electrónicos), pero actualmente operamos en silos de información. Esta falta de sinergia genera una incertidumbre peligrosa en la localización exacta y la caracterización de los objetivos. Como señala la literatura especializada, una integración deficiente de sensores degrada directamente la precisión del fuego, aumentando el riesgo de daños colaterales y el desperdicio de munición (Euro-SD, 2022).
- Debilidades en el ciclo PED (Procesamiento, Explotación y Difusión); el sistema de control y mando se ve afectado por dificultades en el procesamiento y difusión de la inteligencia. En el contexto operativo actual, el intercambio de datos desde los escalones de inteligencia hacia las baterías de tiro suele presentar errores o pérdidas de información crítica (U.S. Air Force, 2021). Cuando el comandante toma decisiones basadas en datos insuficientes o desactualizados, la confiabilidad de todo el sistema de apoyo de fuegos se desmorona, afectando la moral y la seguridad de las tropas apoyadas.
- Dependencia de métodos convencionales frente a escenarios dinámicos; se constata una adherencia a métodos de observación

tradicionales que resultan insuficientes para operar en campos de batalla complejos. La identificación de blancos de alto valor hoy requiere de una supervisión persistente y tecnológica que los observadores adelantados tradicionales, por sus limitaciones físicas y geográficas, no siempre pueden proveer. Sin sensores de vanguardia, perdemos la capacidad de intervenir dentro del ciclo de decisión del adversario, permitiéndole mantener la iniciativa.

- Inconsistencias en la metodología D3A (Decide, Detect, Deliver, Assess); desde una óptica doctrinal, el procedimiento de identificación de objetivos es el núcleo de la fase “Detección” en el ciclo D3A. Si la detección no es exacta o es lenta, las fases de ejecución (“Deliver”) y evaluación (“Assess”) no tienen sentido. No disponer de la precisión necesaria en esta etapa inicial no permite seleccionar y priorizar eficazmente los blancos, con efectos negativos para el cumplimiento de la misión estratégica (Department of Defense, 2012).

Este diagnóstico permite concluir que existe una profunda brecha entre las capacidades actuales del GAC N° 9 y los requerimientos del combate contemporáneo, que se caracteriza por la velocidad y la precisión quirúrgica. Los estudios más recientes son enfáticos: para mantener la superioridad, se hace imperativo el transitar hacia ciclos de targeting ágiles que integren sensores y sistemas de fuego en tiempo casi real (Borsari, 2025). Esta es la realidad que da toda la razón a la propuesta de dotar a nuestra unidad de drones tácticos y sensores avanzados como motor de su modernización.

3.4. Propuesta de innovación

En respuesta directa a las brechas críticas detectadas durante la fase de diagnóstico, se plantea la implementación del Sistema Integrado de Adquisición de Objetivos en Red (SIAOR). No se debe considerar la presente propuesta como una simple adición de equipos, sino como una reingeniería del proceso operativo de artillería, orientada a optimizar la captura de metas mediante la fusión de sensores multifuente, drones tácticos (UAV) y sistemas de comando y control de última generación, todo ello articulado sobre una arquitectura operativa basada en la agilidad del ciclo sensor–tirador.

El SIAOR nace de la imperiosa necesidad de pasar del modelo tradicional de adquisición de objetivos, muchas veces cargado de información

fragmentada, procesos secuenciales lentos e interoperabilidad limitada, a un ecosistema digital centrado en la explotación de la información en tiempo real. Al estudiar la evolución del combate moderno, se vuelve claro que la supremacía en el campo de batalla ya no está en manos de quien posee el cañón más grande, sino de quien tenga mayor destreza para integrar sensores, sistemas de decisión y medios de ejecución en redes dinámicas. Como bien señala Guest (2025) esta convergencia digital es la que permite una precisión milimétrica en el targeting y una disminución drástica de los tiempos de respuesta.

El modelo propuesto se plantea como un sistema distribuido que integra operativamente sensores terrestres, plataformas aéreas no tripuladas y sistemas de gestión de combate. En esta red, los vehículos aéreos no tripulados (UAV) dejan de ser meros observadores pasivos para pasar a ser nodos activos dentro del sistema ISTAR, cumpliendo funciones vitales de persistencia sensorial, detección de blancos y transmisión de flujos de datos cifrados al instante. Los conflictos recientes demuestran evidencia de que los UAV no sólo amplían el horizonte de visibilidad sino que blindan la conciencia situacional del comandante al suministrar datos veraces en entornos de alta hostilidad permitiendo que el nivel táctico actúe con confianza absoluta.

Una característica que distingue la propuesta es la idea de fusión de datos multisensor. Dentro de este marco, los datos procedentes de múltiples sensores ópticos, térmicos, radar y acústicos son procesados y comprobados en un entorno único de mando y control. Este método constituye el recurso infalible contra la incertidumbre, al cruzar datos de distintos espectros se eliminan los falsos positivos y se optimiza la localización de los objetivos. Ese sistema que "entiende" el terreno a través de múltiples capas sensoriales ofrece una confiabilidad que hace que el apoyo de fuegos sea, por fin, una herramienta de precisión quirúrgica.

Desde el punto de vista operativo, el SIAOR permite que el GAC N° 9 salga de la rígida "cadena de fuego" y pase a una "Kill Web" (red de ataque). En este modelo la información circula continuamente y en ambas direcciones entre los sensores y las plataformas de fuego. De acuerdo con Kruger et al. (2021), las arquitecturas de tipo kill web son aquellas que permiten que una unidad sea

más veloz que el ciclo de decisión del adversario, neutralizando amenazas antes de que estas logren consolidarse en el terreno.

