



**La capacidad de mando y control en el Ejército Ecuatoriano al 2023 desde una visión
prospectiva**

Armas Vaca, Alexis Orlando y Paredes Calderón, Darwin Manolo

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Defensa y Seguridad

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Defensa y Seguridad
mención Conducción Militar y Gestión Logística

PhD. Carrillo Punina Álvaro Patricio

16 de septiembre del 2023



TESIS_PAREDES_ARMAS_JUNIO2023_C...

Scan details

Scan time: September 5th, 2023 at 18:43 UTC

Total Pages: 86

Total Words: 21413

Plagiarism Detection



| Types of plagiarism | | Words |
|---------------------|-------|-------|
| Identical | 0.3% | 67 |
| Minor Changes | 0.3% | 62 |
| Paraphrased | 0.8% | 171 |
| Omitted Words | 11.9% | 2556 |

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

Plagiarism Results: (3)

| |
|--|
| <p> T-ESPE-052180.pdf 1.1%</p> <p>https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/29094...</p> <p>Gladys</p> <p>1 Diseño del Cuadro de Mando Integral a los procesos de ventas y recuperación de cartera en la empresa DISTRIGRANDA S.A. Freire Pardo, ...</p> |
| <p> Ley de Seguridad Pública del Estado _última modific... 0.5%</p> <p>https://www.sri.gob.ec/o/sri-portlet-biblioteca-alfresco-intern...</p> <p>Washington Alcides Hoyos Villavicencio</p> <p>LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO Ley 0 Registro Oficial Suplemento 35 de 28-sep.-2009 Última modificación: 08-jun.-2021 Estado: Refo...</p> |
| <p> 7.-LEY-DE-SEGURIDAD-PÚBLICA-Y-DEL-ESTADO.pdf 0.3%</p> <p>https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/u...</p> <p>Suplemento del Registro Oficial No. 35 , 28 de Septiembre 2009 Normativa: Vigente Última Reforma: Edición Constitucional del Registro Ofi...</p> |

Álvaro Carrillo Punina, PhD.

Director



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología
Centro de Posgrados**

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“La capacidad de mando y control en el Ejército Ecuatoriano al 2023 desde una visión prospectiva”** fue realizado por los señores **Armas Vaca, Alexis Orlando y Paredes Calderón, Darwin Manolo**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 16 de septiembre de 2023

.....
Carrillo Punina, Álvaro Patricio
Director
C.C.: 0501623284



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Responsabilidad de Autoría

Nosotros **Armas Vaca, Alexis Orlando y Paredes Calderón, Darwin Manolo**, con cédulas de ciudadanía n° 1709894370 y 1803138005, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“La capacidad de mando y control en el Ejército Ecuatoriano al 2023 desde una visión prospectiva”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 16 de septiembre de 2023

.....
Paredes Calderón, Darwin Manolo
C.C.: 1803138005

.....
Armas Vaca, Alexis Orlando
C.C.: 1709894370



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Autorización de Publicación

Nosotros **Armas Vaca, Alexis Orlando y Paredes Calderón, Darwin Manolo**, con cédulas de ciudadanía n°1709894370 y 1803138005, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“La capacidad de mando y control en el Ejército Ecuatoriano al 2023 desde una visión prospectiva”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 16 de septiembre de 2023

.....
Paredes Calderón, Darwin Manolo
C.C.: 1803138005

.....
Armas Vaca, Alexis Orlando
C.C.: 1709894370

Dedicatoria

A mi padre, que supo educarme con el ejemplo y que me enseñó tantas cosas y tantos ejemplos que han permitido forjar en mí, el anhelo permanente de un mundo mejor. A mi esposa y mis hijas, que son y serán el motor que dinamiza mi vida profesional y personal. A mi madre, por sus cuidados y su preocupación permanente por darnos siempre lo mejor. A mis hermanos y demás familiares por anhelar siempre la superación personal y familiar.

Manolo Paredes Calderón, MSc.

Este trabajo lo dedico a mi Dios que me ha dado la fortaleza para seguir adelante; a mis padres, Oscar y Teresa, que a pesar de ya no estar físicamente aquí conmigo, siempre estuvieron a mi lado, con su apoyo y consejos hicieron de mí lo que soy ahora, un buen ser humano. A mi esposa Lorena, a mis hijos Francisco y Joe Sebastián, una dedicatoria especial, por haberme guiado con su amor y confianza, porque ellos han sido el pilar fundamental de mi carrera profesional, estoy seguro que sin su valioso y desinteresado apoyo no habría alcanzado ninguna de mis metas, los amo.

Alexis Armas Vaca, MSc.

Agradecimiento

Al glorioso Ejército ecuatoriano, por permitirme servir a mi patria desde esta noble institución. A la Academia de Guerra del Ejército y sus profesores, por motivar la superación permanente de sus oficiales, por buscar la excelencia y la mística que hacen de un soldado ecuatoriano, el mejor soldado del mundo. A la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por brindar su contingente para la superación profesional de los soldados del Ecuador. A mi esposa, por ser un soporte permanente para mi familia y mi superación, a mis hijas, a mis padres y familiares.

Manolo Paredes Calderón, MSc.

A mis hermanas, cuñados y sobrinos que, con su cariño y palabras de aliento, siempre me impulsaron a seguir adelante; a mis amigos, compañeros y profesores, que sin esperar nada a cambio compartieron sus alegrías y tristezas, sus conocimientos y enseñanzas, a ellos va todo mi agradecimiento. A Manolo, Yoli y su hermosa familia, muchas gracias por todo, por ser así, por esos momentos de verdadera amistad y camaradería, sin su apoyo incondicional y su esfuerzo nada de esto hubiese posible, gracias a todos por hacer que los sueños se conviertan en realidad.

Alexis Armas Vaca, MSc.

Índice de contenidos

| | |
|---|----|
| Índice de contenidos | 8 |
| Índice de tablas | 11 |
| Índice de figuras | 12 |
| Resumen | 14 |
| Abstract | 15 |
| Capítulo I: Introducción | 16 |
| Formulación del problema | 16 |
| <i>Subproblemas o preguntas de investigación</i> | 20 |
| <i>Antecedentes del problema de investigación</i> | 20 |
| Justificación..... | 22 |
| Objetivos | 23 |
| <i>Objetivo General</i> | 23 |
| Objetivos Específicos | 23 |
| Capítulo II: Marco teórico | 24 |
| Evolución tecnológica de los ámbitos que envuelven un sistema CXIVR | 24 |
| <i>El espectro electromagnético</i> | 24 |
| <i>Los estándares y protocolos de comunicación</i> | 25 |
| <i>La hiperconvergencia</i> | 26 |
| <i>Las redes de comunicaciones</i> | 26 |
| Las redes de acceso..... | 27 |
| Las redes de transporte..... | 28 |
| <i>Las redes de datos</i> | 28 |
| <i>Arquitectura tradicional de un sistema de mando y control</i> | 29 |
| Modelos empleados para el desarrollo de estudios prospectivos | 32 |
| Estado del arte | 36 |
| Marco conceptual..... | 38 |

| | |
|---|-----------|
| Fundamentación Legal..... | 42 |
| Sistemas de variables | 45 |
| <i>Definición nominal</i> | 45 |
| Variable independiente. Sistemas C4IVR..... | 45 |
| Variable dependiente. Operaciones Terrestres Unificadas (OTU)..... | 45 |
| Capítulo III: Marco metodológico..... | 47 |
| Modalidad de Investigación | 47 |
| Tipo de investigación..... | 47 |
| Diseño de la investigación..... | 48 |
| <i>Niveles de la investigación</i> | 48 |
| <i>Población y Muestra</i> | 49 |
| Población..... | 49 |
| Muestra..... | 49 |
| Técnica e Instrumentos de recolección de datos | 50 |
| <i>Instrumentos</i> | 50 |
| <i>Validez y confiabilidad</i> | 50 |
| Procesamiento de la información | 50 |
| <i>Técnicas de análisis de datos</i> | 51 |
| <i>Técnicas de comprobación de hipótesis</i> | 51 |
| Capítulo IV: Vigilancia Tecnológica sobre sistemas C4IVR..... | 53 |
| <i>Sistemas de Mando y Control de la empresa Raytheon Technologies</i> | 54 |
| <i>Sistema de Mando y Control de la empresa L3 Harris</i> | 57 |
| <i>Sistema de Mando y Control de la empresa ELBIT SYSTEM</i> | 59 |
| <i>Sistemas de Mando y Control de INDRA Company</i> | 67 |
| <i>Sistema de mando y control ICC de la empresa Hytera</i> | 72 |
| Capítulo V: Estudio Prospectivo de la capacidad C4IVR de la Fuerza Terrestre al 2033 | |
| Situación actual de las capacidades de Mando y Control e Inteligencia, Vigilancia y . | |

| | |
|---|-----|
| Reconocimiento de la Fuerza Terrestre ecuatoriana | 77 |
| <i>La capacidad de Mando y Control (MyC)</i> | 77 |
| <i>La capacidad de Inteligencia-Vigilancia-Reconocimiento (IVR)</i> | 78 |
| Generalidades técnicas de los ámbitos y áreas del conocimiento que envuelven un sistema CXIVR | 79 |
| Diagnóstico institucional..... | 80 |
| <i>Antecedentes de la Fuerza Terrestre</i> | 80 |
| <i>Historia</i> | 81 |
| <i>Marco Legal</i> | 82 |
| <i>Desarrollo del Estudio Prospectivo</i> | 82 |
| Dimensiones PESTM..... | 82 |
| Árbol de GIGET..... | 85 |
| Ábaco de Régnier..... | 87 |
| Matriz Morfológica..... | 87 |
| Escenarios tecnológicos CXIVR para el 2033 | 900 |
| Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones | 93 |
| Bibliografía | 96 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Procesos de establecimiento de prospectiva empleando los modelos de Mojica..... | 31 |
| Tabla 2. Definición conceptual y operacional de las variables..... | 46 |
| Tabla 3. Cuadro comparativo del ranking de industria de la defensa según varios autores | 51 |
| Tabla 4. Análisis PESTM sobre los sistemas C4IVR para la Ejército ecuatoriano..... | 83 |
| Tabla 5. Análisis PESTM y factor de cambio | 83 |
| Tabla 6. Árbol de GIGET sobre el análisis de la capacidad C4IVR de la Fuerza Terrestre | 84 |
| Tabla 7. Ábaco de Régnier para determinar las mejores condiciones de un sistema C4IVR en la F.T. del 2033 | 86 |
| Tabla 8. Matriz Morfológica para determinar las mejores condiciones de un sistema C4IVR en la F.T. del 2033 | 87 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Diagrama de Causa Efecto | 19 |
| Figura 2 Interacción de protocolos de red | 26 |
| Figura 3 Características que distinguen a un sistema de mando y control | 30 |
| Figura 4 Funciones de un sistema C4IVR | 31 |
| Figura 5 Características de la capacidad de interconexión | 32 |
| Figura 6 Ilustración de la metodología de investigación empleada en el presente estudio | 52 |
| Figura 7 Ilustración gráfica del sistema JADC2 difundido en el video promocional de Raytheon Technologies | 55 |
| Figura 8 Ilustración de las capacidades del sistema JADC2 de la empresa Raytheon Technologies | 57 |
| Figura 9 Sistema JADC2 comercializado por L3Harris | 58 |
| Figura 10 Aplicativos del sistema Torch-XTM C4ISR | 60 |
| Figura 11 Descripción gráfica de las capacidades de la aplicación de control marítimo de Torch-X™ | 61 |
| Figura 12 Módulo de control táctico aéreo del sistema Torch-XTM | 61 |
| Figura 13 Módulo de control de fuego y soporte para tropas a pie | 62 |
| Figura 14 Módulo de mando y control para sistemas no tripulados heterogéneos | 63 |
| Figura 15 Ilustración del equipamiento que forma parte del sistema soldier-centric | 64 |
| Figura 16 Capacidades de la solución Torch-X™ Border | 65 |
| Figura 17 Ilustración de las capacidades del módulo Torch-X™ HQ | 66 |
| Figura 18 Sistema C5IVR de la empresa INDRA | 68 |
| Figura 19 Esquema de capacidades del sistema C5IVR de la empresa Indra | 71 |
| Figura 20 Ilustración del ICC Systems de Hytera Latam | 73 |
| Figura 21 Imagen del tablero de mando de incidentes en el VCS | 73 |
| Figura 22 Imagen del sistema MES de Hytera Latam | 74 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 Ilustración de la arquitectura de red bajo la que opera el sistema ICC de Hytera | 75 |
| Figura 24 Ilustración del sistema E-center de Hytera Latam | 76 |

Resumen

La presente investigación tiene como propósito fundamental el levantamiento de escenarios prospectivos tecnológicos respecto de las capacidades y características que los sistemas CXIVR tendrán en una perspectiva de tiempo que no va más allá del año 2033. Estos escenarios prospectivos permitirán proporcionar a la institución militar un marco tecnológico orientador, que admita seleccionar las características de los sistemas CXIVR que contribuyan de mejor forma a la eficiencia de las operaciones militares que realiza la Fuerza Terrestre. Para alcanzar los resultados planteados en la presente investigación, se ha considerado emplear un sistema de investigación híbrido que armonice el método tradicional de investigación científica, con el método de levantamiento de escenarios prospectivos determinado por Michel Godet; de tal forma que los resultados alcanzados tengan absoluta coherencia, consistencia, razonabilidad y, sobre todo, sean de total utilidad tanto para el ámbito académico, como institucional. En este contexto, el trabajo contiene dos resultados muy relevantes, el primero hace referencia a un estudio de vigilancia tecnológica que ha permitido conocer las capacidades que actualmente disponen los sistemas CXIVR ofertados por las empresas de la industria de la defensa mundial reconocidas en el top20 del ranking mundial. Por otro lado, el segundo aporte relevante constituye los escenarios prospectivos tecnológicos desarrollados como una forma de visualizar e inferir sobre las capacidades, características, generalidades particularidades y connotaciones que tendrán los sistemas CXIVR en la próxima década; de esta forma, el trabajo se constituye en un estudio de importancia significativa para la toma de decisiones que enfrentará la Fuerza Terrestre, en el momento de adquirir o implementar un sistema de ésta índole.

Palabras clave: Comando y control, operaciones militares, prospectiva tecnológica, vigilancia tecnológica.

Abstract

The main purpose of this research is to raise prospective technological scenarios regarding the capabilities and characteristics that CXIVR systems will have in a time perspective that does not go beyond the year 2033. These prospective scenarios will provide the military institution with a technological framework guidance, which allows selecting the characteristics of the CXIVR systems that best contribute to the efficiency of military operations carried out by the Land Force. To achieve the results proposed in this research, it has been considered to use a hybrid research system, which combines the traditional method of scientific research, with the method of raising prospective scenarios determined by Michel Godet; in such a way that the results achieved have absolute coherence, consistency, reasonableness and, above all, are totally useful both for the academic and institutional spheres. In this context, the work contains two very relevant results, the first refers to a technological surveillance study that has made it possible to know the capabilities currently available in the CXIVR systems offered by companies in the world defense industry recognized in the top 20 of the world ranking. On the other hand, the second relevant contribution constitutes the technological prospective scenarios developed as a way of visualizing and inferring about the capabilities, characteristics, generalities, particularities, and connotations that CXIVR systems will have in the next decade; In this way, the work constitutes a study of significant importance for the decision-making that the Land Force will face, at the moment of acquiring or implementing a system of this nature.

Keywords: Command and control, military actions, technological foresight, technological surveillance.

Capítulo I: Introducción

Formulación del problema

La modernidad de la sociedad actual ha traído consigo una serie de alteraciones al comportamiento de la humanidad, mismas que en términos de seguridad, ha evidenciado la necesidad de ampliar el empleo de sistemas tecnológicos que coadyuven significativamente a incrementar las capacidades operativas de las instituciones responsables por la seguridad, protección, mantención el orden público, gestión de riesgos y la defensa del territorio nacional, puesto que las capacidades humanas, al igual que el empleo de los medios tradicionales de guerra y no guerra, se vuelven cada vez más limitados, provocando de esta forma una falta de capacidad de respuesta de los estados para enfrentar nuevas amenazas.

En el caso ecuatoriano, los escenarios de empleo de la Fuerza Terrestre tienen características muy particulares, las cuales generan elevada complejidad para enfrentar las amenazas y riesgos, volatilidad en el comportamiento de la sociedad y de las estructuras que amenazan a la seguridad del Estado, incertidumbre por parte de las autoridades, en el momento de determinar las formas de enfrentar estos riesgos y amenazas; así como también ambigüedad, debido a la hibridación de ciertas formas de accionar de la sociedad. Estos escenarios, denominados VICA (Vaca, 2022), demandan de una transformación de las capacidades de Fuerza Terrestre, transformación que como su nombre lo indica, debe cambiar radicalmente su equipamiento, entrenamiento y doctrina de empleo.

La Fuerza Terrestre, paralelamente al cumplimiento de las misiones de defensa de la soberanía e integridad territorial establecidas en el art.158 de la Constitución de la República del Ecuador (CRE), debe dar cumplimiento a disposiciones del Ministerio de Defensa Nacional, orientas a contribuir con otras instituciones del Estado a través de convenios, acuerdos y protocolos que permitan apoyar al cumplimiento de las misiones de estas entidades. En la actualidad, se estiman más de 115 compromisos (acuerdos, convenios y protocolos) que generan

el cumplimiento de las denominadas tareas subsidiarias (Arias, 2023). Esta realidad implica la necesidad imperiosa de la Fuerza Terrestre, de disponer de los medios y sistemas tecnológicos adecuados como, por ejemplo, C4IVR, para garantizar la efectividad de sus operaciones en estas nuevas condiciones de seguridad.

En tiempos de guerra convencional, las actividades de las unidades militares dejan de cumplir ciertas tareas subsidiarias y se concentran en la consecución de los objetivos operacionales o estratégicos para cumplir con el Plan Estratégico Militar de Defensa Externa, emitido por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (CC.FF.AA.), mismo que se rige a los lineamientos y objetivos establecidos en la Directiva de Defensa Militar emitida por el Ministerio de Defensa. En estas circunstancias, el mando y control juega un rol fundamental, puesto que permite armonizar y sincronizar los esfuerzos de las unidades de maniobra, por lo que, disponer un sistema de tipo CXIVR permitirá incrementar las capacidades institucionales, tanto en operaciones de guerra convencional como no convencional.

En la actualidad, se observa que la Fuerza Terrestre carece de un sistema tecnológico que integre la información disponible durante la planificación y ejecución de las operaciones militares, provoca el apareamiento de una zona gris, en especial, si la información no es obtenida, analizada y apreciada en tiempo real, puesto que, esta falta de información genera mayor incertidumbre y disminuye la posibilidad de que los mandos planteen enfoques adecuados para dar solución a los problemas operacionales, y para cumplir las misiones dispuestas por el Estado Ecuatoriano.

Formulación del problema de investigación

En el contexto expuesto anteriormente, se evidencia que existe un problema latente en la seguridad y defensa de la soberanía e integridad territorial, dado que, las autoridades requieren información en tiempo real que debe ser procesada técnicamente, y empleando softwares que faciliten el análisis, estructuración y procesamiento de datos, considerando que, las múltiples misiones producen un alto volumen de información que para su procesamiento y

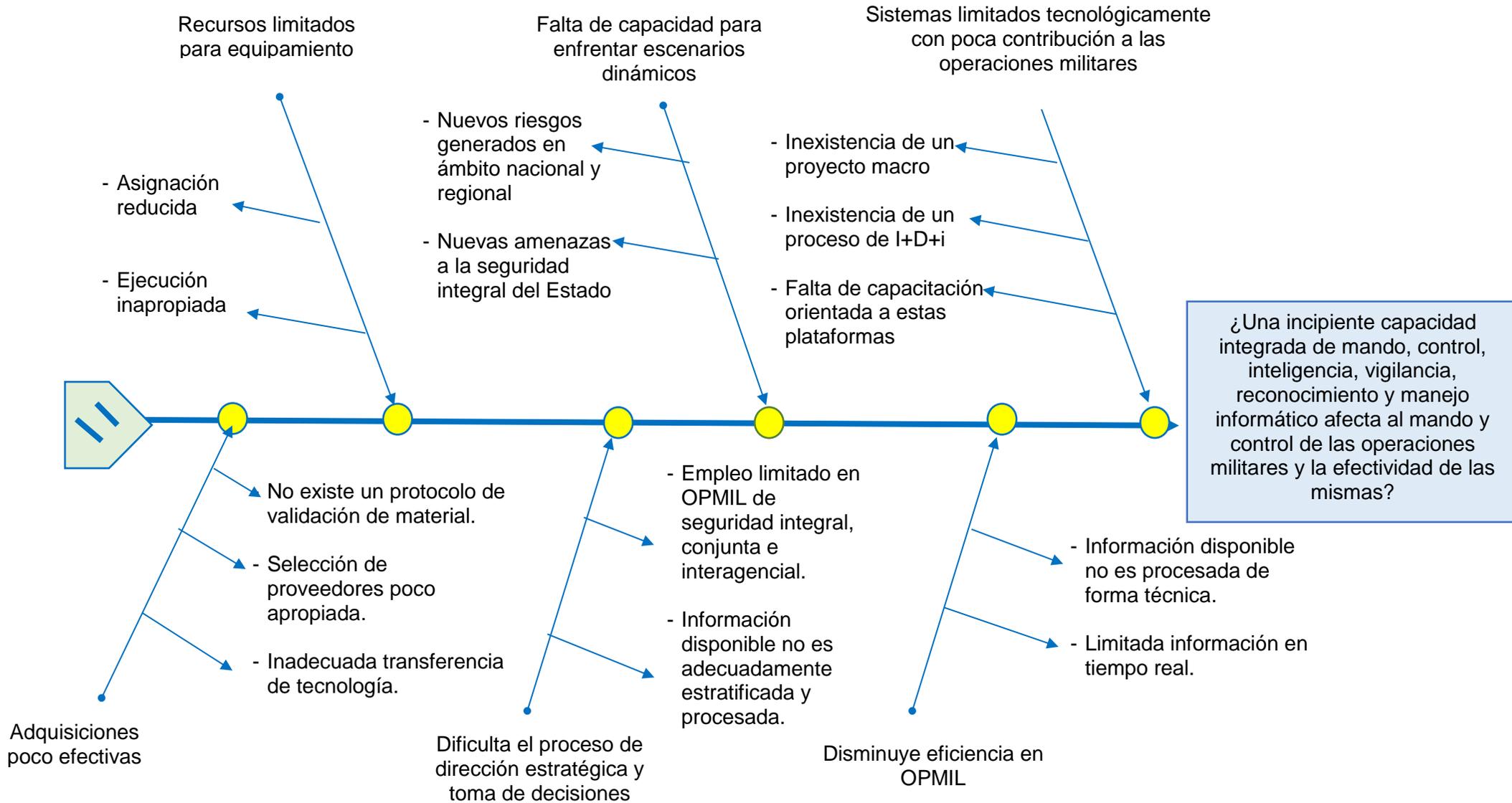
adecuada toma de decisiones, requiere un sistema que integre adecuadamente las capacidades militares como el Mando y Control e Inteligencia-Vigilancia-Reconocimiento. Sistema que actualmente no existe.

