





# GAVIOTAS DE LUCES





# GAVIOTAS DE LUCES

Un aporte desde la investigación formativa  
a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia

Diana Paola Brochero Barragán  
Nora Patricia Gutiérrez Rodríguez  
Erika Juliana Estrada Villa  
Jairo Andrés Lasso Moreno  
Néstor Raúl Ibañez Rubiano  
Diana del Pilar Aponte Castro  
Andrés Mauricio Palacios Silva  
Óscar Fernando Arias Suárez



Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana  
Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas  
Grupos de Investigación Análisis en Contexto, GICMA, CIPAER

Brochero Barragán, Diana Paola  
Gaviotas de luces: un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia / autores, Diana Paola Brochero Barragán [y otros siete]. Bogotá D.C.: Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana, 2021. 240 páginas.: il. 24cm. – (Ciencia y Poder Aéreo; No 17)

ISBN 978-958-53696-0-3  
E-ISBN 978-958-53696-1-0

1. Ciencias Militares 2. Investigación científica – metodología. i Diana Paola Brochero Barragán, Nora Patricia Gutiérrez Rodríguez, Erika Juliana Estrada Villa. ii Jairo Andrés Lasso Moreno. iii Néstor Raúl Ibáñez Rubiano. iv Diana del Pilar Aponte Castro, Andrés Mauricio Palacios Silva. v Óscar Fernando Arias Suárez. vi Fuerza Aérea Colombiana. vii Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, 2021.

UG643. C7 B76 . 2021 SCLC

DOI: <https://doi.org/10.18667/9789585369603>

Registro Catálogo SIBFA 118028

Libro de investigación evaluado por pares  
Primera edición: Bogotá D.C. Colombia, noviembre del 2021  
Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 17

ISBN: 978-958-53696-0-3  
E-ISBN: 978-958-53696-1-0

### **Escuela de Postgrados FAC**

#### **Director EPFAC**

CR. Ervin Gaitán Serrano

#### **Subdirector y Jefe de Estado Mayor**

TC. Ciro Alberto Duarte Jaimes

#### **Comandante Grupo Académico**

TC. Andrés Felipe Maya Pineda

#### **Jefe de programa Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas**

MY. Nora Patricia Gutiérrez Rodríguez

#### **Comandante Escuadrón Investigación**

MY. Germán Wedge Rodríguez Pirateque

### **Equipo Editorial**

#### **Jefe editorial**

MY. Germán Wedge Rodríguez Pirateque

#### **Editores**

TC. Rodrigo Mezú Mina

TE. Lady Johanna Carvajal Parra

#### **Coordinadores Editoriales**

Juan David Ardila Suárez

Erika Juliana Estrada Villa

#### **Asistente editorial**

Deisy Carolina Gutiérrez Rozo

#### **Corrección de estilo**

Angie Sánchez Wilchez

#### **Corrector de pruebas**

Lina Fernanda Orjuela Arce

#### **Diseño y diagramación**

Angélica Ramos Vargas

### **Autores**

Diana Paola Brochero Barragán

Nora Patricia Gutiérrez Rodríguez

Erika Juliana Estrada Villa

Jairo Andrés Lasso Moreno

Néstor Raúl Ibañez Rubiano

Diana del Pilar Aponte Castro

Andrés Mauricio Palacios Silva

Óscar Fernando Arias Suárez

**Versión digital** - OMP: Biteca Ltda.

**Impresión:** Fénix Media Group SAS

*Impreso y hecho en Colombia.*

© 2021, Escuela de Postgrados

Fuerza Aérea Colombiana

Cra. 11 n.º 102-50 Edificio ESDEG, Escuadrón de Investigación

Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia

[www.libros.publicacionesfac.com](http://www.libros.publicacionesfac.com)





# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1.</b> Consideraciones sobre la investigación en las ciencias militares aeronáuticas en Colombia	<b>17</b>
<b>Capítulo 2.</b> Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC	<b>33</b>
<b>Capítulo 3.</b> Observatorio de Defensa Aérea-ODEFA: una propuesta académica de visibilización de la Defensa Aérea y sus amenazas en el contexto aéreo nacional	<b>103</b>
<b>Capítulo 4.</b> Líneas de acción como estrategia para mitigar y reducir la accidentabilidad ART Scan Eagle	<b>147</b>
<b>Capítulo 5.</b> Análisis del comportamiento físico de tripulaciones y su impacto en la toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas	<b>181</b>



# Introducción

Por generaciones ha existido una dicotomía entre la academia y los practicantes, entendiendo que estos últimos erigen sus carreras a partir de una habilidad que con la experiencia se va haciendo más relevante. En esa línea, la gran masa crítica de la oficialidad al interior de la Fuerza Aérea Colombiana sería considerada practicante, es decir, personas expertas en el arte de la guerra y estrategia desde el aire; mujeres y hombres con un alto entrenamiento y sensibilidad por la defensa de su país, quienes son capaces —como Antonio Ricaurte lo hizo en San Mateo—, de ofrendar su vida por la defensa de la patria (Martínez & Otálora, 2012). Los esfuerzos por una profesionalización al interior de los miembros de la institución han permitido aproximar conceptos teóricos y permitir un mejor balance o maridaje entre la práctica y la teoría.

En tal sentido, la defensa por el país tiene mucho de corazón y pasión y, en ocasiones, menos teoría, ecuaciones y metodología académica. Allí inicia la grieta entre la academia y la experiencia del practicante (Fitzgerald, 2003). El supuesto “oxímoron” entre academia y práctica se abre espacio, sin desconocer que la misma institución militar, desde sus inicios, se sustentó en la academia para evolucionar en la estrategia.

No en vano, Clausewitz, un “perdedor” del conflicto entre prusianos y franceses fue capaz de inmortalizar sus enseñanzas en temas relacionados con la guerra (Huntington, 1957). A partir de sus enseñanzas, los prusianos se reinventaron, buscaron carreras liberales y se profesionalizaron; desarrollaron erudición en las ciencias militares mediante la acumulación de conocimiento y, cuando llegó nuevamente el choque bélico con sus némesis reconocidas, los franceses no lograron repetir la hazaña y fueron vencidos por un nuevo ejército (Huntington, 1957). A Colombia llegaría esta influencia prusiana a través de la misión chilena en 1907.

Los prusianos se reinventaron por el mismo *shock* de la primera guerra contra los franceses, buscaron nuevos conocimientos en otras disciplinas, inventaron el Estado Mayor y la planeación, lucieron visionarios (Pérez, 1998); refinaron la táctica y la estrategia. Fueron practicantes y sabios en los temas de la guerra que lograron combinar la complejidad mental de la academia con la practicidad del arte militar. De ese modo construyeron un nuevo modelo de institución castrense, mediante la profesionalización y la especialización de cada uno de sus roles. Por eso, la combinación de las letras con la maniobra estratégica es primordial en la carrera militar y esa es la razón por la cual buscar continuamente el maridaje entre la academia y la organización militar.

En esa búsqueda, este libro constituye una primera compilación que resulta de la materialización de la investigación formativa que se lleva a cabo en el programa de Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea de Colombia (EPFAC), con el fin de llevar a un nivel superior los esfuerzos de los estudiantes de postgrado, quienes en un ejercicio de investigación buscan identificar y solucionar problemas o necesidades de la Fuerza Aérea Colombiana y del sector aeronáutico.

La propuesta para el desarrollo de esta publicación se enfocó inicialmente en incentivar y fomentar la escritura en los estudiantes de los programas postgraduales de la EPFAC. En ese sentido, una de las muchas preocupaciones se enmarcó en lo endogámica que podría llegar a ser esta producción. Sin embargo, luego de algunas discusiones entre los jefes de los programas de maestría, se encontraron más fortalezas, dentro de las cuales se halló una veta de oro. Un grupo de oficiales preocupados por su profesionalización, con mucha experiencia en operaciones militares, gestión administrativa y salud, con unos trabajos de grado sobresalientes y con el interés de compartir su conocimiento y experiencia mediante una publicación.