La propuesta también mira al futuro a través de la incorporación progresiva de herramientas de automatización y de apoyo a la decisión. Al implementar algoritmos capaces de procesar grandes cantidades de datos (Big Data táctico), el sistema puede identificar patrones y priorizar objetivos de manera autónoma, siempre bajo la supervisión y validación final por parte del ser humano. Los trabajos actuales demuestran que el uso de Inteligencia Artificial aplicada al targeting no sólo reduce los errores cognitivos del operador bajo estrés sino que comprime los tiempos de procesamiento de minutos a milisegundos potenciando la letalidad global del sistema de apoyo de fuegos.

Finalmente, es fundamental destacar que esta propuesta guarda una coherencia absoluta con la doctrina institucional del Ejército del Perú. El SIAOR se alinea con los principios de los manuales ME 6-21 y ME 6-311, los cuales postulan que el apoyo de fuegos debe operar como un engranaje sistémico donde la detección, el control y la ejecución se desarrollen de forma simultánea. Al robustecer la fase de detección dentro del ciclo D3A (Decide, Detect, Deliver, Assess), estamos garantizando que la artillería de la 7ª Brigada de Infantería no solo cumpla su misión, sino que la supere con estándares de eficiencia modernos.

En conclusión, la implementación del Sistema Integrado de Adquisición de Objetivos en Red transformará al Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9 en una unidad dinámica, interoperable y letal, capaz de dominar el campo de batalla a través de la superioridad de información y la precisión en tiempo real.

3.4.1. Objetivo de la propuesta

Diseñar e implementar un Sistema Integrado de Adquisición de Objetivos en Red (SIAOR), basado en la integración de sensores multisource, drones tácticos y sistemas de comando y control, con la finalidad de optimizar el ciclo sensor-tirador, mejorar la precisión en la localización de objetivos y aumentar la eficacia del sistema de apoyo de fuegos en el Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9.

3.4.2. Descripción simple de la propuesta

La propuesta estratégica del presente trabajo, se concreta en la implementación del Sistema Integrado de Adquisición de Objetivos en Red (SIAOR). El presente sistema no solo se concibe como herramienta tecnológica sino como arquitectura operativa de vanguardia basada en el ciclo sensor – tirador. Su diseño combina de forma sinérgica sensores multisource, plataformas aéreas no tripuladas (UAV), sistemas de comando y control (C2) y medios de ejecución de fuegos. Todo este ecosistema convive en un entorno digital interconectado, orientado precisamente a la generación de información real-time para la conducción de un targeting de alta precisión.

3.4.2.1. Fundamentación Doctrinal y Sistémica

Doctrinalmente, la propuesta se basa en los principios fundamentales del Manual de Empleo de Artillería de Campaña del Ejército Peruano. El estándar establece estrictamente que el sistema de apoyo de fuego debe operar de manera efectiva como un sistema integrado en el cual la adquisición de objetivos, el mando y control, y la ejecución de fuego se llevan a cabo de manera coordinada para garantizar la efectividad del fuego (Ejército Peruano, 2015, ME 6-21). Lo mismo ocurre en el Manual de Empleo del Grupo de Artillería de Campaña, donde la idea de adquisición de objetivos se da por sentada, ya que la organización necesita tener información precisa, oportuna y confiable para la toma de decisiones tácticas (Ejército Peruano, 2013, ME 6-311).

Este marco también permite la integración directa del SIAOR en el sistema de apoyo de fuego, así como, desde una perspectiva doctrinal, en el sistema de apoyo de fuego, un sistema unificado que articula todos los medios disponibles para el beneficio de la maniobra terrestre. Sin embargo, esta arquitectura permite establecer efectos decisivos sobre el enemigo al colocar sensores, sistemas de mando y control, y herramientas de medios de ejecución de manera adecuada, afectando así a los adversarios. Como se mencionó anteriormente, el propósito de esta integración es abordar el desafío urgente de sincronizar los fuegos en tiempo y espacio para utilizar la mejor manera posible de responder al entorno táctico incierto y volátil y su aplicación dependiendo del nivel táctico de la situación en el campo de batalla.

3.4.2.2. Transición hacia la Arquitectura de Red y "Kill Chain"

En este contexto de modernización, el SIAOR está a la cabeza de una necesaria transición desde el modelo tradicional de adquisición de objetivos — basado en procesos secuenciales, manuales y, con frecuencia, fragmentados— hacia una kill chain digitalizada basada en una arquitectura de red. En esta nueva organización, la información no se detiene, sino que circula continua y fluidamente entre los sensores, los nodos de cálculo y los sistemas de fuego.

Es clave para cortar la latencia del proceso de toma de decisiones y permitir una intervención oportuna dentro del ciclo de decisión del adversario (Kruger et al., 2021; Guest, 2025). Esta doctrina se amolda perfectamente a la evolución de los combates actuales donde la velocidad de procesamiento de la información y la total interconexión entre los sensores y los medios de fuego son factores determinantes para anular los objetivos dinámicos que con los medios tradicionales resultarían inalcanzables.