Así, se observa una problemática que debe ser debidamente abordada por la institución militar, en especial, en el momento de considerar el tipo de equipamiento, tipología y topología tecnológica que permita resolver la duda sobre la existencia o no de una Incipiente capacidad integrada de mando, control, inteligencia, vigilancia, reconocimiento y manejo informático. Este problema que enmarca el desarrollo de la presente investigación, es ilustrado con mayor detalle en la figura 1 que emplea un diagrama de causa y efecto para describir ciertas condiciones fundamentales para esclarecer la problemática que orienta la presente investigación.

A esta problemática técnica, se suma la desconexión técnico administrativa que existe en muchas instituciones, lo que deriva que en el momento de adquirir un determinado equipamiento, muy poco se sustentan las bases técnicas en investigaciones anteriormente realizadas, sino que, únicamente se conforman y estructuran en base a la oferta de las empresas, más no, en base a la demanda o necesidad institucional, lo que termina conduciendo a que la institución mantenga una infraestructura tecnológica en base a la oferta de mercado, y no, en base a la demanda propia.

Figura 1

Diagrama de causa efecto



Subproblemas o preguntas de investigación

En el contexto de la problemática expuesta se plantean preguntas de investigación que orienten el desarrollo del proceso de búsqueda de información y de posibles soluciones para mejorar las condiciones actuales. Seguidamente se detallan algunas de ellas:

- ¿La industria de la defensa mundial oferta sistemas C4IVR adaptables a la necesidad de FT?
- ¿La infraestructura tecnológica actual de la FT permite configurar un sistema C4IVR para conducir las operaciones militares?
- ¿Cuáles serían los escenarios tecnológicos venideros, y estos coadyuvarán para que la FT alcance una capacidad adecuada de C4IVR?
- ¿La Fuerza Terrestre incrementará su eficiencia operativa al contar con un sistema C4IVR?

Antecedentes del problema de investigación

La Fuerza Terrestre no ha renovado o modernizado los sistemas operativos del campo de batalla desde hace más de dos décadas, puesto que, por causas principalmente presupuestarias, en la mayoría de ellos, únicamente se han ido materializando adquisiciones específicas (soluciones paliativas puntuales), más no una modernización con sistemas integrales para solucionar sus demandas operativas. Dentro de las seis capacidades militares que actualmente concibe la Fuerza Terrestre, es pertinente brindar especial atención a dos capacidades puntuales:

- El Mando y Control, capacidad que, a través de soluciones informáticas, computacionales, cibernéticas y de telecomunicaciones, permite sincronizar e integrar el empleo de todas las capacidades institucionales, la cual últimamente se ha visto fortalecida con adquisiciones aisladas y en base a demandas urgentes, pero que no ha enfrentado un proceso de modernización integral, como el que

demandan los escenarios de seguridad y defensa actuales.

- Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento, misma que emplea sensores ópticos, eléctricos, electrónicos, radares, y otro tipo de sensores para observar, localizar, detectar e identificar información relevante para el cumplimiento de las misiones institucionales. Capacidad que tampoco ha sido modernizada y que no opera de forma integrada con el resto de las capacidades militares.

El vertiginoso proceso de desarrollo tecnológico que enfrenta el mundo ha provocado que la brecha tecnológica y las tendencias de obsolescencia tecnológica induzca a que determinadas tecnologías no sean de utilidad a largo plazo (más de 15 años); sin embargo, en el caso de los sistemas C4IVR, esta brecha en la Fuerza Terrestre es absoluta, pues la institución no dispone de un sistema holístico que integre y sincronice el empleo de todas las capacidades institucionales.

Es pertinente citar que en el ámbito de las tecnologías de información y comunicación el término de vigencia tecnológica es limitado a un máximo de 5-7 años, debido a que en este período el desarrollo tecnológico y las demandas de la sociedad mudan significativamente, y la tecnología adquirida hace más de 5 años resulta ineficiente para enfrentar los escenarios dinámicos de la seguridad y defensa. Nótese por ejemplo que, en el ámbito de telefonía celular, radiocomunicación, informática y computacional, existen lanzamientos de nuevos dispositivos con una periodicidad semestral, indicador que muestra que la vigencia y utilidad de un determinado sistema tecnológico puede ser aún menor a los 5 años detallados anteriormente.

En los últimos 30 años se ha evidenciado que para alcanzar una determinada eficiencia en las operaciones militares, existe un aporte significativo de las capacidades de Mando y Control, así como de Inteligencia Vigilancia y Reconocimiento; pues es a través de éstas, que se puede conocer con oportunidad cierta información que permite decisiones adecuadas sobre el empleo del poder militar.

Justificación

En la actualidad, las operaciones militares enfrentan dilemas en todos sus niveles de conducción, debido a que el acceso a información sustancial para la toma de decisiones se ve afectado por la falta de oportunidad, sincronización o forma de presentación de esta. Esta necesidad de administración y presentación de información es solventada por un sistema de mando y control, y es adquirida por un sistema de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, y sumados estos dos sistemas, la industria actualmente oferta los denominados sistemas C4IVR.

El Ejército ecuatoriano no dispone de un sistema de mando y control cuyo alcance tenga la capacidad de adquirir, enmarcar, administrar y presentar información referente a varias capacidades de las operaciones militares, como la capacidad de mando y control, inteligencia-vigilancia-reconocimiento y el ámbito cibernético, y la información generada por las unidades de frontera y/u operaciones que día a día ejecutan los miembros de la institución.

Por tanto, la ausencia de un sistema de este tipo, sumado a la necesidad de los Estados de mejorar su capacidad de respuesta ante las diversas amenazas nacionales y transnacionales, se evidencia la necesidad imperante de implementar un sistema CXIVR, mismo que permitirá garantizar un adecuado mando y control de las operaciones, disminuyendo los costos operativos e incrementando la eficiencia institucional.

Sin embargo, en el momento de adquirir un sistema tecnológico con capacidades muy peculiares y específicas, como es el caso de los sistemas CXIVR, en muchas de las ocasiones la Fuerza Terrestre únicamente se rige por la oferta que brindan las empresas oferentes, sin tener la opción de considerar absolutamente todas las necesidades operativas institucionales. Es en ese contexto que el presente estudio prospectivo procura realizar un levantamiento de escenarios prospectivos tecnológicos, que permitan que la Fuerza Terrestre pueda delinear adecuadamente sus procesos de adquisición de estas herramientas, considerando las variables, generalidades y características neurálgicas que son propias de las necesidades nacionales y que no podrán dejarse de lado en un sistema de este tipo.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un estudio prospectivo que permita determinar las características técnicas neurálgicas de los sistemas CXIVR del Ejército Ecuatoriano al 2033.

Objetivos Específicos

- 1) Realizar un estudio de vigilancia tecnológica sobre los sistemas CXIVR disponibles en el mercado mundial.
- 2) Determinar la situación actual de las capacidades de IVR y M&C de la Fuerza Terrestre.
- 3) Diseñar la metodología de investigación que permita alcanzar los objetivos propuestos.
- 4) Determinar los escenarios prospectivos tecnológicos de la Fuerza Terrestre al 2033.

Capítulo II: Marco teórico

Evolución tecnológica de los ámbitos que envuelven un sistema CXIVR

Un sistema C4IVR contempla la capacidad de amalgamar los procesos de obtención de información a través de la inteligencia, la vigilancia y el reconocimiento, al igual que la capacidad de procesamiento de esta información, la estructuración de datos y el empleo de herramientas que faciliten la comprensión e interpretación de los mismos.

Para el efecto, es pertinente señalar que estos sistemas, en términos generales se estructuran con un sistema de telecomunicaciones, un sistema de sensores y un sistema informático, por lo que, el marco teórico que fundamenta la presente investigación, contempla el manejo de conceptos y capacidades de aspectos como: espectro electromagnético, topología de las redes de comunicaciones, redes de datos, protocolos de comunicaciones, entre otros. Estos tópicos serán abordados a continuación.

El espectro electromagnético

Cuando se pretende implementar un sistema de mando y control eficiente, es obligatorio pensar en varios campos de conocimiento, puesto que las capacidades que estos sistemas generan, se sustentan en las peculiaridades de otros sistemas como el espectro radioeléctrico, los sistemas informáticos y los sistemas computacionales y cibernéticos.

Por tanto, un elemento fundamental de un proceso de telecomunicaciones, elemento que abarca todas las frecuencias que pueden ser empleadas por un sistema de comunicaciones para transmitir información, este espectro electromagnético emplea ondas electromagnéticas conectadas a sensores o cuerpos radiantes, y juntos forjan la denominada radiación electromagnética, la cual es un elemento de análisis desde la perspectiva legal, operacional, e incluso, de salud. Esta radiación que puede producirse de forma natural, como de forma artificial y a partir de ella, se materializa el fenómeno de la telecomunicación.

Conforme los estudios realizados a nivel mundial, el espectro radioeléctrico es parte del

espectro electromagnético, y cubre el rango de frecuencias desde 30Hz hasta 3.000 GHz (ARCOTEL, 2022), es decir, en este rango es posible emplear sistemas electrónicos para materializar una comunicación a distancias geográficamente distantes.

Estas particularidades, bondades y limitaciones que existen en el espectro electromagnético, ha provocado que este sea dividido en determinadas fajas, rangos o bandas de frecuencias, cada una de ellas con una utilidad específica y con capacidades y limitaciones que pueden ser explotadas conforme los escenarios geográficos, las potencias de transmisión-recepción, entre otras.

En ese contexto, el espectro electromagnético de cada país mantiene una distribución de frecuencias, en la cual, existen bandas o rangos específicos para uso militar, los cuales permiten garantizar la eficiencia de los enlaces de telecomunicaciones, la transmisión de información y la seguridad de esta. Además, de las bandas asignadas a las instituciones militares, existen otras bandas comunes como la banda de transmisión de señal GPS (1,5-1,6 GHz), banda de comunicaciones inalámbricas en 2,4 GHz, 4,8GHz y bandas empleadas para sistemas de radar (banda X, S), banda de comunicación satelital (Banda Ku, Ka, otras), condición de compartición de espectro electromagnético que debe ser adecuadamente visualizada en el momento del equipamiento y empleo de unidades militares.

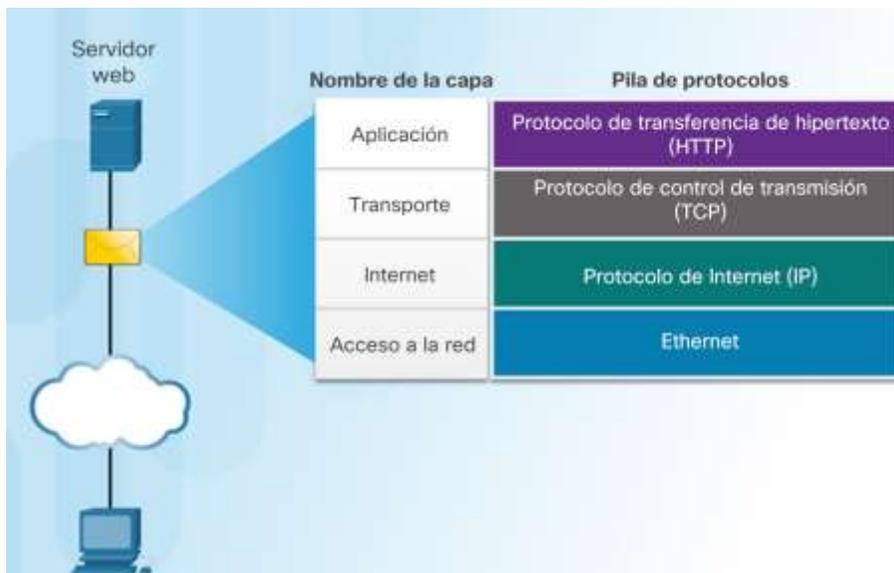
Los estándares y protocolos de comunicación

Protocolo. Es un conjunto de normas, reglas, estándares y políticas que contribuyen a una comunicación efectiva entre dispositivos electrónicos, sistemas de telecomunicaciones, entre otras. Nótese que el término comunicación hace referencia al intercambio de paquetes de datos (inclusive, mensajes de voz y texto) a través de una determinada red de datos o de telecomunicaciones (Kionetworks, 2022). Normalmente los protocolos se materializan en niveles, *layers* o capas que actúan de forma fuertemente correlacionada, es decir, un nivel depende de otro. Entre ejemplos de protocolos más comúnmente empleados en los sistemas de

telecomunicaciones están: HTTP, TCP, IP, Ethernet. Su interacción se observa en la figura 2.

Figura 2

Interacción de protocolos de red



Nota. Tomado de (CISCO, 2016).

Estándar. Es un conjunto de normas y recomendaciones de carácter técnico, las cuales tienen como propósito el regular un proceso de comunicación entre dos o más actores de un sistema (ITU, 2021).

La hiperconvergencia

Es una arquitectura basada en el empleo de software que amalgama recursos informáticos procedentes de otros sistemas o arquitecturas (VMWARE, 2022). Nótese que una plataforma catalogada como hiperconvergente considera la inclusión de un hipervisor que visualiza la informática, el almacenamiento definido mediante software y la virtualización de la red.

Las redes de comunicaciones

Se conforman por un conjunto de equipos y sistemas tecnológicos que admiten cristalizar una comunicación entre dos usuarios geográficamente apartados. Esta información se transmite

mediante el empleo de señales electromagnéticas o de señales ópticas. Nótese que la información que se transmite puede ser distinguida como una fuente de audio, video, imágenes u otros.

Para efectos de esta investigación, es pertinente tener claro y diferenciar el funcionamiento de estas redes, puesto que las soluciones de sistemas C4IVR o superiores, emplean fundamentalmente las redes de comunicaciones, sea para transmitir información o datos de sensores, de equipos, etc.

Las redes de telecomunicaciones se subdividen en redes de acceso y redes de transporte, cada una de ellas, con su característica y capacidades específicas para brindar las bondades que requiere el sistema para transportar un mensaje desde un destinatario a otro. En términos generales, se puede conferir la existencia de redes de telefonía fija, móvil, redes de datos, internet, red de televisión, etc.

Las redes de acceso. Las redes de acceso, son aquellas que permiten a un usuario cualquiera, acceder a una infraestructura de red, llamada *backbone*, o red de transporte, para permitir el traslado de la información de un usuario a otro. Según (ENACOM, 2023) Estas redes pueden ser las siguientes:

- **Acceso telefónico por dial-up.**- Es la versión más antigua de telefonía, poco usada en la actualidad;
- **Acceso ADSL.**- es un acceso por medio de una línea digital asimétrica. Es poco usada en la actualidad.
- **Acceso ADSL por banca ancha.**- similar a la anterior, pero permite mayor ancho de banda.
- **Acceso por medio cableado.**- Muy usada por servicios de televisión.
- **Acceso por red móvil.**- también llamada red de telefonía celular, la más usada en la actualidad.

- **Acceso inalámbrico.**- también llamadas redes WiFi.
- **Acceso satelital.**,. Emplean segmentos satelitales para facilitar la comunicación en lugares más inhóspitos.
- **Acceso por fibra óptica.**,. Muy empleada en redes de televisión, de internet, entre otros. Existe elevada tendencia a emplear este medio en el futuro.
- **Acceso por línea eléctrica.**,. Usan la red de energía eléctrica para transmitir información.

Las redes de transporte. Las redes de transporte, a su vez, se subdividen en redes de transporte de datos y redes de transporte de voz (telefonía, por ejemplo), estas redes permiten transportar señales de forma analógica o digital, aunque, en la actualidad, la mayoría de redes son digitales (emplean protocolo de voz sobre VoIP). A su vez, las redes pueden ser configuradas empleando medios guiados (cable) y no guiados (propagación troposférica, ionosférica y otras).

Por otro lado, para el transporte de datos se emplean las redes llamadas de internet, que emplean el protocolo TCP IP, además se componen de una serie de equipos enrutadores y conmutadores, que permiten la eficiencia, estabilidad e integridad de la información transmitida (NFON, 2023).

Las redes se pueden clasificar por varios criterios, uno de ellos, es por su alcance, en las cuales destacan las redes locales (LAN, *local área network*), urbanas (WAN, *wide area network*), metropolitanas (WiMax, WLAN) y otras.

Las tecnologías para el transporte de información más empleadas son; SDH (jerarquía digital sincrónica), PDH (jerarquía digital plesiócrona), Channel Fiber (muy útil para redes de almacenamiento), OTN (red de transporte óptico, son redes de alta velocidad), entre otras (Vargas, 2023).

Las redes de datos

Un capítulo especial en el ámbito tecnológico, es pertinente para el estudio de las redes de datos, las cuales son de mucha utilidad en el ámbito de transporte de paquetes de datos

desde un destinatario a otro. Estas redes han ido tomando mayor importancia en las edificaciones, con el denominado cableado estructurado, y que ha dado origen a conceptos y protocolos muy importantes, como es el caso del protocolo TCP/IP, entre otros. Por tanto, para concebir de manera amplia, el marco teórico en el que se circunscribe cualquier sistema de información y comunicación, es totalmente necesario comprender el concepto y funcionalidad de una red de datos, puesto que sobre la arquitectura de este tipo de redes se sustentan las comunicaciones pertinentes.

Arquitectura tradicional de un sistema de mando y control

Bajo la premisa de que un sistema C4IVR contempla un conjunto de capacidades de varias tecnologías que convergen en un solo objetivo, es fundamental admitir que la arquitectura que presentan estos sistemas son el producto del empleo de protocolos convergentes, de subsistemas modulares con alto nivel de compatibilidad, y, sobre todo, alta capacidad de interconexión e interoperabilidad, de tal manera que pueda integrar información procedente de los diversos dominios en los que se desenvuelven las operaciones militares, como son: terrestres, aéreos, marítimos y del espectro electromagnético (Barrios, 2022).

Según informa la empresa multinacional INDRA, un sistema de mando y control se caracteriza por abarcar las características específicas y disruptivas, como las ilustradas en la figura 3, las cuales demandan de una arquitectura específica, la misma que debe ser capaz de armonizar adecuadamente el flujo de información disponible, pero, sobre todo, capaz de disponer de algoritmos basados en inteligencia artificial que sean capaces de realizar un adecuado pre procesamiento, análisis e interpretación de información, y sobre todo, una adecuada presentación de los datos y resultados disponibles, de tal manera que sean capaces de cumplir con las siguientes funciones.

Conforme lo expresa la OTAN (Guerrero, 2016), una característica de un sistema C4IVR es la interconexión, la cual puede ocurrir entre medios diferentes, así como también con actores diferentes, se pueden emplear modalidades de comunicación diversas, se intercambian

variados tipos de información, entre otras particularidades y peculiaridades que demandan el comando y control de una operación de riesgo. Por tanto, conforme lo expone la figura 4, para un mejor entendimiento y posibilidad de compatibilidad inter sistemas e intra sistemas, es importante considerar que la interconexión entre los diversos elementos que podrían conformar un sistema CXIVR, es estratificada en seis niveles diferentes.