Este tesoro encontrado nació de la amalgama entre la experiencia de nuestros estudiantes y las habilidades académicas adquiridas durante el tiempo de sus estudios, en el cual se logró la integración entre teoría y práctica, a medida que se iban adaptando a las formas y modos de la academia. En esta evolución de su aprendizaje, fueron comprendiendo las bondades de conocer las herramientas para la recolección de información, las

razones de una etnografía, un estudio a partir de un caso, el trabajo comparado, entre otras; así inició su vínculo con un nuevo mundo, un universo de posibilidades en el que lograrían solucionar problemas con los cuales se habían encontrado en sus actividades laborales. Ahora, la solución estaba en sus manos, en su ingenio, en su ser, y con esas nuevas luces, lograron no solo mejorar los procesos, sino también, dejar su semilla de conocimiento a las nuevas generaciones.

De esa forma todo empezó a tener mayor sentido para los estudiantes, al lograr comprender que la recolección de información mediante un método científico es vital en la construcción de sus trabajos de grado. También, reconocieron haberse imbuido en las letras, y por su propia complejidad, tener mayor capacidad de análisis y, como un *summum* de los productos entregados, la posibilidad de escribir un documento académico publicable y abierto a la comunidad, no solo de la institución, sino al campo militar y de la aviación local y externa.

*Gaviotas de Luces*, como se ha titulado esta publicación, refleja la nueva Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial Fuerza Aérea Colombiana 2042, pues en esta institución aspiramos ser líderes regionales, polivalentes e interoperables. Esta meta solo se podrá alcanzar sustentados sobre los planos de la educación, la capacitación y la formación de nuevos talentos mientras seguimos volando, entrenando y combatiendo para vencer y dominar el aire, el espacio y el ciberespacio. Esto se hará en nuestras aeronaves, las cuales evolucionan de manera constante, sin dejar su principal característica: seguir surcando los cielos de nuestra nación. Por eso el nombre de esta publicación, pues le hace honor al ingenio del coronel Álvaro González (1932), compositor del himno de la FAC, quien en su cuarta estrofa inmortalizó la razón de ser de esta institución centenaria:

En las naves *Gaviotas de Luces*  
Al impulso del raudo motor,  
Nada importa que surjan más cruces  
Siendo halcones del gran tricolor

Tal como lo establecen los documentos normativos de la institución, es a través de la investigación formativa que los estudiantes profundizan en los aspectos teóricos y metodológicos que, en últimas, conducen a la

solución de los problemas detectados por los maestrantes según su formación académica, experiencia y campo de conocimiento en el cual se desempeñan, teniendo en cuenta las líneas de investigación que se desarrollan en el programa.

La presentación y sustentación del trabajo de grado materializa no solo la formulación y desarrollo del proyecto, sino que envuelve todas las estrategias de formación en investigación que se desarrollaron en el programa de maestría y en la EPFAC. Cada uno de los manuscritos presentados en este libro corresponde a un área de interés de los autores, esta diversidad permite mostrar la transversalidad de las Ciencias Militares Aeronáuticas y su impacto trascendente.

En primera instancia, se presenta el capítulo “Consideraciones sobre la investigación en las ciencias militares aeronáuticas en Colombia”, el cual, a partir de un estudio relacionado con la trayectoria investigativa en el campo de conocimiento de las ciencias militares aeronáuticas en este país permite contextualizar su carácter multidisciplinario, reconociendo los horizontes del saber que involucran las líneas de investigación con características propias del ámbito militar aeronáutico.