3.4.2.3. Despliegue de Sensores Heterogéneos y Plataformas UAV

El sistema está basado en la incorporación de una constelación de sensores heterogéneos, como sensores electroópticos, infrarrojos, radar, radiofrecuencia y acústicos que funcionan de forma orquestada para la detección, identificación y localización exacta de objetivos. La investigación académica y la experiencia real de combate demuestran que el uso de varios sensores juntos mejora mucho la precisión, la resistencia y la fiabilidad de los datos obtenidos. Los datos provenientes de distintos espectros se cruzan para superar las limitaciones de los sistemas antiguos que se basaban en un solo sensor, con lo que se eliminan los puntos ciegos y los falsos positivos.

El SIAOR, asimismo, contempla la implementación de plataformas UAV como nodos ISR avanzados (Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance). Estos vectores poseen la capacidad de efectuar una vigilancia persistente, permitiendo la identificación y captura de objetivos en tiempo real, incluso en escenarios geográficos complejos y cambiantes. Estas plataformas permiten operar Más Allá de la Línea de Visión (BLOS), generando información georreferenciada de alta fidelidad que aumenta la capacidad de detección y seguimiento de objetivos móviles en profundidad (Melendez, 2002; Wu et al., 2025).

3.4.2.4. Fusión de Datos y Procesamiento Inteligente

Un aspecto técnico clave del sistema es la fusión de datos multisensor. Con este enfoque, la información de varios sensores puede ser recopilada a través de filtros de estimación de estado (Kalman), algoritmos de inferencia probabilística y varios modelos de aprendizaje automático. En entornos operativos saturados, la forma en que optimiza la localización de objetivos minimiza la incertidumbre, uniendo datos dispares en una representación coherente del entorno. En los sistemas actuales, este conjunto de datos se utiliza tanto para minimizar el ciclo sensor-tirador como para mejorar la calidad del ataque.

Además, el sistema proporciona procesamiento inteligente y soporte a la toma de decisiones mediante el uso de modelos de Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Profundo. Esta capacidad permite el análisis de grandes cantidades de datos sensoriales que no pueden ser manejados por un ser humano, lo que genera información valiosa para informar la toma de decisiones subsecuente en cortos períodos de tiempo. Estas capacidades han logrado mejoras significativas en la identificación, clasificación y ordenamiento de objetivos en escenarios altamente dinámicos, acelerando notablemente la velocidad del ciclo de combate.

3.4.2.5. Operatividad bajo el Modelo D3A y Planificación Dinámica

Desde el punto de vista operativo, el SIAOR forma parte del proceso de asignación de objetivos bajo el modelo D3A (Decide–Detect–Deliver–Assess), aportando principalmente en la fase de Detección, considerada como el pilar básico dentro del sistema de respaldo de fuegos. En este sentido, la incorporación de sensores y vehículos aéreos no tripulados (UAV) permite optimizar la adquisición de blancos, facilitando la validación y priorización crítica de estos, previo a la ejecución del fuego, lo que aumenta la eficiencia global del sistema (Department of Defense, 2012).

Además, el sistema optimiza los procesos de planificación y de coordinación del apoyo de fuegos, facilitando la integración de la información en tiempo real en todas las entidades que participan en el apoyo de fuegos, desde el Puesto de Comando a las piezas en la línea de fuego. Esta capacidad permite la formulación de planes de fuego más dinámicos y sincronizados asignando los medios de ejecución más apropiados (cañones, obuses o

morteros) en función del tipo de objetivo y de la circunstancia táctica que se presente.

3.4.2.6. Integración Orgánica y Operaciones Multidominio

Del mismo modo, el SIAOR se integra con los elementos orgánicos tradicionales del sistema de apoyo de fuegos, tales como los equipos de observación adelantada, los centros de dirección de tiro y los órganos de coordinación de fuegos. Esta sinergia permite mejorar la interacción entre los distintos niveles de mando y asegurar el uso eficiente de la información que generan los sensores, eliminando los vacíos de información.