Figura 3

Características que distinguen a un sistema de mando y control

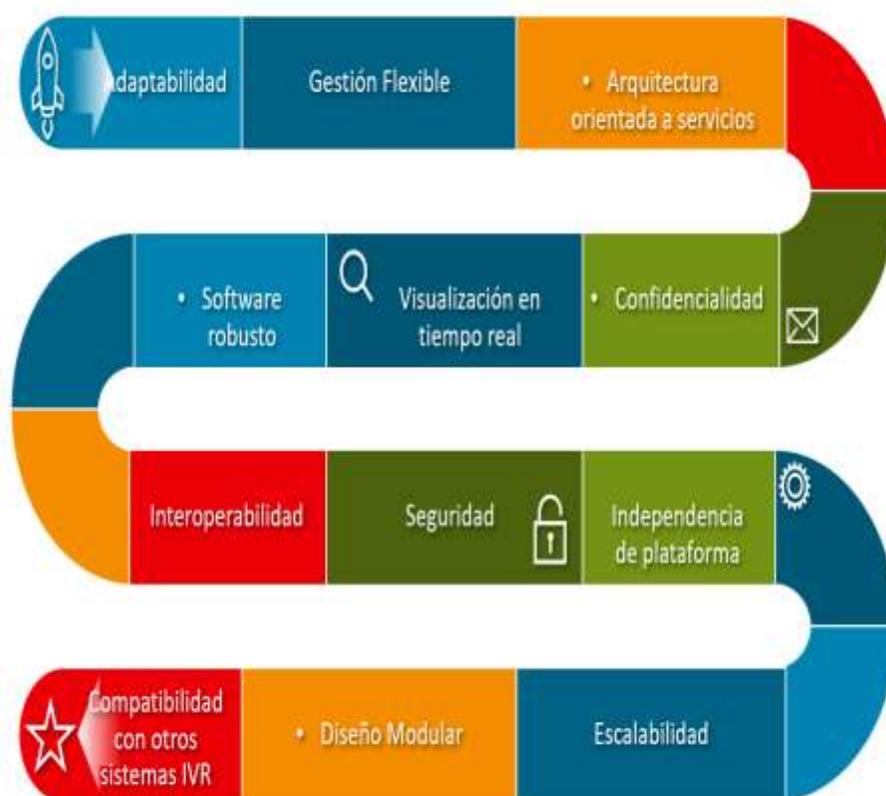
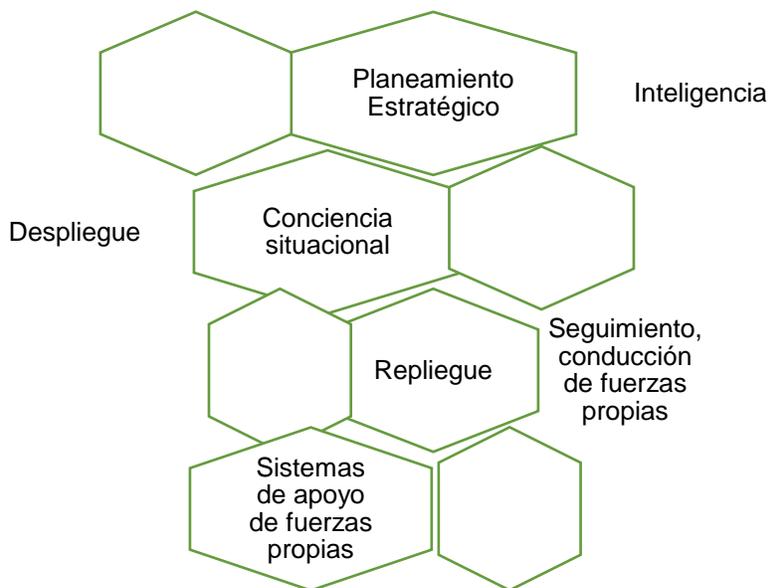


Figura 4

Funciones de un sistema C4IVR

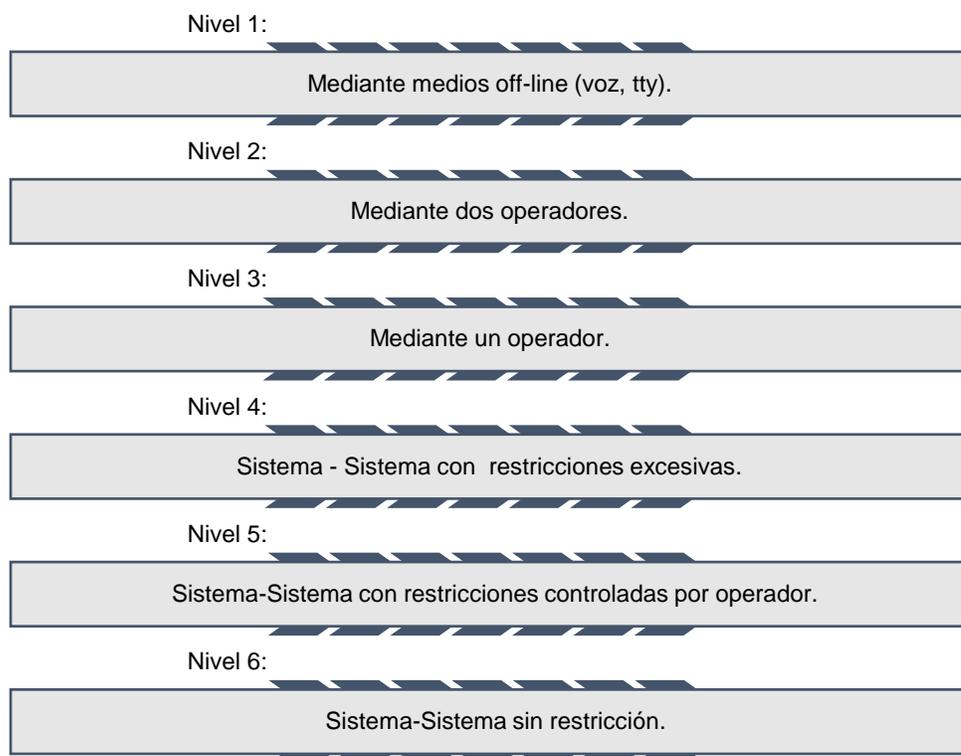


Cuando los sistemas tecnológicos buscan un determinado nivel de interconexión, es fundamental comprender que esta interconexión demanda la necesidad de diferenciar claramente los tipos de medios que serán utilizados en el proceso de interconexión, puesto que esto brinda la convergencia que requiere el sistema. Por otro lado, es pertinente considerar la cantidad de actores, operadores e interlocutores que son necesarios en el sistema propuesto, dado que, de esta particularidad nace el estándar y protocolo de comunicación manejará el sistema de comunicaciones.

Finalmente, la interconexión también debe concebir las restricciones operativas y de seguridad del sistema, dado que de ello nace la topología, la arquitectura, las seguridades de software y hardware que deberán ser materializadas para alcanzar un nivel adecuado de mando y control de las diferentes actividades y operaciones militares, sea cual fuere el ámbito en el que ellas se desenvuelvan. Estas peculiaridades son expuestas en la figura 5, en la misma que se establecen determinados niveles, para una mejor comprensión.

Figura 5

Características de la capacidad de interconexión



Nota. Los niveles muestran la capacidad de intercambio de información verbal o escrita.

Modelos empleados para el desarrollo de estudios prospectivos

Como base para el análisis de los modelos prospectivos, se han considerado aquellos modelos propuestos por Michel Godet (construcción de escenarios) y Francisco Mojica (tanto su modelo básico como avanzado), citados por (Barahona, Sanguña, Murillo, & Pantoja, 2019), y los cuales son producto de un estudio muy detallado al respecto de muchas propuestas de modelos prospectivos formulados por varios actores, bajo la consideración suprema de que los estudios prospectivos se han convertido en la ciencia que contribuye en la evaluación y construcción del futuro, a partir de las decisiones del presente.

Como fuente de información sobre los tipos de modelos prospectivos, es importante señalar que además de los modelos citados anteriormente (Godet y Mojica), existen otros modelos, poco utilizados, pero que constituyen una referencia para este tipo de estudios. Estos

otros modelos son:

- Métodos prospectivos propuestos por Javier Medina;
- Modelo evolutivo-revolucionario propuesto por Joseph Voros;
- Método MEYEP propuesto por Eduardo Balbi.

Según Mojica (2010), el futuro no es único, tampoco es lineal y más bien es incierto. En este contexto, refiere que para establecer escenarios es fundamental contar con la ayuda de expertos (para lo cual emplea el método Delphi¹). Mojica propone dos modelos, el primero es un modelo básico que es de gran utilidad para pequeñas empresas, y el segundo modelo, denominado avanzado, que es de mayor utilidad para grandes empresas. En contexto, ambos modelos buscan una construcción del futuro, sobre la base de tendencias y cambios tecnológicos.

Mojica resalta que las tendencias son fundamentales para establecer una prospectiva adecuada, y que los expertos juegan un rol fundamental en ella. Para ele efecto, diferencia claramente que en su modelo básico se emplean matrices que permiten coleccionar y analizar información de la empresa o institución bajo la cual se levantarán los escenarios; mientras que el avanzado, complementa el proceso realizado por el modelo básico, a través de la indagación profunda de información proveniente tanto de fuentes primarias como secundarias. A continuación, los procesos que siguen cada uno de estos dos modelos son expuestos de forma más amplia.

Tabla 1

Procesos de establecimiento de prospectiva empleando los modelos de Mojica

| Modelo Básico | Modelo Avanzado |
|---|--|
| 1. Factores de cambio <ul style="list-style-type: none"> • Matriz de cambio. | 1. Indagación de fuentes secundarias <ul style="list-style-type: none"> a. Estado del arte. |

¹ <https://www.gocnetworking.com/que-es-el-metodo-delphi-y-para-que-se-utiliza/#:~:text=%C2%ABEI%20m%C3%A9todo%20Delphi%20es%20un,contienen%20cuestiones%20referidas%20al%20futuro.%C2%BB>

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Matriz DOFA. | <ul style="list-style-type: none"> b. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. |
| <p>2. Priorización de factores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matriz de gobernabilidad (IGO). | <p>2. Información y análisis de fuentes primarias</p> <p><u>Taller 1:</u> Selección de factores de cambio</p> <p><u>Taller 2:</u> Establecimiento de variables estratégicas</p> |
| <p>3. Diseño de escenarios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cruz de escenarios propuesta por Peter Shwartz | <p><u>Taller 3:</u> Análisis de estrategias de actores</p> <p><u>Taller 4:</u> Diseño de escenarios</p> <p><u>Taller 5:</u> Elección de estrategias</p> |
| <p>4. Determinación de estrategias</p> | |

Nota. Elaborado por los autores, sobre la base de información referida por (Barahona, Sanguña, Murillo, & Pantoja, 2019).

Por otro lado, Godet (2000) señala que la prospectiva estimula la imaginación y reduce incoherencias y estructura un pensamiento colectivo, para lo cual, el estudio debe tener una fase exploratoria y otra anticipatoria. Además, concibe al escenario como una forma de describir el futuro y como sucederán los acontecimientos. Considera la existencia de los siguientes tipos de escenarios:

- Los escenarios posibles, aquellos posibles de imaginarlos;
- Los escenarios realizables, aquellos posibles de realizarlos a pesar de las dificultades que se presenten.
- Los escenarios deseables, son parte de los escenarios posibles, pero, cuyas restricciones disminuyen su probabilidad de ocurrencia. Estos escenarios se clasifican como: referenciados, contrastados o normativos y tendenciales;

El modelo de Godet imagina que un escenario se erige en tres fases, a saber:

1. Construir la base (delimitar el sistema, las variables claves del estudio y las estrategias de la competencia).
2. Identificar el campo de los posibles escenarios para reducir la incertidumbre (se plantean posibles futuros, a partir de la determinación clara de las variables).

3. Elaborar los escenarios empleando talleres prospectivos, método MICMAC², análisis de actores MACTOR, análisis morfológico MORPHOL, método de expertos SMIC Prob-Expert³.

En lo que refiere a los expertos que contribuyen en el estudio prospectivo, estos se consideran elementos claves, puesto que su interacción con las áreas que envuelven la problemática o incertidumbre a resolver, les constituye como personas idóneas para proponer soluciones viables.

Una perspectiva diferente es expuesta por Medina (2006), quién alude que, con el propósito de desarrollar prospectivas es muy importante establecer apropiados marcos de referencia, a partir de los cuales se orienta la toma de decisiones y la evaluación de posibles soluciones, tanto en el mediano como en el largo plazo. Este modelo sigue una metodología que parte de la recolección, continua con la integración y finaliza con la relación de información concreta, real y existente.

Fernando Voros (2014) refiere que al hablar de prospectiva se deben definir dos corrientes de pensamiento, la evolutiva y la revolucionaria. Los métodos evolutivos son exploratorios, descriptivos, cambiantes y definen un punto de partida, a partir del cual buscan la evolución permanente. Mientras que los métodos revolucionarios evolucionan de forma discontinua y no consideran cambios durante el tiempo.

Por otro lado, Balbi (2014) plantea el método MEYEP, mismo que busca el establecimiento de políticas y estrategias proactivas y que anticipan decisiones para establecer estrategias. El método propone la necesidad de armonizar los siguientes siete pasos:

1. Comprender el problema.
2. Elaborar y escoger variables e indicadores.
3. Construir el escenario óptimo.

² http://prospectiva.eu/curso-prospectiva/programas_prospectiva/micmac

³ <http://es.lapropective.fr/Methodos-de-prospectiva/Los-programas/70-Smic-Prob-Expert.html>

4. Construir el escenario tendencial y elaboración de los primeros mapas de riesgos y oportunidades.
5. Construir escenarios exploratorios. Aquí se incluyen los hechos portadores de futuro.
6. Seleccionar el escenario apuesta y las acciones necesarias para lograrlo.
7. Diseñar rutas estratégicas y elaborar un plan detallado (Balbi, 2014, pág. 23).

Estado del arte

Mando y control (Command and Control-C2), según Vassiliou, Alberts y Agre, es “un conjunto de atributos y procesos organizativos que emplea recursos humanos, físicos y de información para resolver problemas y cumplir misiones”. Para la OTAN es el ejercicio de autoridad y dirección sobre los recursos asignados para alcanzar un objetivo establecido. El Departamento de Defensa de Estados Unidos lo define como el ejercicio de autoridad por parte de un comandante sobre las fuerzas asignadas en el cumplimiento de una misión, todas las definiciones describen un comandante designado que ejerce autoridad y dirección sobre un grupo de personas con el fin de alcanzar un objetivo (AcademiaLab, 2023).

El Departamento de Defensa de Estados Unidos formuló el concepto Comando, Control, Computación, Comunicaciones, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (C4IVR), como un sistema que permita organizar la información multimedia que proviene de múltiples fuentes, originadas en una crisis, en un escenario espacial y temporalmente determinado, que permite:

- Analizar la información a los usuarios no situados en el escenario con herramientas robustas y en un contexto amplio.
- Recibir asesoramiento de las acciones que pueden adoptarse.
- Ejecutar el seguimiento conjunto de acciones y de la toma de decisiones de una forma coordinada para solucionar la situación mediante la retroalimentación entre los actores locales y no locales (Sempere, 2010).

Algunas de las características operativas que los sistemas C4IVR o también llamados

C4ISR son: interoperabilidad en todos los niveles y con otros sistemas; flexibilidad integrando rapidez y facilidad entre puestos de mando, terminales de información y sensores; seguridad para mantener la capacidad operativa del sistema en todo momento soportando incluso ataques enemigos y; eficiencia para optimizar los recursos disponibles (Sempere, 2010).

La capacidad de interoperar con otras entidades es un principio de supervivencia en este nuevo ambiente operativo, es por esto que la interoperabilidad ha sido definida convencionalmente como: “la capacidad que tienen los sistemas, unidades o fuerzas para suministrar y/o aceptar los servicios de otros sistemas y usarlos para operar conjuntamente de una forma efectiva” (Guerrero, 2016). En tal sentido, esto debe convertirse en una capacidad obligatoria de los sistemas de comunicaciones.

El perfeccionamiento de los Sistemas de Mando y Control (C2) es perceptible fundamentalmente gracias a dos principios operativos y técnicos:

- Integración funcional con sistemas de apoyo de organizaciones propias.
- Interoperabilidad con los sistemas C2 de otras fuerzas, organizaciones y agencias nacionales e internacionales.

Los Puestos de Mando de las Divisiones ya no se visualizan como el Centro de Operaciones donde coexisten los terminales de los distintos sistemas de apoyo, la tendencia actual es integrar todos los Sistemas en un único Sistema multifuncional con varias áreas operativas integradas, así el planeamiento y la conducción de las operaciones puede llevarse a cabo desde un solo terminal capaz de intercambiar datos entre dominios de aplicaciones diferentes.

La interoperabilidad es definida por la OTAN como la capacidad que los sistemas, unidades o fuerzas tienen para aceptar los servicios de sus similares, usar dichos servicios para operar conjuntamente de una manera eficiente. La operabilidad se divide en técnica y operacional, la primera se alcanza mediante especificaciones enfocadas a la estandarización y la segunda utilizando los mismos procedimientos y doctrina. La falta de esta es la principal

dificultad que enfrentan las fuerzas que no han iniciado procesos de modernización, en lo doctrinal existen muchos avances, en lo técnico aún queda mucho por solucionar, ya que existen diferentes grados donde se requiere la participación humana o sistemas totalmente automáticos (Cabello, 2012).

Las fuerzas actualmente deberían ser capaces de compartir en tiempo real la situación de los soldados en el campo de batalla ante su digitalización, lo que permitirá que el equipo planificador y que toda la cadena de mando aproveche las fuentes de inteligencia para informar al comandante de manera oportuna contenido imprescindible, un panorama táctico y general que servirá de apoyo para la toma de decisiones. Este tipo de sistemas además permite difundir la intención del comandante, sincronizar las operaciones en cualquier tiempo y condiciones climatológicas, mantener la iniciativa, negar el engaño y dominar el ritmo operativo de las tropas y el fuego amigo (REDIMEC, 2023).

Los avances tecnológicos asociados al mando y control, buscan la construcción de un dibujo compartido de la situación, enfrentándose a herramientas desarrolladas para obstaculizarlo, herramientas denominadas guerra de mando y control (C2W). La tecnología que produce la transparencia será empleada por el enemigo para lograr la opacidad, siempre habrá zonas oscuras. En el corto los esfuerzos tecnológicos se enfocarán a disponer de sistemas interoperables con grandes capacidades de conexión entre sistemas, unidades y fuerzas. Presupuesto pequeños de naciones que se encuentran en vías de desarrollo no debe ser causa para que exista una desigualdad tecnológica, que las deje ciegas, sordas y mudas cuando se enfrenten a otras fuerzas más capaces (Cabello, 2012).

Marco conceptual

Como parte del marco referencial que orienta y enmarca la presente investigación, es pertinente señalar los siguientes conceptos:

Seguridad integral. - es una visión sistemática que tiene como finalidad garantizar, proteger la justicia y la seguridad ciudadana, las relaciones internacionales y la defensa, la

justicia social y el desarrollo humano, el ambiente y la gestión de riesgos, la democracia, gobernabilidad ciencia y tecnología (CC.FF.AA., 2020) y (Asamblea-Nacional, 2009).

Operaciones Terrestres Unificadas.- Las OTU son un conjunto de acciones y tareas que materializan la contribución del Ejército a la acción unificada del Estado. Las OTU pueden ser: simultáneas defensivas, ofensivas, de apoyo a las instituciones del Estado y de estabilidad, cuyo fin es capturar, retener, explotar la iniciativa y consolidar ganancias para configurar el ambiente operacional, advertir conflictos y subyugar en la guerra, como parte de una acción unificada (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020).

Operaciones militares de ámbito interno. - Son operaciones conducidas por Fuerzas Armadas, en forma sistemática, en un área previamente establecida y por tiempo limitado, su objetivo es mantener el orden público y proporcionar seguridad a las personas y su patrimonio (CC.FF.AA., 2020) y (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020).

Operaciones de apoyo a las instituciones del Estado (AEI). - Las misiones de AEI son parte de la participación militar en el territorio ecuatoriano, como respuesta a la solicitud de las autoridades civiles en tiempos de paz, también cuando se declarado el estado de excepción durante situaciones de crisis, emergencias o grave conmoción interna o externa; la participación será de acuerdo a las normas y la ley establecidas para el efecto (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020) y (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020).

Operaciones de complementariedad.- Es la denominación que se emplea para materializar el apoyo de FF.AA. hacia la Policía Nacional, a través de operaciones que legalmente están consideradas como de competencia de FF.AA., tienen la finalidad de precautelar la protección interna, el mantenimiento y control del orden público y la seguridad ciudadana (Asamblea-Nacional, 2009) y (Asamblea-Nacional, 2009).

Operaciones inter agenciales. - Es el proceso mediante el cual se acuerda y se sincronizan los medios y los esfuerzos de dos o más instituciones agencias, las cuales buscan generar valor en la gestión pública y así lograr los objetivos planteados (CC.FF.AA., 2020) y

(Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020).

Transferencia de tecnología. – Es un proceso a través del cual se produce la transmisión científica, tecnológica, del conocimiento, de los medios y de los derechos de explotación, desde el propietario de los mismos hacia terceras partes, se realiza con la finalidad de promover la fabricación de un producto, el desarrollo de un proceso o la prestación de un servicio, de esta forma se podrá construir un verdadero desarrollo de capacidades (AEC, s.f.) y (Economipedia, 2023).

Amenazas. - Son los fenómenos, condiciones o elementos de naturaleza antrópica, que se caracterizan por su capacidad, intencionalidad y motivación para ejecutar atentados en contra de intereses vitales y estratégicos del Estado (CC.FF.AA., 2020) y (Ministerio de Defensa Nacional, 2018).

Riesgos. – Se consideran como una condición interna o externa que se crea por contextos de origen natural o antrópico, los cuales consiguen una afectación a la seguridad y defensa del Estado. La posibilidad de ocurrencia es incierta, aunque muchos de los riesgos que los causa el ser humano pueden convertirse en amenazas (CC.FF.AA., 2020) y (Ministerio de Defensa Nacional, 2018).

Comunicaciones.- Para la Fuerza Terrestre, las Comunicaciones son el acto de transmitir un mensaje de un lugar a otro, como parte de las acciones y/u operaciones militares que realizan las diversas unidades de la FT (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020).

Mando y Control.- Para la Fuerza Terrestre, el mando y control es considerado como una capacidad militar institucional, el cual es responsable por la sincronización de las capacidades de los demás sistemas operativos del campo de batalla (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020) y (Departamento de Doctrina Militar Conjunta, 2020).

Inteligencia. - Para la Fuerza Terrestre, la inteligencia militar, es el proceso mediante el cual se analiza la información obtenida, a fin de obtener información relevante que puede o no

influenciar en el cumplimiento de una misión específica (Departamento de Doctrina Militar Conjunta, 2020).

Vigilancia. - Para la Fuerza Terrestre, la vigilancia es una actividad a través de la cual se observa un determinado escenario. La observación puede ser ejecutada de forma física (presencial) o electrónica (sensores) (Departamento de Doctrina Militar Conjunta, 2020).