Con el fin de optimizar los procesos que integran la gestión operativa y administrativa en tecnologías de la información y la comunicación, se propone el trabajo que se presenta en el segundo capítulo, titulado “Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC”.

El uso ilegal del espacio aéreo de nuestro país con fines ilícitos es el tema que da origen al tercer capítulo: “Observatorio de Defensa Aérea-ODEFA: una propuesta académica de visibilización de la defensa aérea y sus amenazas en el contexto aéreo nacional”, en el cual se propone la creación de un Observatorio de Defensa Aérea desde la perspectiva del control al espacio aéreo a nivel nacional y hemisférico.

En el cuarto capítulo, “Líneas de acción como estrategia para mitigar y reducir la accidentalidad A.R.T Scan Eagle”, se proponen líneas de acción para la toma de decisiones que permitan la reducción de eventos no deseados en la operación de aeronaves remotamente tripuladas, esto estrechamente vinculado con el valor institucional de la seguridad.

Finalmente, el quinto capítulo, “Análisis del comportamiento físico de tripulaciones y su impacto en la toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas” presenta la importancia de las señales biomédicas en el

comportamiento de las tripulaciones, como factores determinantes para la toma de decisiones en el desarrollo de operaciones aéreas.

Cabe resaltar que este libro constituye una iniciativa para seguir fomentado la investigación formativa en los maestrantes de la EPFAC, de tal manera que constituya una referencia y proyecte en futuros estudiantes el interés por la investigación en Ciencias Militares Aeronáuticas. Esto ocurre ya que partiendo de la estrategia se asegura el éxito en cada misión desplegada desde la tierra y hacia el cielo, así como la subsistencia de la institución en momentos de convulsión social. Hoy, la academia es pilar del desarrollo de la FAC, así como lo fue en su momento para los prusianos. La reinención del arte de la guerra requiere nuevos conocimientos, deslinde de la unanimidad y un pensamiento crítico en todos los estudiantes con uniforme militar. Usar las armas del Estado requiere preparación, y ese es el compromiso de la EPFAC, incentivar a nuestros militares a escribir, investigar y mejorar sus procesos, pues solo así se podrán obtener mejores resultados<sup>1</sup>.

Rodrigo Mezú Mina\*  
Lady Johanna Carvajal\*\*

## Referencias

- Fitzgerald, B. (2003). *Informing each other: Bridging the gap between researcher and practitioners*. University of Limerick. <https://ulir.ul.ie/handle/10344/3311>
- González, A. (1932). *Himno Fuerza Aérea. Símbolos Fuerza Aérea*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.fac.mil.co/en/node/172>
- Huntington, S. P. (1957). *El soldado y el Estado*. Círculo militar.
- Martínez, A., & Otálora, A. (2012). Patria y Madre Patria. Las fiestas centenarias de 1910 y 1911 en Tunja. *Historia y memoria*, (5), 115-143. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/historia\\_memoria/article/view/825](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/historia_memoria/article/view/825)
- Pérez, M. (1998). *Ciudadanía política y ciudadanía social. Los cambios del “fin del siglo”*. Ediciones Universidad de Salamanca.

---

1 La Fuerza Aérea Colombiana ha adelantado procesos de transformación organizacional, desde la fecha de sustentación de los trabajos de grado a la fecha de la presente publicación, por lo cual es conveniente aclarar que las dependencias y siglas han tenido modificaciones.

\* Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: rodrigo.mezum@fac.mil.co

\*\* Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: lady.carvajalp@epfac.edu.co





## Capítulo 1

# Consideraciones sobre la investigación en las ciencias militares aeronáuticas en Colombia

Diana Paola Brochero Barragán\*

Nora Patricia Gutiérrez Rodríguez\*\*

Erika Juliana Estrada Villa\*\*\*

- 
- \* Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas, Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correos electrónicos: diana.brochero@fac.mil.co; diana.brochero@hotmail.com
- \*\* Jefe de programa, Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas, Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: nora.gutierrez@epfac.edu.co
- \*\*\* Docente, Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas, Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: erika.estrada@epfac.edu.co

## CÓMO CITAR

Brochero, D., Gutiérrez, N., & Estrada, E. (2021). Consideraciones sobre la investigación en las ciencias militares aeronáuticas en Colombia. En R. Mezú (Ed.), *Gaviotas de Luces. Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia* (pp. 17-32). Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

**Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 17**

**GAVIOTAS DE LUCES**

*Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia*

### **CAPÍTULO 1.**

**Consideraciones sobre la investigación en las ciencias militares aeronáuticas en Colombia**

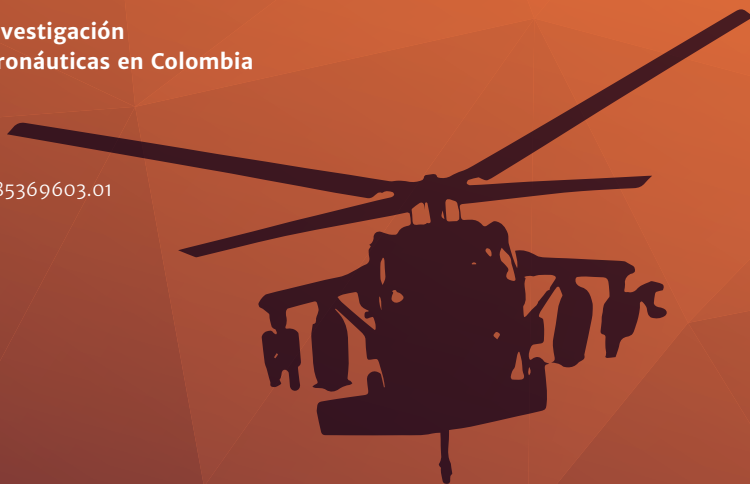
ISBN: 978-958-53696-0-3

E-ISBN: 978-958-53696-1-0

<https://doi.org/10.18667/9789585369603.01>

Bogotá, Colombia

Noviembre, 2021



## RESUMEN

---

Este capítulo presenta los resultados de un análisis sobre la trayectoria investigativa en el campo de conocimiento de las ciencias militares aeronáuticas en Colombia. Este estudio es necesario debido a que en la actualidad hay un interés por las investigaciones que transversalizan con las ciencias militares aeronáuticas marcando una tendencia en las investigaciones a nivel postgradual. De esta forma surge el interés por evidenciar la naturaleza multidisciplinaria de las ciencias militares aeronáuticas como un conjunto de disciplinas donde confluyen las teorías sociales, la ciencia, la tecnología y la doctrina militar. Con este fin se diseñó una investigación cualitativa-documental que tipifica los estudios realizados desde junio del 2016 hasta julio del 2020, la cual permitió reconocer los horizontes investigativos que involucran las líneas de investigación con características propias del ámbito militar aeronáutico durante un periodo de cuatro años.

## PALABRAS CLAVE

---

Investigación; ciencias militares aeronáuticas; doctrina; educación militar.

Este capítulo es resultado del trabajo de grado denominado “Consideraciones sobre la investigación en el campo de las ciencias militares aeronáuticas” del programa de Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas (MACMA), el cual está enmarcado en la línea de investigación de “doctrina militar aeroespacial” dentro del eje temático “estudios en doctrina militar aeronáutica”. El trabajo se formuló con el objeto de identificar las líneas de investigación de las ciencias militares aeronáuticas que fortalezcan la producción académica y la investigación dentro del programa MACMA de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana (EPFAC). Para avanzar en su desarrollo, una de las tareas consistió en conocer la trayectoria investigativa de la MACMA a través de la tipificación por eje temático, objeto de la investigación y tipo de investigación. Se analizaron los trabajos de grado presentados por los maestrandos desde enero del 2016 hasta junio del 2020, identificando las fortalezas y debilidades de los procesos académicos e investigativos al interior del programa.