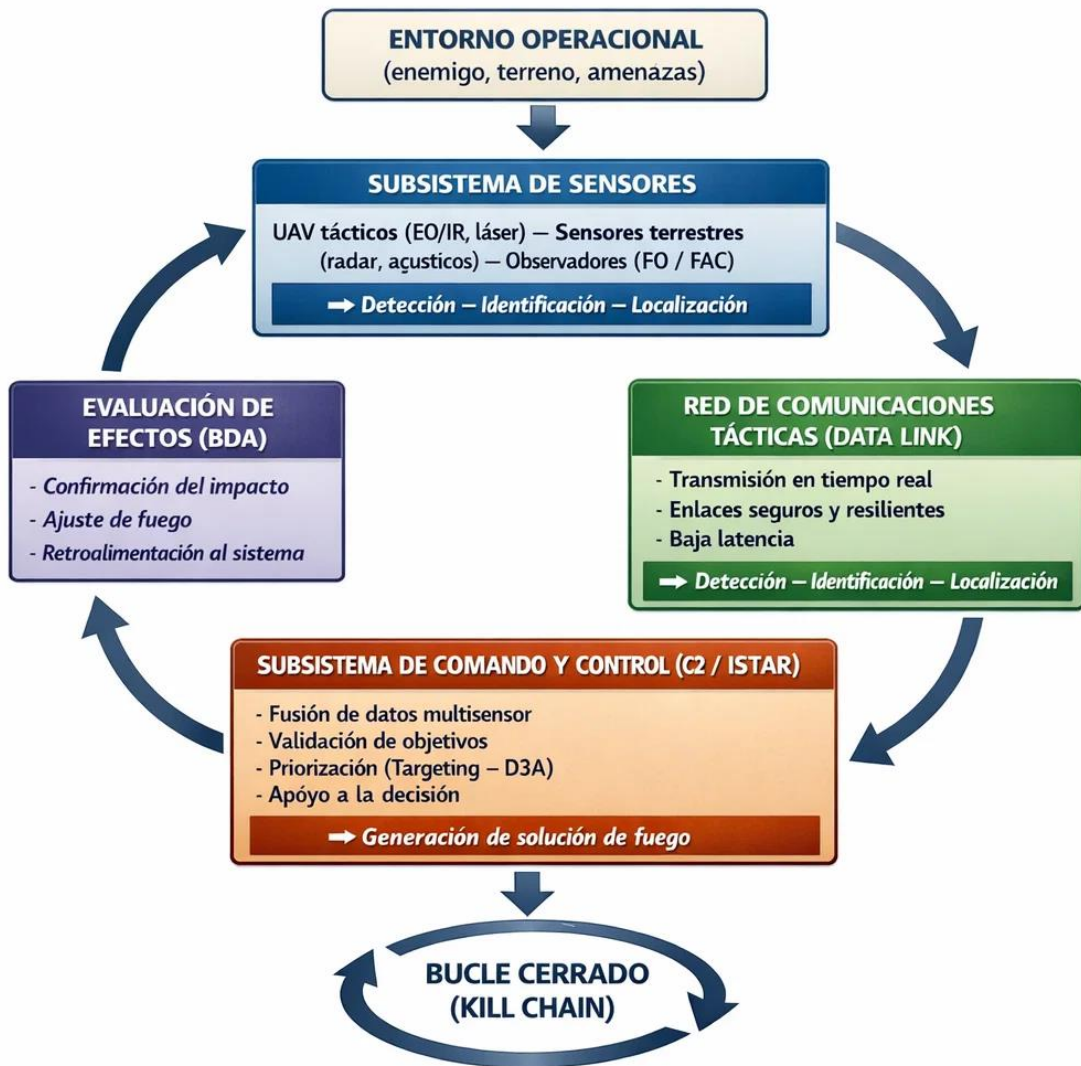
Por último, el sistema incluye el concepto de operaciones multidominio, donde los sensores y sistemas de información operan en múltiples medios al mismo tiempo: tierra, aire y el espectro electromagnético. Esto permite una conciencia situacional total y una capacidad de respuesta devastadora ante amenazas complejas. Esta forma de actuar está en respuesta a la evolución de los sistemas de combate hacia arquitecturas distribuidas donde rige un principio fundamental: cualquier sensor en red puede alimentar a cualquier sistema de fuego en la malla operativa, consolidando así la superioridad del GAC "Marcavalle" N° 9 en el teatro de operaciones.

En su funcionamiento, el SIAOR permite:

- Establecer vigilancia permanente del área de operaciones.
- Detectar y localizar objetivos en múltiples dominios.
- Validación de información mediante correlación multisensor.
- Reducir el tiempo del ciclo sensor – tirador.
- Optimizar la priorización y la asignación de objetivos.
- Incrementar la precisión del fuego.
- Realizar evaluación de daños en tiempo real (BDA).

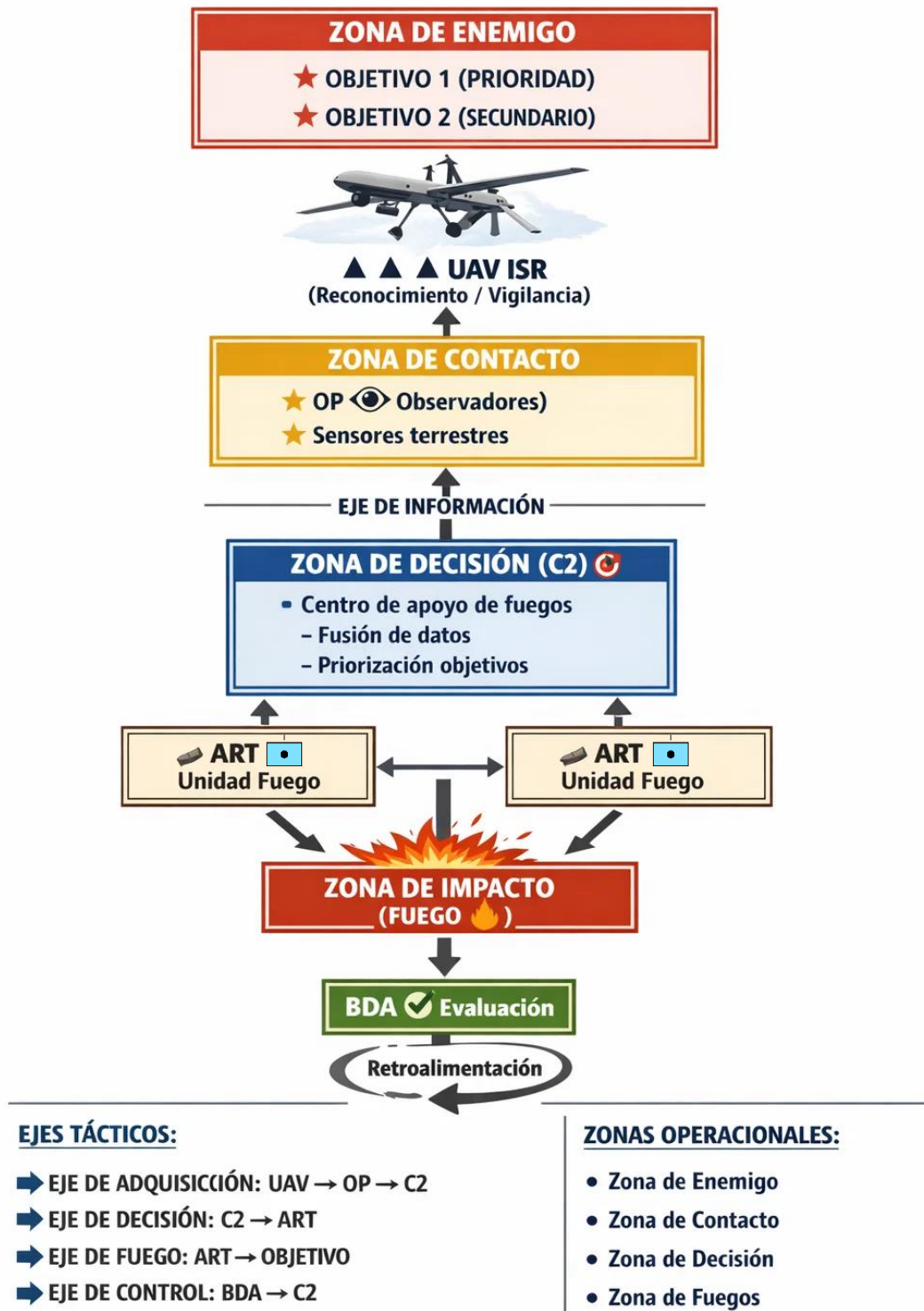
De este modo, la implementación del SIAOR permite hacer del proceso de adquisición de objetivos un sistema adaptativo, resiliente e informativo, acorde con los requerimientos del combate moderno. Así, no solo se mejora la eficiencia del sistema de apoyo de fuegos sino que también se potencia la capacidad operativa del Grupo de Artillería de Campaña "Marcavalle" N° 9, lo que le permitirá actuar con mayor rapidez, exactitud y dominio en el campo de batalla.