Vigilancia Tecnológica. – Conforme lo señala (DataScientest, 2023), al citar a Steven Wheelwright, un estudio de vigilancia tecnológica se realiza con la finalidad de prevenir y alertar a las autoridades sobre novedades en la innovación técnica o científica. Se considera como un producto crítico, de importancia y relevante (Gestión-Calidad.com, n.d) y (Gobierno de España, n.d.).

Prospectiva. – Es una ciencia que estudia las causas técnicas, científicas, económicas y sociales, que permiten acelerar la evolución de la sociedad y la tecnología. Se materializa a través de escenarios prospectivos que proponen tentativas sistemáticas para observar sucesos que ocurrirán en el largo plazo (Organización para la cooperación y el desarrollo económico-OCDE, 2023).

Reconocimiento. - Para la Fuerza Terrestre, el reconocimiento es una actividad, que permite obtener información respecto al dispositivo, composición y efectivos del enemigo o de la amenaza. Durante este estudio, el reconocimiento no es considerado acorde a la definición de operaciones complementarias en la conducción militar, sino, únicamente, como la acción de obtener información (Departamento de Doctrina Militar Conjunta, 2020).

Ciberdefensa.- Es definida como el conjunto de acciones y operaciones de tipo activas y pasivas, las mismas que se desarrollan de forma preventiva, en el ámbito de las redes, los sistemas informáticos y de telecomunicaciones, los enlaces de telecomunicaciones del sistema de defensa de una determinada institución (CiberseguridadTips, 2023), (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020) y (Departamento de Doctrina Militar Conjunta, 2020).

Ciberseguridad.- Es el conjunto de acciones preventivas que permiten brindar seguridad

el sistema de redes informáticas y telecomunicaciones, con énfasis en la seguridad digital, realizadas con la finalidad de proteger la información (Microsoft, 2023) y (Infosecurity, n.d.).

Fundamentación Legal

Para referirse al marco legal que enmarca la presente investigación, es pertinente señalar que no existe una cantidad significativa de cuerpos legales y normas administrativas que restrinjan el accionar del estudio, por tanto, a continuación, se detallan las normas constitucionales, y administrativas que de cierta forma mandan, prohíben o permiten plasmar las ideas planteadas en esta investigación, en proyectos tangibles para la institución.

Constitución de la República del Ecuador

Artículo 158.- “Las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional son instituciones de protección de los derechos, libertades y garantías de los ciudadanos. Las Fuerzas Armadas tienen como misión fundamental la defensa de la soberanía y la integridad territorial. La protección interna y el mantenimiento del orden público son funciones privativas del Estado y responsabilidad de la Policía Nacional.

Las servidoras y servidores de las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional se formarán bajo los fundamentos de la democracia y de los derechos humanos, y respetarán la dignidad y los derechos de las personas sin discriminación alguna y con apego irrestricto al ordenamiento jurídico”.

Ley de Seguridad Pública y del Estado

Artículo innumerado, al artículo 11.- El Ministerio de Finanzas asignará los recursos necesarios para el entrenamiento, equipamiento y empleo de las Fuerzas Armadas para proteger la seguridad ciudadana, en base a los planes que diseñará el Comando Conjunto de la Fuerzas Armadas.

Modelo de Transformación del Ejército ecuatoriano 2020

El perfil del ejército del futuro se configura de la siguiente manera:

- Ejército multimisión, personal polivalente y material multipropósito;

- Estructuras flexibles, adaptables, modulares y sostenible;
- Interoperable e interagencial;
- Con capacidad de gestionar la información;
- Capacidad de reacción inmediata;
- Centrado en la dimensión humana;
- Inteligencia efectiva;
- Protección avanzada;
- Información centralizada y digitalizada;
- Letalidad selectiva en operaciones de guerra.

Por otro lado, el perfil del soldado profesional del Ejército del 2033, contempla lo siguiente:

- Practicar la ética profesional del Ejército;
- Participar en operaciones conjuntas, combinadas e interagenciales;
- Desarrollar habilidades de investigador en áreas de seguridad y defensa;
- Actuar en operaciones de guerra convencional y asimétrica;
- Actuar en operaciones de no guerra;
- Liderar en todos los niveles;
- Ejercer los preceptos de los DDHH y DIH.;
- Desarrollar pensamiento crítico;
- Operar en el ciberespacio;
- Comunicarse en el idioma inglés;
- Desarrollar la conciencia ambiental;
- Operar equipos de alta tecnología.

Plan Estratégico Ejército 2033-1.0: 2021-2033

El escenario prospectivo del Ejército para el año 2033, constante en su Plan Estratégico, entre otras cosas, refiere lo siguiente:

- Ausencia de conflictos armados interestatales en los últimos años.
- Incremento de la pobreza, corrupción y desempleo, provoca estallidos sociales con altos niveles de violencia; ambiente que ha sido aprovechado por el narcotráfico y crimen organizado transnacional para el desarrollo de actividades delictivas.
- La inseguridad en el país se ha incrementado, demandando por parte de la sociedad, mayor involucramiento de los organismos de control y seguridad.
- El empleo de equipamiento avanzado en las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) se ha incrementado por parte de organizaciones y elementos al margen de la ley, facilitando el cometimiento de actos ilícitos en el ciberespacio direccionados a la infraestructura crítica del Estado y las instituciones públicas y privadas.
- El diseño de Fuerza ha alcanzado una estructura organizacional adecuada, con un enfoque multimisión.
- La infraestructura técnica, mediante la adquisición de equipos, herramientas, simuladores físicos y virtuales en los sistemas operativos del campo de batalla (S.O.C.B) han sido implementados en gran medida.
- La estructura de desarrollo tecnológico militar es adecuada, debido a la creación de Centros de Investigación Tecnológica y de Pensamiento Estratégico Militar, además la planificación basada en prospectiva tecnológica, considera áreas y líneas investigativas modernas, que sumadas a la existencia de un modelo, sistema, grupos y redes de investigación permiten generar convenios con la academia y la industria de la defensa, alcanzando resultados en la generación de ingenios militares, desarrollo e implementación de proyectos en beneficio institucional.
- Los costos para alcanzar la tecnología de punta que ofrece el mercado son muy altos, sin embargo, debido al incremento de la inversión en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), la disponibilidad tecnológica en el Ejército es medianamente

desarrollada, mejorando significativamente la compatibilidad e interoperabilidad en equipos y sistemas.

- La Universidad de Fuerzas Armadas UFA-ESPE, mediante los convenios existentes con la industria de la defensa y la institución, satisface de forma adecuada las necesidades y requerimientos operacionales, incluyendo proyectos del personal civil y estudiantes militares de tercer y cuarto nivel; además, permite la capacitación y especialización permanente del personal militar para reconocer las aplicaciones de las ciencias y tecnologías emergentes, así como comprender el valor que ofrecen frente a los sistemas tradicionales, concomitantemente la automatización de los procesos y sistemas, el empleo de *big data* para procesar la información, ciberseguridad y ciberdefensa, la tecnología 5G que ha generado cambios en la conectividad de las personas, instituciones y áreas de empleo, la hiper conectividad, la hiper convergencia e interoperabilidad son proyectos consolidados que incrementan las capacidades militares.

Sistemas de variables

Definición nominal

Variable independiente. Sistemas C4IVR.

Variable dependiente. Operaciones Terrestres Unificadas (OTU).

Tabla 2

Definición conceptual y operacional de las variables

| Dimensión (Del tema) | Conceptualización (Marco teórico, revisión previa de papers, libros y tesis) | Subdimensiones (De la teoría o del modelo a aplicar) | Indicadores (Para cada dimensión o subdimensión) | Pregunta de investigación (Proviene del planteamiento del problema) | Fuentes (de donde obtendré información primaria y secundaria) | INSTRUMENTO (Como levanto información primaria) |
|--------------------------------|---|--|--|---|---|---|
| Variable independiente: | Sistema C4IVR. - Un sistema CXISR proporciona herramientas para suministrar la información que requiere una autoridad para gestionar operaciones militares en entornos operativos complejos, en ambientes aéreos, marítimos y terrestres, así como en el ciberespacio (INDRA, 2022). | Tecnología | Número de sistemas disponibles | ¿Los sistemas CXIVR permiten incrementar la efectividad de las operaciones terrestres unificadas? | Sitios web empresariales Representantes de venta | Revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias |
| Variable dependiente: | Operaciones terrestres unificadas (OTU). - Las OTU son la forma en la que el Ejército contribuye a la acción unificada y son operaciones simultáneas defensivas, ofensivas, de apoyo a las instituciones del Estado y de estabilidad, con el propósito de capturar, retener, explotar la iniciativa y consolidar condiciones favorables en el ambiente operacional, evitar conflictos y/o triunfar en la guerra, como parte de una acción unificada (Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre, 2020). | Doctrina | Impacto en la eficiencia de las OTU | | Literatura científica y técnica Informes del Comando de Operaciones Terrestres | |

Capítulo III: Marco metodológico

Modalidad de Investigación

La naturaleza de la presente investigación se enmarca en un trabajo de investigación aplicada, en vista que la recolección de información, su procesamiento y los resultados obtenidos en la investigación permitirán una adecuada toma de decisiones por parte de la Fuerza Terrestre, en especial, en el momento en que se busque establecer un proyecto de implementación de un sistema CXIVR en la institución. Nótese que esta investigación es categorizada como de tipo aplicada, pues el propósito no es la busca de conocimiento básico o científico, sino, puramente una aplicación de la literatura científica existente para determinar una solución al problema existente en el Ejército ecuatoriano, sobre la incipiente capacidad de mando, control, inteligencia, vigilancia y reconocimiento a través de un sistema tecnológico integrado.

Tipo de investigación

Bajo las consideraciones expuestas en el ítem anterior, y considerando que la investigación maneja una modalidad híbrida, se debe puntualizar que la presente investigación es de tipo cualitativo, debido a que se analizarán las características y generalidades de los sistemas CXIVR desde un ámbito puramente cualitativo. A pesar de que en el momento de diagnosticar la situación actual de ciertas capacidades militares es obligatorio aplicar un ponderador matemático, la presente investigación como tal, en términos generales no busca este análisis estadístico, sino más bien un análisis etimológico y descriptivo de las características de los sistemas C4IVR.

De igual forma, la tipología de investigación cualitativa planteada, prevé el estudio detallado de información obtenida de las fuentes primarias y secundarias de información, puesto a partir de ellas, se podrá visualizar e inferir con mayor precisión el tipo de escenario tecnológico que enfrentará el Ejército ecuatoriano en el 2033, al referirse a los sistemas CXIVR.

Por tanto, el presente trabajo emplea una metodología de tipo descriptiva,

considerando que es necesario analizar variables, definir conceptos, y estudiar el fenómeno “el impacto de los sistemas C4IVR en las capacidades militares” de forma específica y detallada, considerando los componentes y sistemas que formarían parte del mismo interactúan de forma sincrónica para permitir el empleo eficiente de los medios militares en los diferentes escenarios de seguridad y defensa que se puedan presentar.

Diseño de la investigación

Con la finalidad de atender a las preguntas de investigación planteadas en el planteamiento del problema que enmarca al presente estudio, es fundamental que se establezcan de forma adecuada ciertas definiciones que orientarán el proceso de investigación, de tal forma que, los resultados alcanzables sean coherentes, razonables y sobre todo, de absoluta utilidad tanto para la Fuerza Terrestre, cuanto para el Estado ecuatoriano.

En ese contexto, el diseño de investigación que mejor se adapta a la situación en estudio, es el diseño de tipo no experimental, tanto con una tipología transeccional o transversal, como longitudinal.

La investigación es transeccional o transversal debido a que la información base de análisis es colectada en un momento específico del tiempo, para seguidamente emplear un enfoque descriptivo sobre cada uno de los detalles de la información disponible.

Así mismo, se considera como longitudinal, debido a que la investigación tiene como propósito elucubrar e inferir sobre los cambios que existirán en los sistemas CXIVR a través del tiempo, y también, a que el momento de desarrollar los escenarios prospectivos que realiza una inferencia razonable para establecer las características y tendencias que la tecnología que compone un sistema CXIVR alcanzará para una determinada línea de tiempo.

Niveles de la investigación

El procedimiento académico-científico empleado en este trabajo se cimienta en un enfoque deductivo, que inicia por el estudio, descripción y comprensión de un sistema CXIVR en el contexto general y como son ofertados por la industria de la defensa mundial, y

posteriormente se aproxima de forma detallada al contexto específico que permita presentar una posible solución al problema y preguntas de investigación planteado. Para el efecto se consideran tres fases, la primera es la búsqueda de información, seguidamente, se realiza un análisis comparativo de la información y se realiza una primera aproximación a las necesidades tecnológicas requeridas. Finalmente, se receptorán criterios y recomendaciones de personal militar con experiencia en empleo de estos sistemas CXIVR.

Así mismo, es pertinente realizar una profunda investigación exploratoria y documental a la bibliográfica existente, puesto que existen ponencias divergentes sobre el empleo de sistemas CXIVR en instituciones militares, especialmente, basadas en el tipo de misiones que cumple y en las características de sus escenarios.

En lo que a la vigilancia tecnológica se refiere, la investigación se fundamentará en la información difundida por las diferentes industrias de la defensa, a nivel mundial, en los últimos 3 años. Mientras que, respecto al estudio prospectivo, este alcanzará como objetivo final, la determinación de los 5 escenarios típicos de un estudio de esta índole.

Finalmente, es fundamental resaltar que la investigación propuesta seguirá los principios y el proceso de elaboración de estudios prospectivos propuesto por dos autores connotados, como son Godet y Mojica, citados por (Barahona, Sanguña, Murillo, & Pantoja, 2019), dado que estos modelo permiten conducir las actividades académicas de la investigación hacia la determinación de los escenarios prospectivos y tecnológicos que se requieren determinar en la presente investigación.

Por tanto, la investigación propuesta no sigue escolásticamente el método de investigación científica, sino que, sigue una modalidad híbrida, entre el método científico empleado para el desarrollo del problema de investigación, el marco teórico y metodológico; y el modelo de Godet y Mojica empleado para realizar el estudio prospectivo y describir sus correspondientes escenarios futuros.

Población y Muestra

Población. No Aplica para la presente investigación.

Muestra. Se ha establecido una muestra no probabilística, por conveniencia, debido

a que como parte de los modelos de Godet y Mojica, se requiere emplear la herramienta del Ábaco de Régnier, como un instrumento de colecta de criterio de expertos, en este caso, expertos en el ámbito de la Defensa y de las tecnologías de información y comunicación.

Los expertos mencionados anteriormente han sido seleccionados por el equipo investigador, en un número de 5, escogidos a partir de su experiencia en el ámbito de las operaciones militares que ha efectuado el Ejército ecuatoriano en los últimos 20 años, así como también, en base a su experiencia en el desarrollo de proyectos de inversión relacionados con sistemas de mando, control, vigilancia y reconocimiento.

Técnica e Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos

Los datos serán recolectados a través del análisis profundo de las fuentes bibliográficas y archivos difundidos por las empresas que actualmente ocupan los primeros sitios en el ranking de la industria de la defensa. Así como también, se empleará la herramienta del Ábaco de Régnier, para la recolección de los criterios de expertos en el ámbito del mando y control, los cuales son actores fundamentales en la priorización de variables, las mismas que posteriormente conformarán la matriz morfológica y los respectivos escenarios prospectivos.

Validez y confiabilidad

Debido a la particularidad del tema, en esta investigación también se empleará el criterio y experiencia del equipo investigador, misma que acorde a la experiencia adquirida, al índice h de los investigadores y a las publicaciones científicas realizadas, permiten obtener confiabilidad en el trabajo realizado.

Así mismo, la validez de la investigación se sustenta en la metodología empleada para la alcanzar los resultados de investigación, así como también, en la convergencia filosófica y fáctica entre la propuesta de investigación y las soluciones tecnológicas que ofertan las empresas más connotadas de la industria de la defensa mundial.

Procesamiento de la información

La información obtenida de las diferentes fuentes de información secundaria,

literatura científica y sitios web de la industria de la defensa, será procesada mediante las herramientas que proporciona el software Microsoft Office.

Por otro lado, la información generada del estudio de vigencia tecnológica, permitirá levantar variables y hechos portadores de cambio, los cuales serán procesados mediante las herramientas disponibles en editores de texto comerciales.

Técnicas de análisis de datos

Se emplearán técnicas de análisis de tipo inferencial y predictivo, debido al propósito de la investigación, misma que busca predecir escenarios tecnológicos al 2033, y recomendar las mejores condiciones bajo las cuales la F.T. debería orientar su proceso de adopción de un adecuado sistema CXIVR.

De esta forma, la metodología empleada en el levantamiento de escenarios se aleja de forma muy significativa de la subjetividad, así como también, corrige una parte de la problemática del equipamiento de la infraestructura tecnológica institucional, que es, la adquisición de tecnología ajustada a la oferta de la industria de la defensa mundial, y apartada de las necesidades operativas y de los requerimientos institucionales.

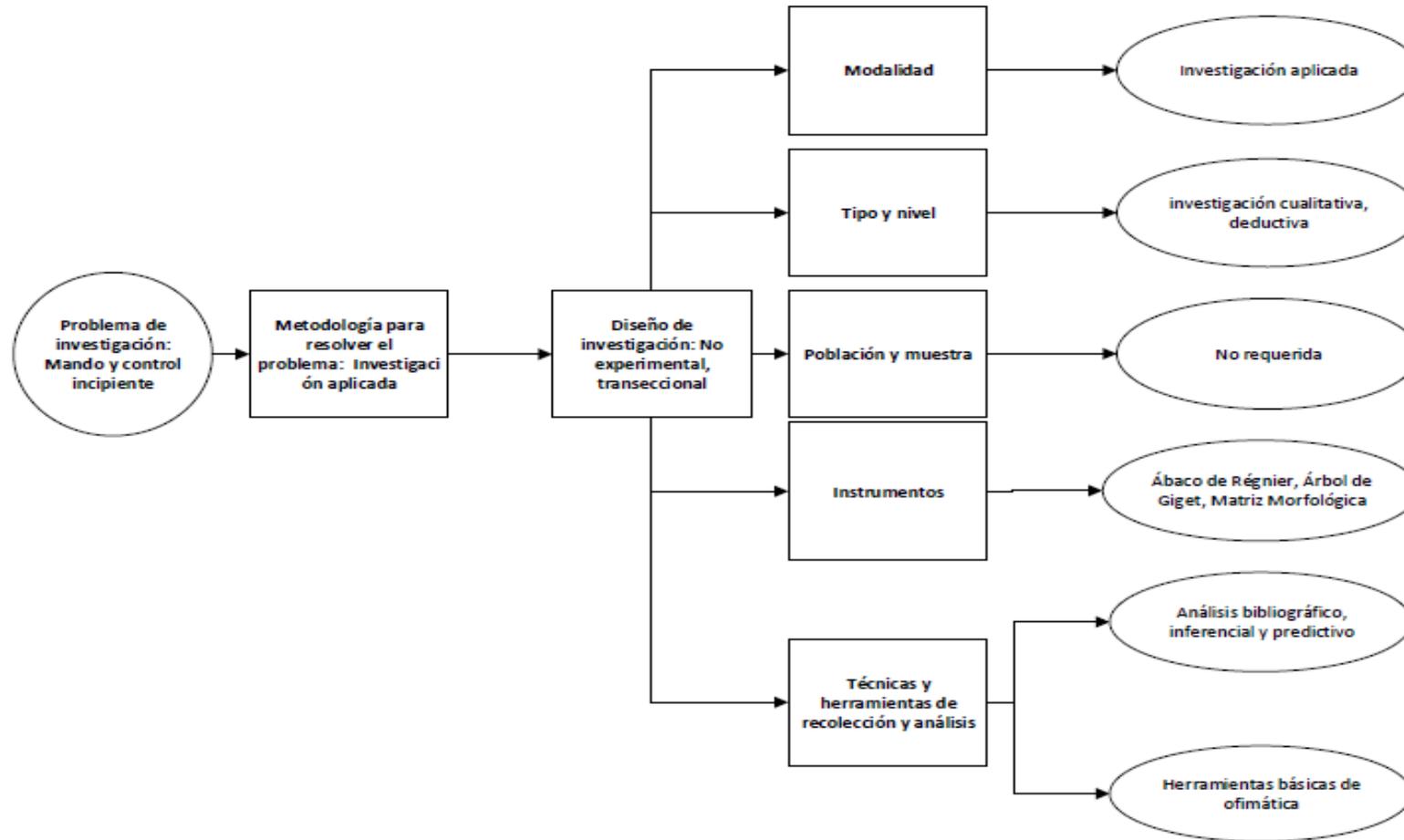
Técnicas de comprobación de hipótesis

Sobre la base de la metodología de investigación planteada y de la naturaleza del tratamiento que se realiza a la información durante el presente estudio, no es pertinente el empleo de técnicas de comprobación de hipótesis, dado que un estudio de tipo cualitativo puede prescindir del empleo de estas técnicas.

Un corolario que ilustre de forma gráfica la metodología de investigación empleada en el presente estudio, es representado por la figura 6, la cual contempla el desarrollo de una investigación desarrollada por fases, en la cual, se maneja la hibridación del método común del proceso de investigación, junto con el método de levantamiento de escenarios prospectivos.

Figura 6

Ilustración de la metodología de investigación empleada en el presente estudio



Capítulo IV: Vigilancia Tecnológica sobre sistemas C4IVR

A fin de alcanzar uno de los objetivos propuestos en esta investigación, que es el estudio prospectivo de los sistemas CXIVR que podría disponer la Fuerza Terrestre para el año 2033, de tal manera que su capacidad de respuesta y eficiencia operativa tenga un incremento significativo, es fundamental iniciar por el levantamiento de la línea base de este estudio. Para el efecto, en este Capítulo se realizará un estudio de vigilancia tecnológica, el cual tiene como propósito coleccionar y analizar toda la información disponible en el mercado de la industria de la defensa, en especial, las tecnologías ofertadas por las industrias que lideran estos desarrollos a nivel mundial, en el ámbito de las telecomunicaciones, el mando y control y los sistemas de inteligencia, vigilancia y reconocimiento. Un cuadro comparativo al respecto de las empresas líderes en la industria de la defensa es ilustrado en la Tabla 3.