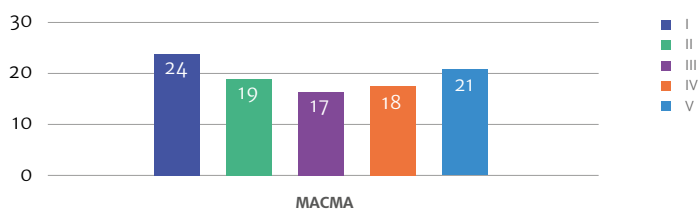
Este capítulo está compuesto por una descripción del contexto, el cual está enmarcado en la normatividad de la educación superior en Colombia. Primero, se presenta una reflexión introductoria y descriptiva sobre el desarrollo de la investigación formativa en las ciencias militares aeronáuticas en Colombia. Después, se muestran los principales hallazgos obtenidos del análisis de los trabajos de grado explorados de MACMA y, por último, se identifica la necesidad de determinar un horizonte investigativo.

## Contexto

En el ámbito nacional las escuelas de formación de la Fuerza Aérea Colombiana son las únicas instituciones de educación superior que cuentan con programas aprobados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en pregrado y postgrado en el área de las ciencias militares aeronáuticas, concebidas, área de estudio concebida como una ciencia multidisciplinaria y transdisciplinaria de los campos del conocimiento militar y aeronáutico que permiten conducir operaciones aéreas, de inteligencia, logísticas aeronáuticas, seguridad, defensa de bases aéreas y procesos administrativos.

En el año 2014 la EPFAC da apertura a la MACMA, la cual contempla en su fundamentación teórica los estudios militares y la doctrina militar aérea. A la fecha de publicación de este libro, la maestría cuenta con siete cohortes

con un total de 142 estudiantes y 99 graduados (figura 1) de diferentes especialidades, oficiales de los cuerpos de vuelo, de seguridad y defensa de bases aérea, logístico y administrativo. En el año 2016 se contó con la primera promoción de egresados de MACMA y por ende con la presentación de los primeros trabajos de grado, requisito para alcanzar el título de magíster (Reglamento Académico, 2014).



**Figura 1.** Graduados de la Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas (MACMA) por cohorte

Fuente: *elaboración propia*.

Dicho lo anterior y con el propósito de indagar en el desarrollo investigativo, se planteó caracterizar los proyectos de grado de MACMA con un enfoque interpretativo, ajustado a los diseños cualitativos, “el cual es fundamental para los procesos de análisis e interpretación de la información” (Gómez *et al.*, 2015, p. 230). Cabe mencionar que en el estado del arte no se encontraron informes o documentos escritos relacionados o similares al objeto de estudio de esta investigación, teniendo en cuenta el carácter exclusivo y la oferta cerrada de este programa (EPFAC, 2019).

En esa línea, los datos arrojados en las categorías contribuyen al fortalecimiento de las líneas de investigación al interior del programa MACMA, y para la toma de decisiones de la EPFAC en lo relacionado con la investigación formativa del programa. Lo anterior, teniendo en cuenta que luego de los resultados de la autoevaluación para la MACMA en el 2018, la condición denominada “investigación” arrojó una valoración poco favorable, quedando varios ítems por cumplir el nivel satisfactorio (Escuela de Postgrados FAC, 2018, p. 53).

A partir de los resultados de la autoevaluación en el 2018, se planteó conocer de cerca la gestión y el desarrollo de la condición “investigación” en el nivel formativo al interior del programa, específicamente en los trabajos de grado de MACMA, desde enero del 2016 hasta julio del 2020, los cuales se desarrollaron en el marco de un proceso “riguroso, controlado y

sistemático de recolección de datos y análisis de información fiable y válida” (Tejedor, 2000, p. 320).