Figura 2. Modelo operacional (TIPO OV-1 / SENSOR-TIRADOR)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Modelo de situación táctica – SIAOR



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Del análisis realizado en el presente trabajo, se infiere que el proceso de adquisición de objetivos del Grupo de Artillería de Campaña N° 9 "Marcavalle" presenta serios problemas estructurales que repercutirán en la efectividad del apoyo de fuego táctico. La fragmentación de la información, la poca integración de sensores actualizados y la ausencia de sistemas de procesamiento en tiempo real son obstáculos para generar inteligencia técnica oportuna y precisa. Estas limitaciones demuestran que el sistema existente no puede adaptarse a las demandas evolutivas y dinámicas de la guerra moderna, que se caracteriza por la alta volatilidad de los objetivos y decisiones rápidas que requieren retroalimentación precisa. Por ello, y en relación directa con el propósito de esta investigación, hemos propuesto que la optimización de la adquisición de objetivos es el eje central para promover la eficiencia de todo el sistema de apoyo de fuego, ya que esta primera fase determina la calidad de la información que utilizan las decisiones operativas. Por lo tanto, partiendo de esta premisa, resulta evidente que la precisión del fuego no puede depender exclusivamente de los medios ejecutores de piezas de artillería u obuses, sino que depende principalmente de la precisión, oportunidad y fiabilidad de los datos producidos por la etapa de detección y localización de objetivos.

La mayor limitación de la unidad es la falta de un sistema de adquisición en red, esta limitación es un obstáculo importante para la idea de vincular otros sensores, procesar esos datos de forma concurrente y, por lo tanto, reducir los tiempos del ciclo sensor-tirador. Esa desconexión operativa produce una demora intolerable en la identificación, validación y asignación de objetivos, reduce la capacidad de respuesta a amenazas de alta movilidad y anula la capacidad del sistema en escenarios operacionales en los que la dispersión y la complejidad del terreno se convierten en la norma. Sin embargo, la falta de capacidades para la fusión de datos y el procesamiento automatizado aumenta la incertidumbre acerca de qué información está disponible para el mando. Tal fragmentación de la información significa que es imposible tener una conciencia situacional coherente, y los objetivos operativos solo pueden ser identificados, priorizados y neutralizados eficientemente.

Desde el punto de vista de la superioridad operativa, se ha constatado que la optimización del ciclo sensor-tirador es el parámetro clave para mejorar la eficacia de la artillería. Como tal, reducir el tiempo muerto entre el descubrimiento y el disparo permite a la unidad intervenir directamente en el ciclo de decisiones del enemigo, generando una ventaja táctica basada en esta métrica de velocidad de ataque. En el actual escenario bélico el punto decisorio entre éxito de misión y fracaso operativo es el procesamiento y transmisión de información precisa en tiempo casi real. Con la finalidad de dar solución al problema identificado, se ha diseñado un Sistema Integrado de Adquisición de Objetivos en Red Efectivo (SIAOR). Al incorporar sensores multiespectrales en una arquitectura integrada, puede gestionar de forma coordinada medios de fuego y comandos, y la tendencia actual consiste en adaptarlo a un sistema dinámico. Este sistema no solo eleva la calidad y la velocidad de generación de información, sino que también acelera los tiempos de toma de decisiones y ejecución de fuego, logrando así los objetivos profesionales y operativos establecidos para fortalecer la unidad.