Tabla 3

Cuadro comparativo del ranking de industria de la defensa

| Defense News (Defense News, 2023) | EkosNegocios (EkoNegocios, 2022) | SIPRI (Instituto Internacional de Investigación de Estudios para la Paz -SIPRI, 2022) |
|--|---|--|
| 1) Loockeed Martin, | 1) Boeing, | 1) Loockheed Martin, |
| 2) Raytheon, | 2) Aerobús, | 2) Raytheon, |
| 3) Boeing, | 3) Lockheed Martin, | 3) Boeing, |
| 4) Northrop Grumman, | 4) Northrop Grumman, | 4) Northrop Grumman, |
| 5) General Dynamics, | 5) Raytheon, | 5) General Dynamics. |
| 6) Aviation Industry Corporation of China (AVIC), | 6) BAE Systems, | 6) BAE Systems, |
| 7) BAE Systems, | 7) General Dynamics, | 7) China North Industries Group Corporation (Norinco) |
| 8) China State Shipbuilding Corporation (CSSC), | 8) Safran, | 8) Aviation Industry Corporation of China (AVIC), |
| 9) China North Industries Group Corporation (Norinco), | 9) Tales, | 9) China State Shipbuilding Corporation (CSSC), |
| 10) Harris Technologies. | 10) Rools-Royce. | 10) China Electronics Technology Group Corporation (CETC). |

En la publicación presentada por *Defense News* y referencia en la Tabla anterior, también aparecen empresas como Elbit Systems (top 30), Rafael (top41), Indra (top 90).

Mientras que para (Instituto Internacional de Investigación de Estudios para la Paz -SIPRI, 2022), Harris aparece en el top11, Leonardo en el top12, la empresa franco-holandesa Thales en el top16, Elbit Systems en el top28. Todas las empresas citadas, son referenciales en el ámbito de las telecomunicaciones, y serán quienes proporcionen información para esta investigación por dos razones, la primera es por el prestigio alcanzando en el ambiente de la industria de la defensa; y la segunda, es por la familiaridad y conocimiento existente en el ambiente militar ecuatoriano sobre el funcionamiento, capacidades y formas de operar de dichos medios.

Sistemas de Mando y Control de la empresa Raytheon Technologies

Para la empresa Raytheon Technologies, la capacidad para actuar ante las amenazas a seguridad y soberanía de los estados, depende directamente de la capacidad y velocidad para recolectar, analizar y utilizar la información disponible en el proceso de toma de decisiones, y sostiene que las batallas del futuro abarcarán operaciones militares simultáneas en todos los dominios. Con esto, ratifica la importancia de un adecuado mando y control multidominio (Raytheon Intelligence and Space, 2023).

En ese contexto, su proyecto icónico en este ámbito es el sistema de mando y control conjunto para todos los dominios, JADC2, del inglés Joint All Domains Command and Control, cuyas capacidades son expuestas y discutidas con actores internos y externos, a través de la red que ha conformado la empresa, denominada C4ISRNET, la cual es una iniciativa que permite la participación colaborativa, respecto de las capacidades de sus sistemas, entre ellos JADC2.

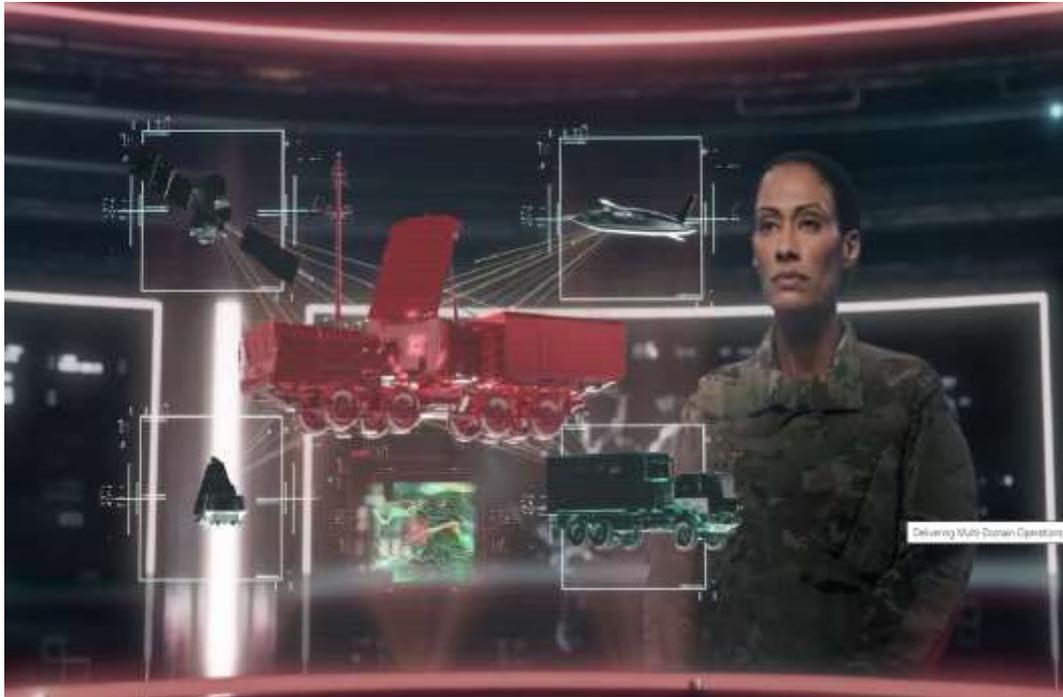
Además, Raytheon lidera la organización de una conferencia mundial, con el mismo nombre C4ISRNET, en la cual, muchos actores de la industria, así como investigadores y usuarios potenciales de sus sistemas de mando y control, interactúan, promoviendo mejoras permanentes al sistema, o solicitando ajustes y/o desarrollos acorde a las demandas de sus países e instituciones.

A continuación, la figura 7 muestra una imagen que contextualiza la capacidad de su

sistema JADC2, seguidamente, se exponen las capacidades de este sistema.

Figura 7

Ilustración gráfica del sistema JADC2 difundido en el video promocional de Raytheon Technologies



Nota. Tomado de (Raytheon Intelligence and Space, 2023).

Los módulos que contiene el sistema JADC2, son expuestos en la figura 8, y muestran la modularidad y filosofía con los cuales han sido diseñados, de lo que se destaca la alta tendencia que existe en los desarrollos de sistemas de mando y control, hacia la integración de las comunicaciones tierra-aire, las cuales, dependiendo de la orografía del terreno y las condiciones de vegetación en las que se desarrolle la operación militar, tendrán mayor número de dificultades. Seguidamente se exponen las capacidades y peculiaridades de este sistema:

- Conectando el campo de batalla
 - o Dispone un módulo de administración avanzada del campo de batalla.
 - o Emplea una constelación LEO que permite la revisión crítica de diseño de sensores (*critical design review*).
 - o Procesamiento de datos de la misión, información sobre blancos, enlaces de tiro, etc.

- Emplea un sistema móvil de comando y control, basado en redes de telefonía celular 5G.
- Acelerando la toma de decisiones
 - Solución rápida del proceso observar-orientar-decidir-actuar, empleando varias tecnología e inteligencia artificial.
 - Red de soluciones inteligentes sobre la base de análisis de objetivos.
 - Software de inteligencia que permite la administración de información de cursos de acción.
 - Administración del espacio aéreo empleando inteligencia artificial de forma dinámica y adaptativa.
 - Soluciones de comando y control para administración del campo de batalla, conforme escala requerida por el teatro de operaciones.
- Arquitectura de la red segura
 - Arquitectura abierta.
 - Seguridad para formas de onda de comunicaciones tácticas.
 - Configuraciones o arreglos adecuados para comunicaciones de banda ancha.
 - Permite extensión de conectividad a través de fuerzas del nivel estratégico.
 - Permite traducción de datos en espacios de batalla altamente conflictivos.
- Ingeniería de la red de sensores
 - Dispone una red de sensores autónoma, que genera una imagen operativa común, a partir de datos de miles de sensores
- Efectos inteligentes en el multidominio
 - Los efectos multidominio aseguran el éxito de la misión,
 - Seguridad en enlaces de datos para municiones de deslizamientos cortos.
 - Sistema con capacidad de operar en ambientes anti-acceso o áreas controladas/denegadas (*A2/AD Anti Access-Area Denial*).

Figura 8

Ilustración de las capacidades del sistema JADC2 de la empresa Raytheon Technologies



Nota. Tomado de (Raytheon Intelligence and Space, 2023).

Sistema de Mando y Control de la empresa L3 Harris

L3Harris, por su parte, oferta un sistema de mando y control conjunto y multidominio (JADC2, del inglés Joint All Domain Command and Control), mismo que se caracteriza por su capacidad de detección, interconexión y fusión de datos y efectos del campo de batalla conjunto, y permitir así la batalla en el multidominio, que es indispensable en las condiciones que plantean los actuales escenarios de riesgo, sobre todo, considerando la hibridación de las amenazas que evolucionan de forma permanente.

Esta solución oferta una gran capacidad para interconectar, sensores-francotiradores-tomadores de decisiones (L3Harris, 2023), condición que incrementa significativamente la capacidad de alcanzar los objetivos en cada uno de los niveles de la conducción militar, sobre todo, considerando que existen una conducción oportuna y en

tiempo real de operaciones específicas. La figura 9 expone una idea general de las capacidades ofertadas.

Otra de las peculiaridades de este sistema, es su capacidad de interconexión de sensores tácticos y estratégicos de última generación, los cuales permiten coleccionar datos de 5 dominios (aire, tierra, mar, espacio, cibernético) (L3Harris, 2023).

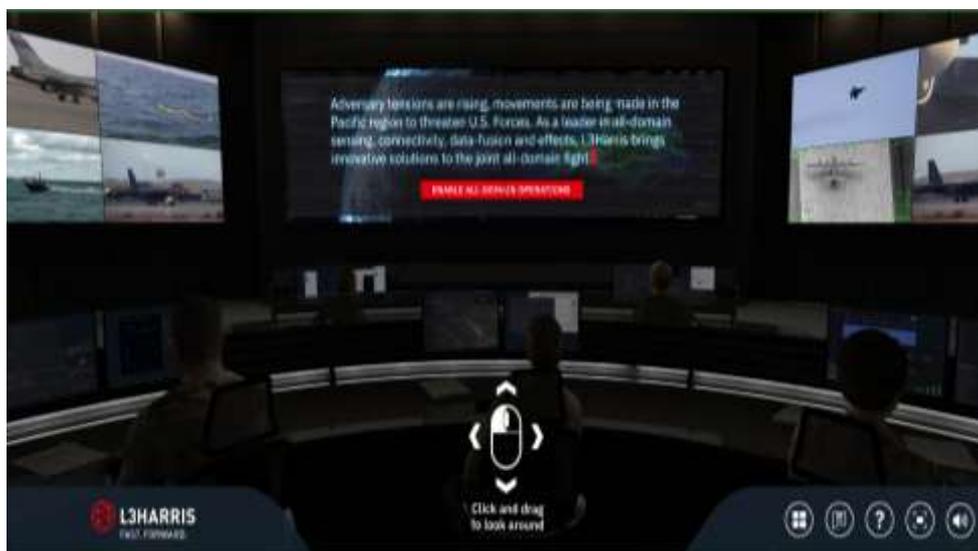
En lo referente a su topología de red, se observa que mantiene una estructuración adecuada de redes de datos distribuidas y manejo de información empleando las nubes de almacenamiento. Así también, sus algoritmos de inteligencia artificial permiten una rápida y precisa clasificación e integración de los datos coleccionados por los sensores (L3Harris, 2023).

Los módulos que maneja el sistema ofertado por L3Harris, son los siguientes:

- Integración de misiones;
- Administración del espacio como dominio de la guerra;
- Comunicaciones resilientes y seguras;
- Sensado en todos los dominios;
- Simulación de misiones listas;
- Arquitectura abierta;
- Sistema modular.

Figura 9

Sistema JADC2 comercializado por L3Harris



Nota. Tomado de (L3Harris, 2023).

Sistema de Mando y Control de la empresa ELBIT SYSTEM

Para la empresa israelí, Elbit Systems, el desarrollo de sistemas de mando y control es muy importante, en tal virtud, desarrolló su sistema Torch-XTM C4ISR, como una solución para enfrentar los nuevos retos de la guerra actual y futura, reto que demanda una permanente materialización de comunicaciones en redes y la digitalización del campo de batalla; mismas que deben cumplir con criterios de seguridad, protección, oportunidad y capacidad de actuar en escenarios multidominio (ElbitSystems, 2023).

La solución Torch puede ser denominada como una plataforma base, que permite la estructuración y escalabilidad, acorde a las necesidades del usuario. Es decir, en la plataforma se pueden ir agregando módulos o también llamadas aplicaciones, como las que se detallan a continuación:

- Mando y Control Marítimo.
- Control Aéreo táctico.
- Control de tiro.
- Sistemas robóticos autónomos.
- Mando y control para tropas a pie.
- Mando y control para tropas sobre vehículos.
- Mando y control para protección de fronteras.
- Planificación en nivel estratégico, operativo y táctico.

Otro aspecto a destacar de la solución presentada por Elbit System es la gran capacidad de integración de redes de sensores y sistemas de comunicaciones, así como también, la administración de sistemas tripulados y no tripulados.

Al igual que lo mencionan otras empresas de la industria de la defensa, Elbit System también considera que la eficiencia en el campo de batalla depende de la capacidad de mando y control de las operaciones, así como de la disponibilidad oportuna de información que soporte la toma de decisiones.

Al visitar el sitio web de la solución, se evidencia la modularidad del sistema (ver figura 10), dónde cada una de las aplicaciones tiene un campo específico de empleo y esto proporciona una gran facilidad en el ámbito de la administración del sistema.

Figura 10

Aplicativos del sistema Torch-XTM C4ISR

TORCH-X C4ISR Applications



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

A continuación, se ampliarán las capacidades de cada uno de los módulos que pueden ser acoplados en un sistema Torch-XTM C4ISR, mismo que hasta el momento del presente estudio, se erige como uno de los más dinámicos y útiles para la gestión de una operación militar en el multidominio.

El módulo de control integral marítimo es un sistema multinivel, permite la protección y administración de las operaciones en el ámbito marítimo, empleando su capacidad de monitoreo, protección, seguridad y defensa de litoral marítimo, costas, control de tráfico marítimo. Además, incorpora estándares industriales y una aplicación C5ISR de arquitectura abierta, que facilita la coordinación interfuerzas. Permite la simulación y planificación de misiones y el desarrollo de procedimientos de emergencia. Finalmente, dispone herramientas dotadas de inteligencia artificial que facilitan y recomiendan a los comandantes aspectos referentes a la toma de decisiones. Todo esto es ilustrado gráficamente en la figura 11.

Figura 11

Descripción gráfica de las capacidades de la aplicación de control marítimo de Torch-X™



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

El módulo de **control aéreo** por su parte, es escalable y modular, genera una imagen común para el control de operaciones tácticas en el aire, además de poder integrarse con fuerzas de tierra, mediante redes de sensores (electro-ópticos, imagen infrarroja, radares, inteligencia de señales, entre otros), empleando un sistema de radio denominado link-16. Maneja una arquitectura abierta, permite la conexión con múltiples fuentes de información e interfaces, facilitando la interoperabilidad con otros sistemas de comunicación. Todas las capacidades mencionadas, son incorporadas en un vehículo de comunicaciones, conforme lo muestra la figura 12.

Figura 12

Módulo de control táctico aéreo del sistema Torch-XTM



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

El módulo control conjunto de disparo para equipos de ataque es una solución digital de fuego conjunto y multidominio, fue construida como una herramienta útil para equipos de apoyo de fuego (FST), controladores de ataque terminal conjunto (JTAC) y grupos de control aéreo táctico (TACP), para fuego indirecto cinético y no cinético multidominio y apoyo aéreo cercano (CAS). La aplicación permite el control, la administración y la operación integral de tropas a pie. El módulo tiene total interoperabilidad con sistemas OTAN, emplea enrutadores de datos, cámaras térmicas, sensores de masa inercial-IMU, láser infrarrojo, miras láser, telémetro, etc.

La solución presenta un centro de gestión de batallas con una interfaz simple e intuitiva que mejora el ritmo operativo, incrementa la eficacia operativa, reduce la carga cognitiva y el desvanecimiento de habilidades. Posee un peso cercano a los 20 Kg, permite operación remota en distancias de hasta 90m, reconocimiento automático de objetivos, sus cámaras poseen algoritmos de detección de movimiento y son configurables para funcionamiento diferenciado en el día o en la noche. Estas características son expuestas en la figura 13.

Figura 13

Módulo de control de fuego y soporte para tropas a pie



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

Por otro lado, el **módulo de sistemas autónomos y robóticos**, es una solución para planificación, ejecución y administración de sistemas no tripulados heterogéneos, y en cualquier tipo de misiones. La capacidad de los vehículos autónomos, sumada a la capacidad de la solución propuesta, genera una ventaja en el multidominio de las operaciones militares, como lo muestra la figura 14.

La solución soporta varias operaciones con equipos tripulados o no tripulados (MUM-T), además permite conectividad y control tierra (incluso subterráneos), aire, mar (superficie-superficie), lo que lo convierte en una plataforma muy poderosa y con elevada capacidad de integración con plataformas ROS (robot operating system). Un aspecto muy relevante de esta solución, es la independencia de los navegadores GPS para el cumplimiento de sus misiones y mantiene una conectividad robusta, aún con los sistemas en movimiento.

Figura 14

Módulo de mando y control para sistemas no tripulados heterogéneos



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

El sexto aplicativo de la solución Torch-X™, es el aplicativo para **mando y control de tropa a pie**, es decir, órganos de maniobra que no emplean sistemas motrices para su

movimiento. El aplicativo mejora la letalidad, la eficiencia del combate en operaciones multidominio, e incrementa la capacidad de sobrevivencia, a través de una red de sensores que proporciona información en tiempo real y que acelera los procesos de selección de blancos de tiro. La solución tiene las siguientes características:

- Sistema integrado *soldier-centric*;
- Soporte de decisiones empleando algoritmos de inteligencia artificial;
- Sistema de operación de vehículos tripulados y no tripulados;
- Arquitectura abierta;
- Sistema modular y escalable;
- Seguridad;
- Protección.

Figura 15

Ilustración del equipamiento que forma parte del sistema soldier-centric

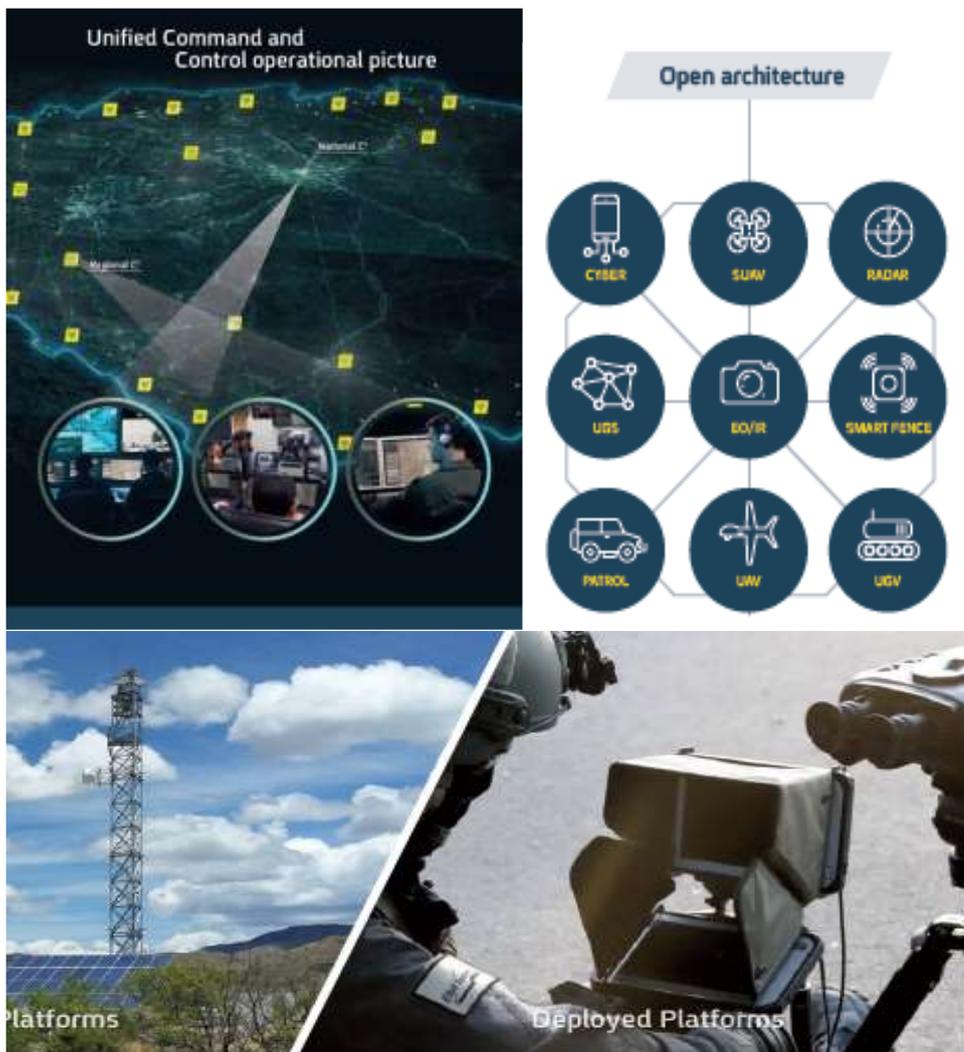
Soldier-centric integrated system with advanced networked components

| | |
|---|---|
|  <p>RAPTOR™ Compact, rugged, all-in-one tactical wearable computing unit.</p> |  <p>SmartEye Smart soldier glasses for augmented situational awareness.</p> |
|  <p>E-LynX™ Soldier Radio A powerful SDR personal radio, with no GPS reliance for network services. The IP radio offers ad-hoc networking capabilities including multi-hop services for voice and data.</p> |  <p>Load Carriage and Protection (LCP) Enhanced soldier mobility, comprised of concealed armor protection, an advanced load carriage vest and pouches and a hydration system.</p> |
|  <p>HattoriX-M Man-packed CAT-1 Passive and Laser target acquisition system.</p> |  <p>SmartSight See-through augmented reality digital add-on for day-sights to enhance situational awareness.</p> |
|  <p>Torch-X Dismounted App Integrated warrior combat networked solution for enhanced combat effectiveness and survivability of special forces and infantry across all echelons.</p> |  <p>Smart WristView A compact computer and display, worn conveniently with a strap on the wrist or elsewhere, serving as a powerful tactical device for the dismounted soldier.</p> |
|  <p>SmarTrack Soldier wearable reliable location tracking, data Link and navigation for GPS denied environments.</p> |  <p>SmartNVG Helmet-mountable navigation and C² headup display add-on for night vision goggles, providing tactical augmented reality.</p> |
|  <p>TORCH-X RAS An autonomous, robust, lightweight, multi-mission tactical support vehicle with high mobility and all-terrain maneuverability.</p> | |

Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

El módulo en análisis es el Torch-XTM Border (expuesto en la figura 16), es una red unificada de comando y control con utilidad para seguridad de espacios terrestres y protección de fronteras, a través de varias herramientas de planificación y ejecución de operaciones de control de fronteras, alerta temprana, vigilancia en tiempo real, administración de misiones e interceptación, todo esto con una disponibilidad 24/7. El módulo es de arquitectura abierta y que facilita una gran cantidad de coordinaciones que fomentan la efectividad. Permite transmisión simultánea de video por varios canales, facilita el tratamiento de imágenes y video, emplea red de sensores y conectividad con sistemas tripulados y no tripulados.