RECOMENDACIONES

La implementación del Sistema Integrado de Adquisición de Objetivos en Red (SIAOR) a través de un enfoque evolutivo (progresivo/faseado) incluirá un redoblamiento integral de los recursos disponibles en la unidad. Esto debería, ante todo, facilitar el flujo óptimo de información crítica entre los observadores, los Centros de Dirección de Tiro (CDT) y los medios de ejecución, ya que permite una base operativa estable sin necesidad de invertir en sistemas tecnológicamente complejos en su fase inicial. Hemos aprendido en las tecnologías modernas de armamento que el modelo sensor-tirador opera mejor a través de la adaptación iterativa, confirmando la aplicación de la doctrina en la práctica en vivo y asegurando el futuro del Grupo de Artillería "Marcavalle" N° 9.

Es importante desarrollar un protocolo operativo estandarizado que combine observadores avanzados, plataformas de vehículos aéreos no tripulados (UAV) y centros de control que puedan coordinar efectivamente la inteligencia recopilada en el campo para ser transmitida continuamente mientras se utiliza una estructura de datos armoniosamente alineada. Esta integración es la base de SIAOR y resulta en tiempos de respuesta de fuego reducidos y apoyo de fuego sincronizado. De esta manera, se aprecia la importancia de pasar de la detección positiva a la ejecución de fuego en el menor tiempo posible para lograr la entrada y despliegue de fuego, el factor que puede determinar la supervivencia en situaciones donde los objetivos enemigos exhiben alta movilidad.

Se requiere optimizar el ciclo sensor-tirador simplificando los procedimientos operativos, eliminando todas las redundancias de transmisión de datos y estableciendo canales de comunicación directos entre los sensores y los medios. Con este fin, el elemento crítico para el éxito en la guerra moderna es la reducción del tiempo que transcurre desde la identificación del objetivo hasta la localización y destrucción del mismo. Al comprimir tanto el tiempo, también se puede llevar a cabo una acción directa dentro del proceso de decisión del adversario, aumentando la probabilidad de neutralización exitosa antes de que el objetivo pueda moverse o reposicionarse en busca de un punto.

Se debe implementar un sistema de gestión de objetivos que organice y clasifique la información recabada sobre los objetivos para tomar más acciones para el análisis y distribución. Este sistema debería permitir categorizar la información según criterios operativos precisos que ayuden a identificar objetivos adecuados y cómo abordarlos estratégicamente, requisito fundamental para optimizar el uso de los recursos de artillería del Grupo. En el nivel táctico, se debe mejorar la capacidad de fusión de datos, incluida la recolección e integración de flujos de información heterogéneos provenientes de observadores en tierra, drones, y otros sensores, mediante procedimientos de validación cruzada para disminuir el error humano. La combinación de fuentes distintas eleva la fiabilidad de los datos y la calidad de la toma de decisiones, algo crítico en los sistemas actuales.

Se insiste en la elaboración de programas específicos de entrenamiento orientados a la consecución de objetivos en tiempo real, mediante ejercicios de campaña que integren orgánicamente los UAV y los sensores digitales en contextos simulados de alta intensidad. La instrucción debe enfocarse en desarrollar la capacidad de detección ágil, la precisión absoluta en la transmisión de datos y la toma de decisiones bajo presión, lo que facilitará la adaptación del personal a las exigencias del sistema y contribuirá a la reducción de los tiempos del ciclo sensor-tirador en condiciones operativas.

Es fundamental optimizar los canales de comunicación actuales a fin de garantizar el flujo ininterrumpido y cifrado de información dentro del sistema de apoyo de fuegos. En muchos análisis de lecciones aprendidas se ha podido comprobar que el cuello de botella no es la falta de sensores, sino la latencia o lentitud en la transmisión del dato, lo cual incide directamente en la eficacia de la misión de fuego. Por eso es obligatorio garantizar enlaces de comunicación eficaces, libres de redundancias y adaptables a las condiciones degradadas del espectro electromagnético.

Se plantea la incorporación definitiva del SIAOR a la estructura orgánica del sistema de apoyo de fuegos, para que los equipos de observación, los CDT y los órganos de coordinación operen como un solo ente sincronizado. Esta arquitectura evita la fragmentación del proceso y asegura la utilización eficaz de la información sensorial. De la misma manera, se deben establecer estrategias de redundancia operativa para que la pérdida de un sensor no

detenga la misión. La resiliencia del sistema se conseguirá dando varias fuentes de información que garanticen la continuidad del combate incluso bajo interferencia enemiga.

Finalmente, se prevé consolidar el SIAOR como una capacidad operativa permanente de la unidad, integrándolo transversalmente en los procesos de planificación y ejecución. Esta medida facilitará que el GAC "Marcavalle" N° 9 se ajuste a las exigencias del combate moderno, en donde la rapidez de la información y la reducción del ciclo sensor-tirador constituyen las bases de la victoria. De este modo, se creará una insuperable ventaja operativa, fruto de la superioridad de la información y de la audacia a la hora de tomar decisiones estratégicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, L. (2023). *Implementación de drones en operaciones militares*. Escuela Superior de Guerra del Ejército. <https://repositorio.esge.edu.pe/items/cf134358-e066-42d2-91dc-52608dc94783>
- Armada Española. (2022). *Medios de adquisición de blancos y observación de fuegos de artillería*. <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2022/06/rgmjun2022cap10.pdf>
- Barzola, U., & Niquén, V. (2023). *La efectividad de los drones en la función de combate fuegos*. Escuela Superior de Guerra del Ejército. <https://repositorio.esge.edu.pe/bitstreams/a0d6f5e5-717e-4121-8eb7-23e940efd485/download>
- Borsari, F. (2025). *Adaptation under fire: Mass, speed and accuracy transform Russia's kill chain in Ukraine*. Center for European Policy Analysis (CEPA). <https://cepa.org/comprehensive-reports/adaptation-under-fire-mass-speed-and-accuracy-transform-russias-kill-chain-in-ukraine/>
- Candan, F. (2023). *Methods for control and state estimation of unmanned aerial vehicles*. University of Sheffield. https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/33603/1/190182021_F_Candan_Thesis.pdf
- Chaparro, J., Delgado, R., & Alfaro, M. (2018). *Empleo de drones en misiones de reconocimiento*. Escuela Superior de Guerra del Ejército. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/ESGE_128ef9baa11925e6f1248c05802e0682
- Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Perú. (2023). *¿Qué hacemos?* <https://www.gob.pe/4290-comando-conjunto-de-las-fuerzas-armadas-que-hacemos>
- Congreso de la República. (2011). *Ley N.º 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*. Diario Oficial El

- Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/28929-ley-n-29664>
- Defence Science and Technology Group. (2019). *New paths from sensor to shooter: How digitization can change the battlespace*. <https://www.dst.defence.gov.au/sites/default/files/publications/documents/DST-Group-TR-3417.pdf>
- Department of Defense. (2012). *Joint targeting (JP 3-60)*. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-D214-PURL-gpo130684/pdf/GOVPUB-D214-PURL-gpo130684.pdf>
- Dickstein, C. (2024). *Army links sensors to shooters in Project Convergence experiments*. Stars and Stripes. <https://www.stripes.com/branches/army/2024-03-27/army-robots-drones-project-convergence-technology-13440537.html>
- Diemunsch, J. R., Doria, D. M., & Chao, A. (1999). *Sensor-to-shooter information fusion for rapid targeting (SSIFRT)*. SPIE. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/3720/1/Sensor-to-shooter-information-fusion-for-rapid-targeting-SSIFRT/10.1117/12.357172.full>
- Dodge, J. S., & Carlton, J. G. (2022). *Using commercial 5G and LEO technologies to enhance Navy–Army sensor-to-shooter networks*. Naval Postgraduate School. <https://dair.nps.edu/bitstream/123456789/4805/1/NPS-TE-23-028.pdf>
- Ejército del Perú. (2013). *ME 6-311: Empleo del Grupo de Artillería de Campaña*.
- Ejército del Perú. (2015). *ME 6-21: Empleo de la Artillería de Campaña*.
- Ejército del Perú. (2023). *Información institucional, ¿Qué hacemos?*. <https://www.gob.pe/4210-ejercito-del-peru-que-hacemos>
- Euro-SD. (2022). *Sensor-to-shooter chains turn into kill webs*. <https://euro-sd.com/2022/10/articles/27530/sensor-to-shooter-chains-turn-into-kill-webs/>
- Farfán López, J. M., Núñez Quiroz, E., & Torres Vargas, A. (2016). *Estrategias para la modernización del Ejército del Perú*. Universidad del Pacífico. <https://repositorio.up.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/1954d100-e682-434f-8490-9cb8f6baddf5/content>

- Hafeez, M. (2024). *UAV networks for optimization and real-time operations*. University of Glasgow. <https://theses.gla.ac.uk/84460/3/2024HafeezPhD.pdf>
- Herrera, J. (2024). *Autonomous UAV navigation using millimeter wave radar*. Massachusetts Institute of Technology. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/157188/herrera-jih-meng-eecs-2024-thesis.pdf>
- Hew, P. (2017). *New paths from sensor to shooter: How digitization can change the battlespace*. Defence Science and Technology Group. <https://www.dst.defence.gov.au/sites/default/files/publications/documents/DST-Group-TR-3417.pdf>
- Horning, D. (2023). *Project Convergence: Revolutionizing targeting in large-scale combat operations*. U.S. Army. <https://www.lineofdeparture.army.mil/Journals/Field-Artillery/Field-Artillery-Archive/Field-Artillery-2025-E-Edition/Project-Convergence/>
- Kruger, K. (2021). *The future of air-ground integration: Linking sensor to shooter in the deep fight*. Air Land Sea Application Center. <https://www.alssa.mil/News/Article/2667778/the-future-of-air-ground-integration-linking-sensor-to-shooter-in-the-deep-fight/>
- Loredo Reyes, J. A. (2022). *Grupo de artillería de campaña MLRS 90-B en la doctrina de las operaciones del Comando Operacional del Sur, Arequipa, 2022* (Tesis de maestría). Escuela Superior de Guerra del Ejército. <https://repositorio.esge.edu.pe/bitstreams/0cfb35aa-f903-4519-8880-69fa572185b2/download>
- Mancisidor Zorrilla, N. R. (2021). *Uso de drones para mejorar la gestión de la seguridad del Palacio de Gobierno del Perú – año 2021* (Tesis doctoral). Instituto Científico y Tecnológico del Ejército. <https://hdl.handle.net/20.500.14293/47>
- Mazza, F. (2023). *Tecnología UAV para la defensa, vigilancia y control de los espacios marítimos*. Instituto Universitario Naval. <https://cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/2693/4/TESIS%20MAESES%202024%20MAZZA.pdf>
- Melgar Cruz, E. M. (2023). *Empleo del agrupamiento de artillería de campaña “Coronel Francisco Bolognesi” y su apoyo de fuegos al corredor de la*