Figura 16 Capacidades de la solución Torch-X™ Border



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

Finalmente, Elbit System proporciona la solución Torch-X™ HQ, el cual está orientado a mejorar la eficiencia en operaciones multimisión de nivel táctico, operativo y estratégico. Soporta las siguientes doctrinas militares:

- Proceso militar de toma de decisiones (MDMP, US Army);
- Proceso Táctico estado (TE, US Army);
- Proceso de apreciación militar (SMAAP, Australian Army);

Al igual que los demás módulos, tiene una arquitectura abierta, permite operar sistemas tripulados y no tripulados, opera en los 5 dominios del campo de batalla, mantiene sincronización precisa de la red de sensores y fuentes de información, toma de decisiones apoyada por algoritmos de inteligencia artificial, permite interacción con tropas humanas y tropas robóticas, mantiene varios estándares de interoperabilidad.

Figura 17

Ilustración de las capacidades del módulo Torch-X™ HQ



Nota. Tomado de (ElbitSystems, 2023).

Sistemas de Mando y Control de INDRA Company

Para la Compañía española INDRA, el ámbito del mando y control ha evolucionado hasta alcanzar una denominación de C5ISR (Comando, Control, Computadores, Comunicaciones, Ciberdefensa, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento), y justifica su innovación en el hecho de que el amplio mundo de las comunicaciones y manejo de datos, constituyen un escenario complejo de mando y control, que demanda el empleo de una plataforma adecuada, orientada en la convergencia, la interoperabilidad, la modularidad y en la capacidad de organización y estructuración de datos, puesto que sólo así, se podrá tener una total visualización del campo de batalla.

Conforme expone la figura 18, la solución presentada por Indra contempla 9 módulos, los cuales permiten un mando y control al nivel de los 6 dominios de la guerra⁴, dejando fuera de su sistema, únicamente el dominio biológico.

- 1) Sistema de planeamiento automático de misiones (AMPS);
- 2) Centro de operación de artillería antiaérea (COAAAS);
- 3) Sistema de defensa aérea (AIRDEF);
- 4) Módulo de administración del campo de batalla (BMS);
- 5) Sistema de administración de emergencias militares (SIMGE);
- 6) Módulo de solución para operaciones de apoyo aéreo cercano-CAS (JTAC);
- 7) Módulo de mando y control de operaciones anfibia (AOCCIS);
- 8) Sistema de mando y control marítimo (iMARE);
- 9) Módulo de mando y control conjunto (iJOINT).

Según el fabricante de este sistema C5IVR, el mismo se caracteriza por las siguientes capacidades:

- Permite tener conciencia total (ubicación, posición, capacidades de las fuerzas, estado operativo) de la situación en tiempo real;
- Capacidad de ejecutar misiones con organizaciones ágiles, muy dinámicas, e incluso, virtuales:

⁴ Para (Méndez-Vélez, Gaitán-Vanegas, & Fuquen, 2019) existen 7 dominios, a saber: Terrestre, Marítimo, Aéreo, Espacial, Cibernético, Logístico, Biológico.

- Manejo conjunto de requerimientos operativos, a nivel estratégico (fuerzas o fuerzas conjuntas), operacional (división y brigada) y táctico (batallón y compañía).

Figura 18

Sistema C5IVR de la empresa INDRA



Nota. Tomado de (INDRA, 2022).

En lo referente al módulo enlistado en el numeral 4 (Sistema de Administración del Campo de Batalla), Indra oferta su sistema SILVER, el mismo que tiene las siguientes capacidades:

- Permite monitoreo y control de unidades amigas;
- Interoperabilidad con otras fuerzas;
- Permite gestionar informes, coordinaciones, monitoreo y planificación de las misiones;
- Adaptable a necesidades operativas, al tipo de sistema radio seleccionado. SILVER es modular y escalable;
- Permite operar con sistemas de comunicaciones tácticas heredados;
- Opera en tiempo real, con capacidad de transmisión efectiva de datos y video;
- Permite integración con sistemas de navegación a bordo, como, por ejemplo: navigation⁵, flight navigation control system⁶ (FCS), etc., con estándares CANBUS⁷ o ethernet;

⁵ <https://www.igi-global.com/dictionary/navigation-system/19976>

⁶

https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Workshop_DEV_NPF_AN_SYS/ne%2017%20emerging%20technologies.pdf

⁷ <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-el-bus-can#:~:text=La%20red%20de%20C3%A1rea%20del,confiable%20y%20basada%20en%20prioridades.>

- Opera bajo normas OTAN⁸ (aDATp3⁹, APP6¹⁰).

En cuanto a las funcionalidades, el sistema C5IVR de Indra, propone un gran número de capacidades interesantes y que, de cualquier forma, constituyen un aporte significativo a la maniobra, estas capacidades son expuestas en la figura 19.

Finalmente, Indra oferta la solución TALIUM, como una propuesta para planificación y administración de misiones aéreas, procesa datos en tiempo real y analiza cartografía 3D y posibilidades de navegación. Puede operar en escenarios altamente digitalizados, mejora la capacidad de visualización del campo de batalla, permite una administración y selección de frecuencias de comunicación acorde al escenario y dificultades de propagación electromagnética. De igual forma facilita la ejecución del *briefing* y *defriefing*, interoperabilidad con estándares OTAN Link-16, VMF, NFFI, Adapt-P3¹¹.

Todas las capacidades enunciadas anteriormente, más otras adicionales, son administradas desde un sistema centralizado.

A manera de corolario, se puede concluir que luego del estudio de vigilancia tecnológica, existen aspectos fundamentales a resaltar, con son:

- Las grandes industrias de la defensa dedican sus esfuerzos a mejorar de forma permanente las soluciones tecnológicas que permiten mejorar el proceso de mando y control de las operaciones militares;
- Todas las soluciones analizadas en este estudio consideran una filosofía modular, como la opción más adecuada para garantizar la escalabilidad de los sistemas de mando y control, permitiendo así, que la solución tecnológica se adapte a la realidad institucional.
- La mayoría de las soluciones tecnológicas de mando y control existentes en el mercado, consideran el uso de algoritmos de inteligencia artificial, como herramientas para mejorar la eficiencia del sistema.
- Las soluciones analizadas en el presente estudio tienen una característica común, empleo de tecnología que permita la convergencia tecnológica, evitando así, desventajas provocadas por el uso diverso de marcas, modelos y protocolos de

⁸ <https://www.normadoc.com/spanish/normas/normas-internacionales/nato.html>

⁹ <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/RTO-MP-IST-055/MP-IST-055-02.pdf>

¹⁰ <https://www.cimic-coe.org/resources/external-publications/app-6-c.pdf>

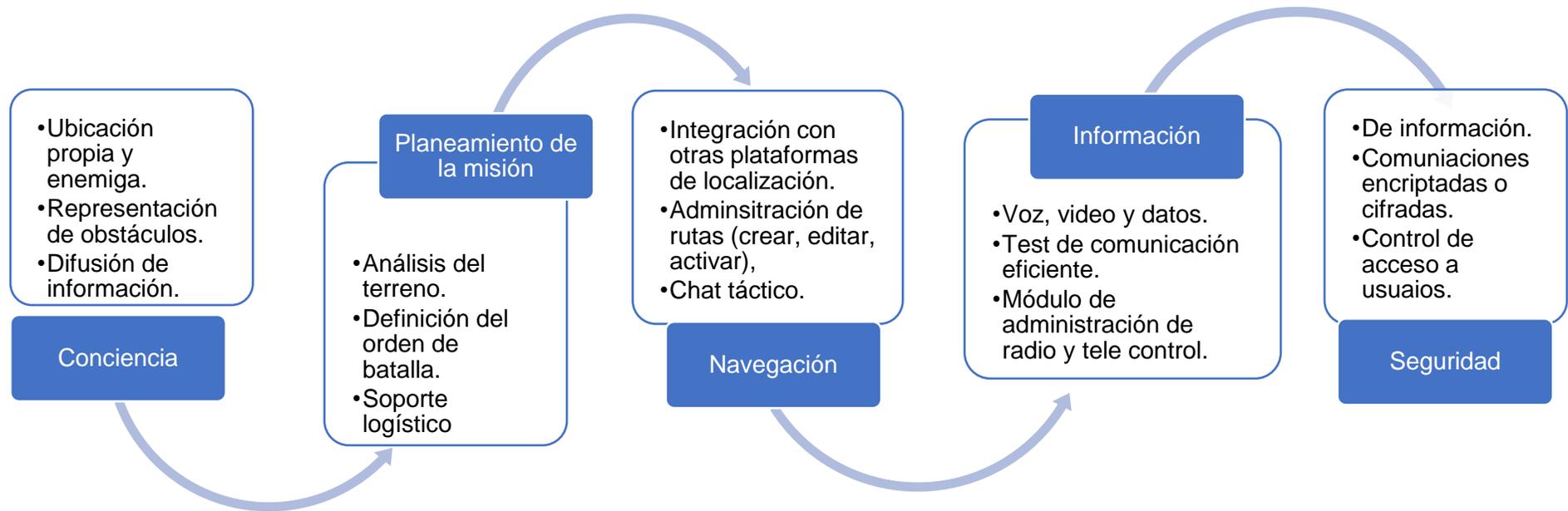
¹¹ <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6067/tesisUPV3119.pdf>

comunicación.

- Las soluciones existentes no especifican o promocionan soluciones para operaciones militares en ambientes inhóspitos, por tanto, la complejidad generada por las restricciones de propagación de señales de radio a causa de la orografía, no constituyen parte de un sistema de mando y control, per se, sino, es una infraestructura que debe tener la suficiente capacidad para soportar la solución de mando y control y que se maneja de forma paralela.
- Las soluciones de mando y control existentes, promueven la necesidad de alcanzar soluciones que permitan la ejecución de operaciones multidominio, por tanto, manejan conceptos de hiperconvergencia y adaptabilidad.
- Todas las soluciones manifiestan manejar arquitecturas abiertas, aspecto que facilita la interoperabilidad e integración con otros equipos.

Figura 19

Esquema de capacidades del sistema C5IVR de la empresa Indra



Sistema de mando y control ICC de la empresa Hytera

Otro sistema de capacidad importante para alcanzar el mando y control de las operaciones militares, es el ofertado por la empresa Hytera, la cual es de utilidad para instituciones militares, policiales, de emergencia y otras instituciones de seguridad. Hytera presenta el *ICC Solutions* como un sistema inteligente de administración y control. El sistema permite integrar módulos de comunicaciones, de monitoreo de mapas, de despacho de mensajería y de construcción de planes (Hytera Latam, 2023).

Dentro de las características más importantes de la presente solución e encuentran las siguientes:

- Opera bajo estándar de comunicaciones TETRA;
- Dispone varias formas de recepción de alarmas, tanto individuales como colectivas;
- Soporta flujo de trabajo flexible, permitiendo configuración de sistema de despacho acorde a la emergencia;
- Dispone un módulo de análisis de eventos basado en un software GIS (Sistema de información geográfica);
- Emplea una plataforma de comunicación unificada, que permite emplear otros protocolos de comunicación e integrarlos bajo un equipo dedicado para el efecto.

El sistema ICC se compone de dos módulos, el Visual Command System (VCS) y el MES System. El VCS despliega los mapas de todos los incidentes, de las tropas empeñadas en el incidente, de las cámaras de vigilancia y de toda la infraestructura crítica. Es un sistema muy útil para una respuesta inmediata en el lugar en que ocurre el evento crítico. Una ilustración gráfica es expuesta en las figuras 20, 21 y 22.

El MES (major event security system) es un sistema inteligente, eficiente y potente, muy empleado en grandes eventos deportivos, festivales, cumbres internacionales y rescates en desastres. El MES también permite incluir la video vigilancia en tiempo real, aspecto que genera una importante capacidad para el mando y control de las operaciones, toda vez que los sensores ópticos se han convertido en elementos de elevada importancia para la obtención de información, análisis y procesamiento de información útil para el proceso de toma de decisiones en los diferentes niveles de mando y de dirección estratégica de toda institución.

Figura 20

Ilustración del ICC Systems de Hytera Latam



Nota. Tomado de (Hytera Latam, 2023).

Figura 21

Imagen del tablero de mando de incidentes en el VCS



a) Visualización del reporte de incidentes



b) Analítica em tiempo real.

Nota. Tomado de (Hytera Latam, 2023).

Figura 22

Imagen del sistema MES de Hytera Latam

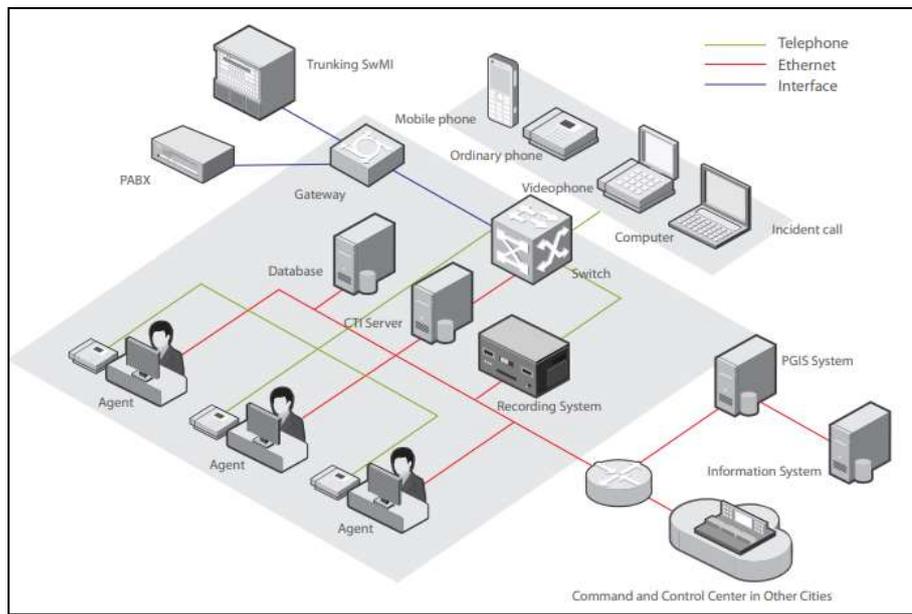


Nota. Tomado de (Hytera Latam, 2023).

La topología de red que emplea este sistema integrado de mando y control es expuesta en la figura 23, la cual ilustra la capacidad de interconexión existente, así como también el flujo de información que administrará el sistema, acorde al nivel de la comunicación y al tipo de información a ser transmitida.

Figura 23

Ilustración de la arquitectura de red bajo la que opera el sistema ICC de Hytera



Nota. Obtenido de (Hytera Latam, 2023).

Como alternativas de mando y control para ser empleados en el campo, Hytera presenta también el E-center, que se define como un sistema de Comando y Despacho en sitio, expuesto en la figura 24, y que se caracteriza por:

- Red de telecomunicaciones con sistema trunking-tetra;
- Peso total: 20Kg;
- Integra tres pantallas;
- Dispone un teclado multifunción;
- Control táctil;
- Altavoz integrado;
- 4 Puertos Usb 3.0;
- 1 Puerto HDMI;
- 1 Puerto LAN;
- 1 Puerto Wan;
- 1 Ranura para SIM Card;
- Batería de carga rápida;
- Seguro de batería;
- Control de video PTZ.

Figura 24

Ilustración del sistema E-center de Hytera Latam



Nota. Tomado de (Hytera Latam, 2023).

Capítulo V: Estudio prospectivo de la capacidad C4IVR de la Fuerza Terrestre

Situación actual de las capacidades de Mando y Control e Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento de la Fuerza Terrestre ecuatoriana

El Ejército ecuatoriano, para una mejor organización operativa y organizacional, cuenta con nueve sistemas de armas y servicios, los cuales, aportan directa o indirectamente a las denominadas capacidades militares o capacidades institucionales. Estas capacidades se convierten en un elemento orientador de la planificación institucional, puesto que ellas son la esencia misma para estructurar los medios que contribuyen a la ejecución de las estrategias que permiten alcanzar los objetivos institucionales.

El presente estudio se orienta al análisis prospectivo de dos de las seis capacidades militares, bajo la consideración que son capacidades muy importantes para integrar, sincronizar y secuenciar el empleo de las seis capacidades institucionales detalladas a continuación:

- Mando y Control;
- Inteligencia, vigilancia y reconocimiento;
- Maniobra;
- Movilidad;
- Sostenimiento logístico;
- Educación.

La capacidad de Mando y Control (MyC)

En la Fuerza Terrestre, la capacidad de comando y control se estructura con los siguientes componentes:

- Personal.- Se refiere a los individuos que forman parte del arma de Comunicaciones y de ciertas especialistas de áreas del conocimiento como informática, telecomunicaciones. Estos pueden ser militares o servidores públicos;
- Material y equipo. - Se refiere a los medios de telecomunicaciones e informática;
- Medios. - Se refiere a los medios para movilizarse que dispongan las armas

vinculadas a esta capacidad, estos pueden ser terrestres, aéreos o acuáticos;

- Infraestructura. - Se refiere a la infraestructura informática y de telecomunicaciones que dispone la institución.

Estos elementos son ponderados de forma diferenciada, con la finalidad de proporcionar las prioridades que requieren cada una de ellas. Las ponderaciones del mando y control son: Personal con el 30%, Material y Equipo con el 40%, Medios con el 20% y la infraestructura con el 10%. Y es justamente, a partir de computar estas ponderaciones, que la institución evalúa a esta capacidad y a partir de lo cual también se plantean los planes, programas y proyectos para su fortalecimiento, modernización, reestructuración o transformación, según corresponda.

Como se puede observar en el párrafo anterior, la capacidad de Mando y Control depende en un 50% de la tecnología, y es en este contexto donde radica la importancia del presente estudio, puesto que un sistema CXIVR fundamentalmente permite una mejor toma de decisiones.

Acorde a la información disponible en la F.T., la capacidad de Mando y Control actualmente ha alcanzado un desarrollo aproximado del 10% (Comando de Operaciones Terrestres, 2023), por lo que, es imperante que se promuevan acciones tendientes a mejorar sus condiciones operativas.

La capacidad de Inteligencia-Vigilancia-Reconocimiento (IVR)

En lo que refiere a la capacidad de IVR, los elementos que la estructuran son los siguientes:

- Personal. - Se refiere al personal del arma de Inteligencia Militar y Guerra Electrónica;
- Material y equipo. - Son los abastecimientos, medios y equipos que disponen las unidades de Inteligencia Militar.;
- Medios. - Son terrestres, aéreos o acuáticos;
- Infraestructura. - Se refiere a las unidades que conforman el arma de Inteligencia Militar y toda otra infraestructura que, sin pertenecer a esta arma, son de utilidad

para la actividad (Comunicaciones y Guerra Electrónica).

Como se observa en el párrafo anterior, los elementos que constituyen esta capacidad son similares a la de comando y control, mientras que las ponderaciones son diferentes, a saber: Personal con un 30%, Material y Equipo con un 30%, Medios con el 30% e Infraestructura con el 10%. Es decir, esta capacidad se sustenta un 40% en el equipamiento tecnológico.

De igual forma, según información de la F.T. esta capacidad se ha desarrollado en un porcentaje aproximado del 25%. Es importante puntualizar que en la F.T., debido a la poca disponibilidad de medios tipo radar, sensores y la inexistencia de satélites y otros medios que coadyuvan a la vigilancia y reconocimiento, estos dos ámbitos no se realizan directamente en la F.T., sino que, se realiza previa planificación y disposición del CC.FF.AA.