- sierra, 2021 (Tesis de maestría). Escuela Superior de Guerra del Ejército.
<https://repositorio.esge.edu.pe/bitstreams/c9327660-7548-4c13-a804-e0b0cc27ef2b/download>
- National Defense Magazine. (2021). *Army's Project Convergence continues on 10-year learning curve*.
<https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2021/12/17/armys-project-convergence-continues-on-10-year-learning-curve>
- NATO. (2021). *Joint Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR) Doctrine*.
- Osborn, K. (2021). *Army makes breakthrough in "sensor-to-shooter" time for Project Convergence*. The National Interest.
<https://nationalinterest.org/blog/buzz/army-makes-breakthrough-sensor-shooter-time-project-convergence-21-193418>
- Prabhu, R. (2020). *Loitering munitions: Bridging sensor-to-shooter voids in artillery fires*.
<https://media.neliti.com/media/publications/330727-loitering-munitions-bridging-sensor-to-s-48a64c1b.pdf>
- Revilla, J. (2025). *Empleo de drones en las capacidades militares de la fuerza terrestre del Perú*. Escuela Superior de Guerra del Ejército.
<https://repositorio.esge.edu.pe/items/aaa6cf34-a554-40e6-867b-c32f08881ead>
- Richardson, J. M. (2022). *Project Convergence: A venue for joint all-domain command and control experimentation*. Joint Force Quarterly.
<https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3197270/project-convergence-a-venue-for-joint-all-domain-command-and-control-experiment/>
- Sauser, B. (2024). *The employment of unmanned aerial vehicles in the Russo-Ukrainian War: A disruptive military innovation*. Naval Postgraduate School.
<https://calhoun.nps.edu/server/api/core/bitstreams/3fbc1cb6-1ac4-421f-b05f-85b792467563/content>
- Silva Farroñán, E. A. (2021). *Proceso de selección de blancos (Targeting-D3E) en el Ejército del Perú*. Escuela Superior de Guerra del Ejército.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/ESGE_8ea50bb358d1e38dd49e68748f133136

- U.S. Air Force. (2021). *Winning the counterland battle by enabling sensor-to-shooter automation*.
<https://www.960cyber.afrc.af.mil/News/Article-Display/Article/2822565/winning-the-counterland-battle-by-enabling-sensor-to-shooter-automation/>
- U.S. Army. (2020). *Delivering an on-demand sensor-to-shooter warfighting capability*.
https://www.army.mil/article/235067/delivering_an_on_demand_sensor_to_shooter_warfighting_capability
- U.S. Army. (2021). *Project Convergence 21 to showcase abilities of the joint force*.
https://www.army.mil/article/249422/project_convergence_21_to_showcase_abilities_of_the_joint_force
- U.S. Marine Corps. (1996). *FM 6-30: Tactics, techniques, and procedures for observed fire*.
<https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/FM%206-30.pdf>
- Watts, B. (2020). *Operational implications of ISTAR integration in modern warfare*.
Journal of Defense Studies.
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0967010620956796>
- Wu, X., et al. (2025). *Multi-sensor fusion and UAV-based target tracking in dynamic environments*. *Artificial Intelligence Review*.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-025-11348-x>

ANEXO

(1) Informe profesional

ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI

“Alma Mater del Ejército del Perú”



ANEXO 01: INFORME PROFESIONAL PARA OPTAR

EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN CIENCIAS MILITARES

1. DATOS PERSONALES:

1.01	Apellidos y Nombres	Castro Lazo Sergio Fidel
1.02	Grado y Arma / Servicio	Teniente de Artillería
1.03	Situación Militar	Retiro
1.04	CIP	123557500
1.05	DNI	70356821
1.06	Celular y/o RPM	994391644
1.07	Correo Electrónico	sergiofidelcastrolazo@gmail.com

2. ESTUDIOS EN LA ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS:

2.01	Fecha_ ingreso de la EMCH	31 MAR 2007
2.02	Fecha_ egreso EMCH	17 DIC 2010
2.04	Fecha de alta como Oficial	01 ENE 2011
2.05	Años_ experiencia de Oficial	10 años 02 meses 23 días
2.06	Idiomas	Inglés

3. SERVICIOS PRESTADOS EN EL EJÉRCITO:

Nº	Año	Lugar	Unidad / Dependencia	Puesto Desempeñado
3.01	2017	El Algarrobo	GAC N°51	Comandante de Sección
3.02	2018	Lambayeque	GAC N°9	Comandante de Sección
3.03	2019	Lambayeque	GAC N°9	Comandante de Sección

3.04	2020	Lambayeque	GAC N°9	Comandante de Sección
------	------	------------	---------	-----------------------

4. ESTUDIOS EN EL EJÉRCITO DEL PERÚ:

N°	Año	Dependencia y Período	Denominación	Diploma / Certificación
4.01	2012	EPE	CMS	Diploma
4.02	2016	ESC ART	Curso Básico	Diploma

5. ESTUDIOS DE NIVEL UNIVERSITARIO:

N°	Año	Universidad y Período	Bachiller - Licenciado
5.01			
5.02			

6. ESTUDIOS DE POSTGRADO UNIVERSITARIO:

N°	Año	Universidad y Período	Grado Académico (Maestro – Doctor)
6.01			
6.02			

7. ESTUDIOS DE ESPECIALIZACIÓN:

N°	Año	Dependencia y Período	Diploma o Certificado
7.01			
7.02			

8. ESTUDIOS EN EL EXTRANJERO:

N°	Año	País	Institución Educativa	Grado / Título / Diploma / Certificado
8.01	2026	España	Universidad de Navarra	
8.02				



Sergio Fidel Castro Lazo