Generalidades técnicas de los ámbitos y áreas del conocimiento que envuelven un sistema CXIVR

Inicialmente, es preciso aclarar que el acrónimo CXIVR obedece al crecimiento que pueden tener los sistemas de mando y control y que se continúen abreviando con la letra C. Por ejemplo, en la actualidad, ya se hablan de sistemas C5IVR, en el cual, además del comando, control, comunicaciones, computación, se incrementa la capacidad de ciberdefensa. Posiblemente, en un futuro próximo ya se considere una sexta abreviatura con la letra C, que podría referirse al conocimiento humano, el control mental u otras.

Un sistema C4IVR contempla la capacidad de amalgamar los procesos de obtención de información a través de la inteligencia, la vigilancia y el reconocimiento, al igual que la capacidad de procesamiento de esta información, la estructuración de datos y el empleo de herramientas que faciliten la comprensión e interpretación de los mismos.

Para el efecto, es pertinente señalar que estos sistemas se estructuran con un sistema de telecomunicaciones, un sistema de sensores y un sistema informático, por lo que, el marco teórico que fundamenta la presente investigación, contempla el manejo de conceptos y capacidades de aspectos como: espectro electromagnético, topología de las redes de comunicaciones, redes de datos, protocolos de comunicaciones, entre otros.

Una vez que se ha realizado el estudio de vigilancia tecnológica, el cual representa un paso importante para visualizar los escenarios tecnológicos futuros, a continuación se procederá con el estudio prospectivo con un enfoque tecnológico, a fin de visualizar de forma adecuada cuales serían los escenarios en la próxima década y entregar al Ejército ecuatoriano el presente estudio, como una línea base para orientar los procesos de adquisición, renovación y/o modernización de las capacidades militares de Comando-Control-Inteligencia-Vigilancia-Reconocimiento.

Para el desarrollo del presente estudio se empleará la metodología propuesta por Godet, para lo cual se divide el estudio en 3 componentes, a saber:

- Diagnóstico institucional (Antecedentes, historia y Marco Legal de la FT);
- Desarrollo del estudio a través del levantamiento de las dimensiones, el árbol de Giget, ábaco de Régnier y Matriz Morfológica;
- Conclusiones, las cuales serán incluidas en el capítulo correspondiente.

Diagnóstico institucional

Antecedentes de la Fuerza Terrestre

Un estudio prospectivo es una herramienta que permite analizar la posible consecución de hechos, por tanto, es una elucubración ejecutada a un determinado escenario, con la finalidad de anticipar la forma en la que ocurrirán ciertos acontecimientos. El presente trabajo describe de forma ordenada, la metodología que se emplea para la materialización de un estudio prospectivo, tomando como base un sinnúmero de documentos existentes en la literatura académica mundial y la información disponible en la FT.

Para este caso específico, el estudio prospectivo se realiza a partir del análisis de la problemática de necesidad de la FT de disponer una capacidad adecuada de C4IVR para el 2033. El estudio se realiza sobre la base de que actualmente la FT no dispone de un paquete informático o software que permita realizar el mando y control de las operaciones de forma centralizada. Así mismo, no existe un software que integre la información de inteligencia, vigilancia y reconocimiento. De alguna forma, se puede decir también que estas

capacidades están siendo tratadas de forma independiente, sin que la FT tenga el control adecuado de toda la información colectada a través de radares, de cámaras y otros sensores situados a los largo y ancho del territorio nacional.

La metodología empleada en el estudio, es aquella propuesta por Godet, es decir analizar las dimensiones Políticas, Tecnológicas y Militares, para posteriormente esta información ser correlacionada mediante un árbol de Giget, un FODA, un ábaco de Régnier, y finalmente, la construcción de una matriz morfológica que permita describir los escenarios tecnológicos esperados para el 2033. De igual forma se empleará una matriz de gobernabilidad IGO y el análisis de los actores que intervienen, todo esto será descrito en la sección dos del presente trabajo.

Historia

El Ejército del Ecuador nace junto con la patria, y tiene como fecha icónica el 10 de agosto de 1809, a partir de dicha época, se libraron varias campañas libertarias que dieron paso a la conformación del Estado-Nación y consecuentemente el Ejército. Entre los forjadores de esta institución armada constan: el quiteño Javier Eugenio de Santa Cruz y Espejo, mismo que es un representante de la ilustración en América. Así como también Juan de Salinas y Zenitagoya.

La conocida Falange Quiteña (la primera organización militar y conformada por tres batallones) se restableció y retomó pujanza a raíz de la masacre de los héroes el 2 de agosto de 1810. Este renacer se produjo bajo el liderazgo del coronel Carlos Montúfar, quién fue designado como comandante de las fuerzas de Quito. Posteriormente a la victoria lograda en Pasto, en 1811, en contra de las fuerzas realistas, se forja una filosofía de lucha, arrojo y rebeldía, de la cual, no habría marcha atrás.

Así mismo, la historia relata que un 9 de octubre de 1820, en aquel entonces glorioso Ejército nacional se encontraba comandado por el coronel Luis Urdaneta, quien promueve a Guayaquil hacia la proclama de su independencia; luego de unos días, el 3 de noviembre, también se logró la independencia de Cuenca.

El 21 de abril de 1821 se logra la victoria de Tapi, en Riobamba, y la batalla del

Portete de Tarqui, el 27 de febrero de 1829, ambos son combates que dieron vida, legalidad y legitimidad al Ejército ecuatoriano, por tal razón, esta última fecha, además de ser considerada como un día clásico para el Ejército ecuatoriano, constituye motivo para celebrar el día del Civismo y de la Unidad Nacional.

La conformación del Ecuador como república en 1830 asevera la identidad del Ejército y lo señala como un ente con espíritu constitucional. A partir de dicha conformación, varias han sido las participaciones de la F.T. en la historia nacional, siendo que en las últimas décadas resalta la participación en apoyo a eventos como: erupción del volcán Tungurahua, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Reventador, terremoto de abril del 2016 en Manabí, entre otros eventos de desastre y conmoción nacional. En el ámbito de combatir a las amenazas, se ha venido enfrentando al narcotráfico y sus delitos conexos, a la minería ilegal, a los grupos organizados armados de Colombia. De igual forma, ha participado en ayuda a la Policía Nacional durante varias movilizaciones internas de organizaciones sociales cuyo accionar provocó crisis y conmoción interna.

Marco Legal

Similar al expuesto en la Fundamentación Legal del Capítulo II.

Desarrollo del Estudio Prospectivo

Dimensiones PESTM. Para (ConectaSoftware, 2022), la toma de decisiones de cualquier institución, se puede abordar inicialmente un contexto amplio, que bajo un enfoque normativo o desde el enfoque descriptivo se intente comprender el escenario con un pensamiento no lineal y sistémico, dado que ahí yace la esencia de la solución de problemas de forma unificada e integrada.

En ese contexto, una de las herramientas que permite un análisis holístico de un entorno determinado es el análisis PEST, que enmarca los ámbitos de: política, economía, sociedad, tecnología y perspectiva militar.

Tabla 4

Análisis PESTM sobre los sistemas C4IVR para la Ejército ecuatoriano

| Dimensión | Escenario Externo | |
|--------------------|---|---|
| | Oportunidades | Amenazas |
| Político | - Necesita de FF.AA. eficientes - Objetivos de Gobierno | - Visión Política dispersa - Falta de gobernanza y gobernabilidad. |
| Económico | - Competitividad en la industria de la defensa mundial | - Alto costo de sistemas C4IVR. - Déficit presupuestario en el Estado. |
| Tecnológico | - Sistemas C4IVR existen en el mercado. - Acceso a información. | - Monopolio - Elevada dependencia |
| Social | - Demanda de Seguridad | - Apoyo a actividades ilegales. |
| Militar | - Nuevas amenazas - Ambientes dinámicos - Operaciones inter agenciales. | - Políticas del MDN |

Nota. Elaborado por los autores.

Luego de delinear las fortalezas y oportunidades expuestas en la Tabla 3, se procede a determinar el factor de cambio de cada una de las dimensiones que fueron factor de análisis. Estos resultados son expuestos en la Tabla 4.

Tabla 5

Análisis PESTM y factor de cambio

| Dimensión | Pasado | Presente | Futuro | Hechos portadores de futuro/Factores de cambio |
|-----------------|--|--------------------------------------|--|--|
| | Necesitó FF.AA. | de Necesita de FF.AA. más eficientes | Necesita de FF.AA. operando en el multidominio | FF.AA. en el multidominio |
| Política | Objetivos Gobierno apropiados realidad | de Objetivos Gobierno a políticos | de Objetivos Gobierno políticos | Objetivos estratégicos dispersos |
| | Visión política | Visión política | Visión política | Visión política |

| | | | | |
|--------------------|--|--|---|---|
| | limitada | egoísta | egocentrista | |
| | Falta de gobernanza y gobernabilidad | Falta de gobernanza y gobernabilidad | Falta de gobernanza y gobernabilidad | Sociedad en evolución |
| | No existía | Existe | Competitividad amplia | Capacidad intrínseca |
| Económica | Alto costo de sistemas de Mando y Control | Costos elevados de sistemas C4IVR | Costos razonables de sistemas C4IVR | Costos dinámicos |
| | Déficit presupuestario | Déficit presupuestario | Déficit presupuestario | Presupuesto |
| Social | Demanda menos seguridad | Demanda seguridad interna y externa | Demanda empleo de FF.AA | Seguridad interna- Rol de FF.AA. |
| | Apoya actividades ilegales | Apoya actividades ilegales | Apoya actividades ilegales | Ilegalidad |
| | Inexistencia de sistemas C4IVR | Aparecimiento de sistemas C4IVR | Evolución de sistemas C4IVR | CXIVR |
| Tecnológica | Poco acceso a la información tecnológica | Mayor acceso a información tecnológica | Desarrollo tecnológico colaborativo y participativo | Desarrollo colaborativo |
| | Absoluta dependencia tecnología exógena | Elevada dependencia tecnológica exógena | Menor dependencia tecnología exógena | Dependencia tecnológica |
| | Mayor monopolio en industria de la defensa | Mayor monopolio en industria de la defensa | Competencia monopolista | Diversificación de oferta Convergencia tecnológica |
| | Amenazas claramente identificadas | Amenazas poco identificadas | Amenazas de compleja identificación | Amenaza cambiante |
| Militar | Ambientes de empleo de FF.AA. poco dinámicos | Ambientes de empleo de FF.AA. dinámicos | Vorágine de evolución de ambientes de empleo de | Ambientes dinámicos |

| | | | |
|--|--|---|-----------------------|
| FF.AA. | | | |
| No se requerían operaciones interinstitucionales | Se requieren operaciones interagenciales | Operaciones interagenciales permanentes | Interconexión |
| Políticas del MDN adecuadas para FF.AA. | Políticas del MDN poco adecuadas | Políticas del MDN poco adecuadas | Políticas inadecuadas |

Nota. Elaborado por los autores.

Árbol de GIGET

Para Michel Godet (2007) el árbol de Giget, también conocido como árbol de competencias, permite la reflexión colectiva que busca catapultar a la organización en un entorno específico. Esta herramienta viabiliza la comprensión y presentación de la literatura respecto de un tema específico, es decir, del “estado del arte” del tema que es objeto de la investigación, en este caso, la evolución y capacidad de los sistemas C4IVR y su impacto en la operatividad institucional. Por tanto, a partir de las condiciones diagnóstico, también se puede interpretar y establecer condiciones actuales y opciones potenciales del Ejército ecuatoriano; en este caso, con un horizonte 2033, debido a que este es el plazo final del proceso de transformación que actualmente enfrenta la institución.

Para la Fuerza Terrestre, el árbol de Giget fue construido en base a su naturaleza, a las misiones que cumple actualmente¹² y las que se infieren en el futuro, un futuro que es cada vez más evidente y que se inclina de forma dirimente hacia la necesidad del Estado de emplear a sus FF.AA. para combatir el crimen organizado, el narcotráfico y una serie de delitos conexos. De este análisis, se desprenden los factores que serían los portadores del cambio deseado y/o requerido en el futuro. Esta información es expuesta en la Tabla 5.

¹² Misiones de FF.AA.: 1) Defensa de la soberanía e integridad territorial, 2) Apoyar al desarrollo del País desde el ámbito de la defensa, 3) Apoyar a otras instituciones del Estado, 4) Apoyar a la paz regional y mundial (Ministerio de Defensa Nacional, 2018).

Tabla 6

Árbol de GIGET sobre el análisis de la capacidad C4IVR de la Fuerza Terrestre



| | | Pasado | Presente | Futuro | Hecho portador de futuro o factor de cambio |
|---------------|--|---|--|---|--|
| Ramas | Productos/ resultados | Defensa de la soberanía y control interno | Defensa de la soberanía e integridad territorial | Defensa de la soberanía, integridad territorial y contribuir a mantener el orden interno | Amenazas dinámicas y poderosas |
| Tronco | Capacidades | Operaciones militares de defensa externa Operaciones complementarias a la PP.NN. Apoyo al desarrollo del Estado | Operaciones militares de defensa externa Operaciones en el ámbito interno Apoyo a otras instituciones del Estado Apoyar a desarrollo de la paz regional y mundial | Operaciones militares de defensa externa Operaciones militares en el ámbito interno Apoyo al desarrollo del Estado Apoyar a desarrollo de la paz regional y mundial | Operaciones militares en el multidominio Operaciones militares conjuntas Operaciones militares multidominio Operaciones militares interagenciales |
| Raíz | Conocimiento/ habilidades/ competencias | Personal técnico empírico Tercer nivel de educación Inexistente desarrollo tecnológico en apoyo a misiones militares Proceso de selección de personal insipiente | Personal técnico certificado Tercer y cuarto nivel de educación Incipiente desarrollo tecnológico endógeno Proceso de selección de personal estandarizado | Personal técnico especializado Tercer, cuarto y quinto nivel de educación Mayor desarrollo tecnológico endógeno Proceso de selección de personal con altos estándares de cualificación | Personal con certificaciones y especializaciones internacionales Nivel de educación con estándares internacionales Normas técnicas y estándares para desarrollo tecnológico ISO IEC 15288 y equipamiento militar Estándares para la selección de personal militar |

Ábaco de Régnier. Para la Escuela de Negocios CEREM (2022) el ábaco de Régnier es una herramienta que facilita la generación de un diagnóstico para la organización, la misma que se basa en un trabajo colaborativo e interpersonal, en el que los expertos opinan sobre ciertos condicionamientos o situaciones internas de la organización.

Acorde al tema de investigación que regente el presente estudio, el ábaco de Régnier ha sido elaborado sobre la base de la necesidad inminente de que el Ejército del 2033 tenga la capacidad de desarrollar operaciones en el multidominio, manteniendo altos estándares de convergencia tecnológica y de interconexión que facilita las operaciones interagenciales, debido que tendrá múltiples misiones, por tanto, es indispensable disponer de una filosofía y un equipamiento institucional que permita optimizar de mejor forma los recursos disponibles, y para el efecto, el mando y control es una de las capacidades trascendentales, pues esta permite armonizar el empleo de las demás capacidades.

Para alcanzar los estándares enunciados en los párrafos anteriores, es importante considerar que aspectos permitirán alcanzar dichas capacidades de forma sostenible y sustentable, toda vez que una institución de connotada trascendencia para la vida de un Estado, no puede procurar objetivos que se alcancen de forma extenuada, y que luego de ello, se evidencia una debacle inmediata. Por el contrario, los procesos de transformación y evolución de la F.T. deben ser metódicos, planificados, sistémicos, sostenibles y sustentables. En ese contexto, seguidamente, la Tabla 6, presenta el resultado alcanzado luego de consultar a varios expertos en el ámbito del desarrollo tecnológico.

Matriz Morfológica. Esta matriz, también conocida por algunos autores como la caja de Zwicky (en honor a su creador), es una herramienta que permite investigar las relaciones existentes en un sistema complejo no cuantificable y multidimensional. La matriz contiene hipótesis que plantean los expertos, y estas se constituyen en la base para la construcción de escenarios prospectivos (Villacis, 2014).

Para la solución de la problemática bajo análisis, la Tabla Nro. 5 describe las variables estratégicas, al igual que plantea las respectivas hipótesis que se pueden presentar en los

escenarios optimista, pesimista, tendencial, cisne negro y apuesta. Es importante señalar que las hipótesis fueron construidas a partir de la cosmovisión de los miembros del grupo de trabajo, quienes fungen como expertos en el área militar.

Tabla 7

Ábaco de Régnier para determinar las mejores condiciones de un sistema C4IVR en la F.T. del 2033

| MUY PROBABLE | 5 | E 1 | E 2 | E 3 | E 4 | E 5 |
|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROBABLE | 4 | | | | | |
| DUDA | 3 | | | | | |
| IMPROBABLE | 2 | | | | | |
| MUY IMPROBABLE | 1 | | | | | |
| NO HAY REPUESTA | 0 | | | | | |
| Plataformas C4IVR de tecnología abierta (la letra X significa que puede escalar a 5,6, etc.) | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Sistemas C4IVR flexibles, livianos y portables | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 |
| Sistemas C4IVR con tecnología de una única empresa proveedora | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Sistemas C4IVR para unidades tipo Brigada y menores | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Sistemas CXIVR con capacidad de interconexión con otras Fuerzas e Instituciones | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Modularidad y escalabilidad de la plataforma de C4IVR | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Capacidad de ciberataques | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| Capacidad de guerra electrónica en todos los niveles de la conducción | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Plataforma con capacidad de empleo multimisión y multidominio | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Plataforma con capacidad de empleo multimisión | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Capacidad de apoyar a misiones multidominio | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Mando y control en todos los niveles de la conducción militar | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Talento Humano suficiente y técnicamente entrenado | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Presupuesto para mantenimiento y modernización paulatina | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Inteligencia, vigilancia y reconocimiento, con inteligencia artificial | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| Sistemas controlados desde dispositivos celulares | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| Sistemas hiperconectados (sin restricción de marca) | 3 | 4 | 3 | 2 | 5 | 5 |
| Personal con capacidad de desarrollo de nuevas aplicaciones sobre el sistema C4IVR | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Hiperconvergencia tecnológica (no existirán protocolos exclusivos, sino comunes) | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Información en tiempo real para operaciones militares | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Amenazas dinámicas a la seguridad y defensa, operando en el multidominio | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Operaciones militares Inter agenciales y coordinadas | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| Sistemas C4IVR que interconecte sensores a nivel nacional | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Operaciones militares Inter agenciales y coordinadas | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Desarrollar plataforma propia de C4IVR (Desarrollo nacional) | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Disminuir la dependencia tecnológica en el ámbito del C4IVR | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Predominio del software (redes definidas por software, radios definidos por software, etc.) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Plataformas con software de código abierto | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Digitalización, en tiempo real, del campo de batalla o escenario de empleo | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Sistemas C5IVR cognitivos (incluyan proceso de toma de decisiones, transmisión automática) | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Tabla 8

Matriz Morfológica para determinar las mejores condiciones de un sistema C4IVR en la F.T. del 2033

| Variable estratégica | Hipótesis Optimista (ideal/soñador) | Hipótesis Pesimista (negativa) | Hipótesis Tendencial (situación repetitiva) | Hipótesis Cisne Negro (catastrófico) | Hipótesis Apuesta (real/deseado) |
|--|--|---|--|---|---|
| Plataformas CXIVR de tecnología y código abierto (la letra X significa que puede escalar a 5,6, etc.) | Totalmente abiertas | Cerradas | Parcialmente abiertas | Totalmente cerradas | Abiertas |
| Sistemas CXIVR cognitivos (incluyan proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc.) | Digitalizados | Inexistente | Semi automatizada | Incipiente | Automatizada |
| Talento Humano suficiente y técnicamente entrenado | Sobresaliente | Mediocre | Regular | Incompetente | Competente |
| Mando y control en todos los niveles de la conducción militar, con interconexión inter fuerzas e interagencial | Permanente | Restringido | Periódico | Inexistente | Adecuado |
| Plataformas con seguridad informática | Robusta | Deficiente | Condicionada | Insegura | Suficiente |
| Plataforma con capacidad de empleo multimisión y multidominio | Alta | Limitada | Restringida | Insuficiente | Ideal |
| Desarrollar plataforma propia de C4IVR (Desarrollo nacional) | Totalmente | Ligeramente | Limitadamente | Inexistente | Parcialmente |
| Digitalización, en tiempo real, del campo de batalla o escenario de empleo | Eficiente | Limitada | Postergada | Imprecisa | Oportuna |

Escenarios tecnológicos CXIVR para el 2033

Escenario Optimista: ZEUS

En el año 2033, el escenario presenta plataformas CXIVR cuya tecnología y filosofía de trabajo son **totalmente abiertas** y de fácil acceso, cuya capacidad cognitiva se considera de **excelencia**, y que incluyen la automatización del proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. El talento humano es **sobresaliente** (en cantidad suficiente y con un entrenamiento técnico y operativo superlativo), de tal manera que el mando y control es efectivo en todos los niveles de la conducción militar y que cuente con interconexión inter fuerzas e interagencial forma **permanente**. Además, se garantiza la **robustez** de las plataformas informáticas, con **alta capacidad** para emplearse en operaciones multidominio y multimisión, las cuales deberán ser **desarrolladas** a nivel nacional y acorde a los requerimientos institucionales otorgando autonomía a la nación, y alcanzado una digitalización del campo de batalla **eficiente**.

Escenario Pesimista: AURA

En el año 2033 el escenario presenta plataformas CXIVR **cerradas**, cuya capacidad cognitiva para actuar de forma autónoma es **inexistente**, por lo que carecen de procesos de toma de decisiones automatizadas, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. El talento humano es **mediocre** (en cantidad suficiente y con un entrenamiento técnico y operativo deficiente), de tal manera que el mando y control es poco efectivo en todos los niveles de la conducción militar, por lo que, la interconexión inter fuerzas e interagencial es **restringida**. Además, deberá las plataformas informáticas ofertar una seguridad **limitada** para emplearse en operaciones multidominio y multimisión, las cuales estarán **parcialmente desarrolladas** a nivel nacional y acorde a los requerimientos institucionales otorgando autonomía a la nación, y alcanzado una digitalización del campo de batalla **limitada**.

Escenario Cisne negro: TÁNTALO

En el año 2033 el escenario presenta plataformas CXIVR cuya filosofía funcional es **totalmente cerrada** y restrictiva, en tanto que la capacidad cognitiva para operar de forma autónoma es **incipiente**, y no incluyen la automatización del proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. El talento humano es **incompetente** (en cantidad insuficiente y con un entrenamiento técnico y operativo inadecuado), de tal manera que el mando y control en todos los niveles de la conducción militar y la interconexión inter fuerzas e interagencial sea **inexistente**. Además, las plataformas informáticas **inseguras e insuficientes** para operaciones multidominio y multimisión, y sean **totalmente desarrolladas** en el extranjero, sin otorgar autonomía a la nación, y alcanzado una digitalización del campo de batalla **imprecisa**.

Escenario Apuesta: APOLO

En el año 2033 el escenario presenta plataformas CXIVR de tecnología, filosofía y código **abierto**, cuya capacidad cognitiva está **automatizada**, e incluye el proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. el talento humano es **competente** (en cantidad suficiente y con un entrenamiento técnico y operativo superlativo), de tal manera que el mando y control sea efectivo en todos los niveles de la conducción militar con interconexión inter fuerzas e interagencial operando de forma **adecuada**. Además, deberá garantizarse la **suficiente** seguridad de las plataformas informáticas, con una capacidad **ideal** para emplearse en operaciones multidominio y multimisión, las cuales son **parcialmente desarrolladas** a nivel nacional y acorde a los requerimientos institucionales otorgando autonomía a la nación, y alcanzado una digitalización del campo de batalla **oportuna**.

Escenario Tendencial: AQUILES

En el año 2033 el escenario presenta plataformas CXIVR de tecnología, filosofía y código **parcialmente abierto**, cuya capacidad cognitiva está **semi automatizada**, e incluye la automatización del proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. El talento humano es **regular** (en cantidad

suficiente y con un entrenamiento técnico y operativo limitado), de tal manera que el mando y control no es totalmente efectivo en todos los niveles de la conducción militar, por lo que, la interconexión inter fuerzas e interagencial es **periódica** y no es permanente. Además, las plataformas de seguridad informática están **condicionadas** en su alcance y efectividad, así mismo, mantienen una capacidad **restringida** para emplearse en operaciones multidominio y multimisión, las cuales son **limitadamente desarrolladas** a nivel nacional y acorde a los requerimientos institucionales **postergando** la autonomía a la nación, y la digitalización del campo de batalla.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

En base al estudio de vigilancia tecnológica y al estudio prospectivo realizado, las conclusiones del presente trabajo de investigación son los escenarios prospectivos que enfrentará el Ejército en el 2033, en el ámbito tecnológico de los sistemas C4IVR o C5IVR que deberá considerar para alcanzar una adecuada capacidad de mando y control de las operaciones militares. Los dos escenarios más probables son los siguientes:

Escenario Apuesta: APOLO

En el año 2033 el escenario presenta plataformas CXIVR de tecnología, filosofía y código **abierto**, cuya capacidad cognitiva está **automatizada**, e incluye el proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. el talento humano es **competente** (en cantidad suficiente y con un entrenamiento técnico y operativo superlativo), de tal manera que el mando y control sea efectivo en todos los niveles de la conducción militar con interconexión inter fuerzas e interagencial operando de forma **adecuada**. Además, deberá garantizarse la **suficiente** seguridad de las plataformas informáticas, con una capacidad **ideal** para emplearse en operaciones multidominio y multimisión, las cuales son **parcialmente desarrolladas** a nivel nacional y acorde a los requerimientos institucionales otorgando autonomía a la nación, y alcanzado una digitalización del campo de batalla **oportuna**.

Escenario Tendencial: AQUILES

En el año 2033 el escenario presenta plataformas CXIVR de tecnología, filosofía y código **parcialmente abierto**, cuya capacidad cognitiva está **semi automatizada**, e incluye la automatización del proceso de toma de decisiones, transmisión automática de mensajes, apuntamiento de armas contra OAV, etc. El talento humano es **regular** (en cantidad suficiente y con un entrenamiento técnico y operativo limitado), de tal manera que el mando y control no es totalmente efectivo en todos los niveles de la conducción militar, por lo que, la interconexión inter fuerzas e interagencial es **periódica** y no es permanente. Además, las plataformas de seguridad informática están **condicionadas** en su alcance y efectividad, así mismo, mantienen una capacidad **restringida** para emplearse en operaciones multidominio

y multimisión, las cuales son **limitadamente desarrolladas** a nivel nacional y acorde a los requerimientos institucionales **postergando** la autonomía a la nación, y la digitalización del campo de batalla.

El estudio prospectivo realizado permite concluir que los sistemas CXIVR de la Fuerza Terrestre al 2033, deberán disponer de las siguientes características técnicas mínimas: Arquitectura abierta, modular y escalabilidad, algoritmos de inteligencia artificial operando en tiempo real, interoperable, operar con tecnología móvil celular y mantener capacidad de cumplir misiones de ciberdefensa robusta. Además, debido al vertiginoso cambio de la tecnología, es posible que algunas de las características aquí definidas puedan cambiar de forma significativa y que, con toda certeza, para el 2033, tendrán una madurez tecnológica adecuada, que permita hablar de sistemas C5IVR o C6IVR, en los cuales, las operaciones en el ciberespacio tendrán un accionar importante.

En cuanto a la infraestructura que actualmente dispone el Ejército ecuatoriano para implementar un sistema C4IVR, es pertinente precisar que esta es deficiente, no existe una infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional (considerar que el MODE pertenece al CC.FF.AA.); además, no existe una red de sensores ópticos interconectada a nivel local-regional-nacional. Tampoco existe un software de administración de capacidades que permita - bajo herramientas de inteligencia artificial- coadyuvar en la toma de decisiones. También se carece de un equipamiento estandarizado para el combatiente individual, a partir del cual se desarrollen las plataformas de monitoreo.

Un problema evidente y complejo es la existencia de equipamiento tecnológico procedente de diferentes países, con sistemas de seguridad privativos, modulaciones privativas y ciertas características de incompatibilidad. Todo esto se convierte en una gran limitante para aplicar un principio de modularidad y escalabilidad deseada.

Por otro lado, al intentar analizar la posible oferta tecnológica que la industria militar ofertará en el mediano y largo plazo, sobre la base de los desarrollos observados en los últimos años, y considerando la acelerada evolución que viene alcanzando la inteligencia artificial, es altamente probable que exista una masificación de soluciones para el mando y

control, las cuales serán ofertadas por una mayor cantidad de empresas, especialmente provenientes de los países considerados desarrollados, por tanto, existirá una disminución en cuanto a los precios de acceso a dicha tecnología.

En lo referente a la capacidad de los sistemas C4IVR y su efectividad de empleo en el medio ecuatoriano, se puede afirmar que la mayoría de equipos tendrán limitaciones para su empleo, de manera especial en el medio selvático, toda vez que la característica de la selva ecuatorial provoca una elevada pérdida de potencia de señales ahí transmitidas, puesto que la absorción por vegetación se incrementa de forma exponencial y esto provoca una mayor afectación a las transmisiones que empleen frecuencias superiores a la banda HF, como es el caso de: transmisión de video en tiempo real, tecnologías IoT, drones, etc.

Finalmente, es pertinente recomendar que, a fin de alcanzar el perfil del soldado y el perfil institucional que la Fuerza Terrestre se han planteado para el 2033, se debe iniciar con dos programas institucionales que permitan alcanzar estos objetivos de forma paulatina y congruente, a fin de que se pueda alcanzar una mejora significativa en cuanto a la efectividad de las operaciones militares. Estos programas se orientan al desarrollo tecnológico y a la adquisición de infraestructura tecnológica para la institución, los cuales no pueden seguir ejecutándose de forma aislada o paralela, y deben manejarse de forma simultánea, congruente, sincronizada y secuenciada.

El primer programa deberá estar orientado al desarrollo endógeno de ciertas soluciones tecnológicas que puedan adaptarse y engranar de forma adecuada en una plataforma de C4IVR, cualquiera que esta sea, bajo la consideración que la capacidad institucional si permite alcanzar soluciones de forma económica, eficiente y ajustada a nuestra realidad. Y el segundo programa, deberá orientarse a mantener una sinergia entre la vigilancia tecnológica y la ejecución de proyectos de equipamiento institucional, a fin de evitar adquisiciones divergentes en el aspecto tecnológico y de compatibilidad, propendiendo de esta forma a que el equipamiento tecnológico pueda ser multipropósito y adaptable, acorde a los escenarios actuales y futuros.

Bibliografía

- AcademiaLab. (2023). *AcademiaLab*. Obtenido de Mando y control: <https://academia-lab.com/enciclopedia/mando-y-control/>
- Andrade, M. (2021). Doctrina y estructura militar ecuatoriana: de cara o de espaldas a las amenazas del siglo XXI. *URVIO*, 29, 109-121 .
- ARCOTEL. (19 de dic. de 2022). *El espectro radioeléctrico*. Obtenido de <https://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- Arias, W. (sep. de 2023). Conferencia sobre el apoyo de FF.AA. a otras instituciones del Estado. *Representante del Ministerio de Defensa Nacional*. Sangolqui.
- Asamblea-Nacional. (2009). *Ley de Seguridad Pública y del Estado*. Quito.
- Balbi, E. (2014). Método MEYEP. *Red EyE*, <http://181.189.159.2/2014/agosto/enfoque/contenido/ponencias/futuro32.pdf>, 23-26.
- Barahona, A., Sanguña, C., Murillo, A., & Pantoja, L. (2019). Modelos prospectivos: análisis teóricos, revisión de literatura de estudios desarrollados por Godet y Mojica. *TAMBARA*, 8(47), ISSN 2588-0977, 655-669.
- Barrios, M. (11 de mar. de 2022). *La evolución de la guerra y su actualidad*. Obtenido de <https://www.alainet.org/es/articulo/199853>
- BBC. (10 de ene de 2023). *Cuáles son las 5 mayores empresas militares del mundo y qué armamento producen*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41314528>
- Cabello, E. C. (2012). Los sistemas de mando y control: una visión histórico-prospectiva. *Ministerio de Defensa de España: Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional*.
- CC.FF.AA. (2020). *Manual militar de operaciones de ámbito interno MM-DSC-08*. Quito: I.G.M.
- CEREM. (10 de agosto de 2022). *Diagnóstico Estratégico con el ábaco de Regnier*. Obtenido de <https://www.cerem.ec/blog/diagnostico-estrategico-con-el-abaco-de-regnier#:~:text=El%20%C3%A1baco%20de%20R%C3%A9gnier%20es,que%20se%20trataban%20sus%20respuestas.>
- CiberseguridadTips. (10 de ene de 2023). *Ciberdefensa: Qué es y cuál es su importancia*. Obtenido de <https://ciberseguridadtips.com/ciberdefensa/>
- CISCO. (2016). Protocolos de Comunicación y Red. En CISCO, *Introducción a redes v6.0, routing y switching* (págs. 1-30).
- Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre. (2020). *Apoyo a las instituciones del Estado MFRE 12.00*. Quito: Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre.

- Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre. (2020). *Apoyo a las instituciones del Estado MFRE 12.00*. Quito: Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre.
- Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre. (2020). *Manual Fundamental de Referencia del Ejército de Conducción Militar Terrestre*. Quito: CEDMT.
- Comando de Educación y Doctrina Militar Terrestre. (2020). *Manual referencial del Ejército Mando Tipo Misión-Mando y Control*. Quito.
- Comando de Operaciones Terrestres. (2023). *Informe sobre el desarrollo de capacidades militares*. Quito.
- ConectaSoftware. (09 de agosto de 2022). *La teoría de la decisión*. Obtenido de <https://conectasoftware.com/analytics/metodologia-la-teoria-de-la-decision/>
- CRE. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- DataScientest. (20 de mar de 2023). *Definición de la vigilancia tecnológica*. Obtenido de <https://datascientest.com/es/que-es-la-vigilancia-tecnologica-definicion-y-desafios>
- Defense News. (10 de ene de 2023). *Top 100 Defense Companies*. Obtenido de <https://people.defensenews.com/top-100/>
- Departamento de Doctrina Militar Conjunta. (2020). *Manual militar de desarrollo de capacidades*. Quito, DM: IGM.
- Economipedia. (20 de jul de 2023). *Definición de transferencia de tecnología*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/transferencia-de-tecnologia.html>
- EkoNegocios. (19 de oct de 2022). *Marcas aeroespaciales y defensa más valiosas en 2022*. Obtenido de <https://ekosnegocios.com/articulo/marcas-aeroespaciales-y-defensa-mas-valiosas-en-2022#:~:text=Boeing%20es%20la%20marca%20aeroespacial,millones%2C%20est%3%A1%20la%20empresa%20Aerob%3%BA>.
- ElbitSystems. (25 de ene de 2023). *Torch-X™ C4ISR Solutions*. Obtenido de <https://elbitsystems.com/products/c4i-systems/>
- ENACOM. (29 de ene de 2023). *Ente nacional de comunicaciones de Argentina*. Obtenido de Tipos de conexión: https://www.enacom.gov.ar/tipos-de-conexion_p112
- Fernández-Montesinos, F. (11 de mar. de 2022). *Las generaciones de guerras*. Obtenido de https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2015/DIEEEA54-2015_GeneracionesdeGuerras_xlx_FAFM.pdf
- Fuerza Terrestre. (2020). *Manual Militar de Operaciones en el Ámbito Interno*. Quito.
- Fuerza Terrestre. (2021). *Plan de Transformación del Ejército 2020*. Quito.
- Gajate, M. (2019). Reflexiones sobre la guerra asimétrica a través de la historia. *Revista Latinoamericana de estudios de seguridad-URVIO*, (24), [dx.doi.org/10.17141/urvio.24.2019.3522](https://doi.org/10.17141/urvio.24.2019.3522), 204-220.

- Gestión-Calidad.com. (n.d). *Vigilancia tecnológica*. Obtenido de <https://gestion-calidad.com/vigilancia-tecnologica>, recuperado el 19 de julio del 2023
- GFP Strength in numbers. (10 de mar. de 2022). *2022 Military Strength Ranking*. Obtenido de <https://www.globalfirepower.com/countries-listing.php>
- Gobierno de España. (n.d.). *Ministerio de agricultura, pesca y alimentación*. Obtenido de Qué es la vigilancia tecnológica: mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/centro-nacional-tecnologia-regadios/vigilancia-tecnologica/, recuperado el 17 de julio del 2023
- Godet, M. (2000). Cómo ser rigurosos con la planificación de escenarios. *Emerald*, 2, 5-9.
- Godet, M. (2007). *Prospectiva Estratégica: problemas y métodos*. París: Prospektiker —Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia— .
- Gonzalez, L., & Guajate, M. (2018). *Guerra y Tecnología: Interacción desde la antigüedad al presente*. Madrid: Fundación Ramón Areces.
- Guerrero, J. (2016). Evolución de los sistemas de mando y control, interoperabilidad e integración. *Seguridad y Defensa: Tecnologías avanzadas*, 154., 51-55.
- Hytera Latam. (10 de abr. de 2023). *Integrated Command and Control Solutions*. Obtenido de Hytera ICC Solution: <https://www.hytera.com/en/product-new/command-dispatch/integrated-command-and-control-solutions.html>
- INDRA. (02 de sep. de 2022). *Sistemas C5/SR*. Obtenido de http://www.indracompany.com/sites/default/files/indra_mando_y_control_c5isr_esp_v01_baja.pdf
- Infodefensa. (23 de ago de 2022). *Las 100 primeras firmas de defensa crecen un 8% en un año*. Obtenido de <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3862221/100-primeras-firmas-defensa-mundo-crecen-8-ano>
- Infosecurity. (n.d.). *Qué es la ciberseguridad?* Obtenido de <https://www.infosecuritymexico.com/es/ciberseguridad.html#:~:text=De%20acuerdo%20a%20los%20expertos,seguridad%20de%20la%20informaci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica>, recuperado el 17 de julio del 2023
- Instituto Internacional de Investigación de Estudios para la Paz -SIPRI. (2022). *The SIPRI Top100 armas-producing and military services companies, 2021*. Estocolmo: SIPRI.
- ITU. (2021). *Estándares de comunicaciones ITU-TSS*. IBM.
- Kionetworks. (19 de dic. de 2022). *Qué son y para que sirven los protocolos de comunicación?* Obtenido de <https://www.kionetworks.com/blog/data-center/protocolos-de-comunicaci%C3%B3n-de-redes#:~:text=Un%20protocolo%20es%20un%20conjunto,a%20trav%C3%A9s%20de%20una%20red>.
- L3Harris. (23 de ene de 2023). *Joint All Domain Comand and Control*. Obtenido de https://www.l3harris.com/jadc2?force_isolation=true
- LOSP. (2009). *Ley Orgánica de la Seguridad Pública*. Quito.

- Medina, E. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. CEPAL, Primera Edición,.
Obtenido de
<https://www.cepal.org/ilpes/publicaciones/xml/3/27693/manual51.pdf>
- Méndez-Vélez, L., Gaitán-Vanegas, S., & Fuquen, F. (2019). Los dominios de la guerra: una aproximación al nuevo escenario del COVID19. *Estudios en Seguridad y Defensa*, 14(28), <https://doi.org/10.25062/1900-8325-282>, 237-257.
- Microsoft. (10 de ene de 2023). *Qué es la ciberseguridad?* Obtenido de
<https://support.microsoft.com/es-es/topic/-qu%C3%A9-es-la-ciberseguridad-8b6efd59-41ff-4743-87c8-0850a352a390>
- Ministerio de Defensa Nacional. (2018). *Política de la Defensa Nacional "Libro Blanco"*. Quito.
- Ministerio de Defensa Nacional. (18 de mar. de 2020). *Plan Sectorial de la Defensa 2017-2021*. Obtenido de <https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/plan-sectorial-final-2020-web.pdf#:~:text=El%20Plan%20Sectorial%20de%20Defensa%20es%20la%20herramienta%20de%20planificaci%C3%B3n,objetivos%20establecidos%20en%20este%20documento>.
- Ministerio de Defensa Nacional del Ecuador. (2018). *Política de la Defensa Nacional "Libro Blanco"*. Quito.
- Mojica, F. (2010). The future of the future: Strategic foresight in Latin America. *Elsiever*, 1,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162510001563?via%3Dihub>, 9-12.
- Murray, W. (2003). Guerra conjunta. *Military Review*, 83(6), págs. 2-12.
- NFON. (29 de ene de 2023). *Redes de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.nfon.com/es/get-started/cloud-telephony/lexicon/base-de-conocimiento-destacar/redes-de-telecomunicaciones#c1152>
- Organización de las Naciones Unidas. (18 de mar. de 2022). *El Estado de Derecho y el Desarrollo*. Obtenido de <https://www.un.org/ruleoflaw/es/rule-of-law-and-development/>
- Organización para la cooperación y el desarrollo económico-OCDE. (20 de mar de 2023). *Introducción a la prospectiva*. Obtenido de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/342/1JesusRodriguez.pdf>
- Raytheon Intelligence and Space. (24 de ene de 2023). *Joint All Domain Command and Control*. Obtenido de <https://www.raytheonintelligenceandspace.com/what-we-do/command-and-control/battle-management/jadc2>
- Raytheon Intelligence and Space. (24 de ene de 2023). *JADC2*. Obtenido de <https://www.raytheonintelligenceandspace.com/what-we-do/command-and-control/battle-management/jadc2>

- REDIMEC. (13 de abril de 2023). *C4I*. Obtenido de <https://www.redimec.com.ar/c41.php>
- Reverso Diccionario. (18 de mar. de 2022). Obtenido de <https://diccionario.reverso.net/espanol-definiciones/tanque+de+guerra>
- RODRÍGUEZ, J. (2013). Diseño prospectivo de escenarios para la ciencia, tecnología e innovación al 2040. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 16(2), UNMSM ISSN: 1560-9146 (Impreso) / ISSN: 1810-9993 (Electrónico), 92-105.
- Sempere, C. M. (22-24 de noviembre de 2010). *En la frontera de la tecnología aeroespacial XIV Jornadas UPM-FAS*. Obtenido de Tecnologías aplicadas al Mando y Control. Sistemas C4ISR: <https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gabinete%20del%20Rector/Agenda/2010/2010-11/SistemasC4ISR.ImpactoTecnologiaAeroespacial.pdf>
- Torres, A. (20 de mar de 2022). *La Teoría General de los Sistemas de Ludwig von Bertalanffy*. Obtenido de <https://psicologiymente.com/psicologia/teoria-general-de-sistemas-ludwig-von-bertalanffy>
- Vaca, D. &.-A. (2022). El crimen organizado y el terrorismo : Una amenaza a la seguridad del Estado. . *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.24133/RCSA>, 51-63.
- Vargas, C. (29 de ene de 2023). *SISUTELCO*. Obtenido de Tecnologías de transporte de información PDH/ SDH/ FIBRE CHANNEL / OTN: <https://sisutelco.com/tecnologias-de-transporte/>
- Villacis, D. (2014). La Planificación Estratégica como una herramienta de apoyo para determinar capacidades militares. *Revista Política y Estrategia*, 124, 13-36.
- VMWARE. (19 de dic. de 2022). *Glorias de términos*. Obtenido de Qué es la hiperconvergencia: <https://www.vmware.com/latam/topics/glossary/content/hyperconvergence.html>
- Voros, J. (2014). Introducción de un marco de clasificación para los métodos prospectivos. *Emerald*, 8, 44-46.