Por lo anterior, según los parámetros académicos establecidos por los lineamientos para la articulación de la investigación EPFAC (2019), las políticas del escuadrón de investigación de esta Institución de Educación Superior (IES) determinan que:

los trabajos de grado se desarrollan en el marco de la investigación formativa, la cual constituye una de las actividades fundamentales dentro del Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación de la Fuerza Aérea Colombiana, ya que a través de esta se desarrollan las habilidades investigativas en los miembros de la FAC, tanto para la gestión de Actividades de Ciencia Tecnología e Innovación como para el desarrollo mismo de los proyectos de I+D+I, tal como lo establece el manual de investigación (p. 3).

Es así como los proyectos de grado desarrollados por los estudiantes en el periodo mencionado se ejecutaron como requisito de grado y sirvieron para enriquecer el acervo bibliográfico de cada problemática planteada por sus autores. Además, teniendo en cuenta el valor de sus contenidos académicos como trabajos que permiten ser estudiados y analizados, la información que comprenden puede ser agrupada para su análisis en categorías y los resultados son empleados como insumo estadístico y literario para las ciencias militares aeronáuticas (Sabino, 1986, p. 12).

## Normativa

La EPFAC acoge lo consagrado en los fundamentos de la educación superior (Ley 30, 1992) en su artículo 1.º en cuanto a la definición de esta como un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de una manera integral y lo descrito de las IES estipulado en el Capítulo IV de la misma ley.

Por tanto, es deber de los programas de pregrado y de postgrado que ofrezcan las instituciones de educación superior, actuar en los campos de acción que la ley señala y de conformidad con sus propósitos de formación (art. 8, Ley 30 de 1992).

A su vez, los programas de maestría tienen como propósito ampliar y desarrollar los conocimientos, actitudes y habilidades para la solución

de problemas disciplinares, interdisciplinarios o profesionales y dotar a la persona de los instrumentos básicos que la habilitan como investigador. De acuerdo con la normatividad vigente, los programas podrán ser de profundización o de investigación (Decreto 1330 del 2019).

A lo largo de este capítulo se especifica que la MACMA es un programa de maestría de profundización, la cual debe ser entendida, conforme al Decreto 1330, como el programa que propende por avanzados conocimientos, actitudes y habilidades que permiten la solución de problemas o análisis de situaciones particulares de carácter disciplinar, interdisciplinario o profesional, por medio de la asimilación o apropiación de saberes, metodologías y, según el caso, desarrollos científicos, tecnológicos, artísticos o culturales (sección 6, Decreto 1330 del 2019).

Este decreto establece que para optar al título de un programa de maestría en profundización, el estudiante podrá cumplir con lo señalado por la institución como opción de grado, bien sea mediante un trabajo de investigación aplicada que podrá ser presentado como un estudio de caso, o con un documento de análisis, en el que explore soluciones a problemas concretos o situaciones particulares (Decreto 1330 del 2019).

## **Consideraciones y reflexiones sobre las ciencias militares aeronáuticas**

Según el contexto de educación superior, en lo referente a programas de postgrado es necesario abordar el tema que nos convoca en una disciplina del conocimiento, en este caso, las ciencias militares no se contemplan en la clasificación internacionalizada de la educación en sus áreas y subáreas del conocimiento (Unesco, 1997/2006) ni en la clasificación del Manual de Frascati (OCDE, 2015).

En un esfuerzo por categorizarlas, Suárez (2005) las define como una disciplina contemporánea, que surge después de la posguerra, la cual se encuentra asociada con las ciencias de la gestión y emerge como un conjunto interrelacionado de áreas que se emplean desde sus métodos y técnicas para solucionar problemas de la realidad castrense, por ejemplo: administración militar, investigación operativa, teoría de sistemas, teoría de la decisión, planeación estratégica, entre otras.

A su vez, Esquivel (2015) aborda las ciencias militares desde un punto de vista ontológico y realiza un análisis citando a Kuhn (2004), quien menciona que desde lo teórico “la ciencia se rige por sus propias leyes y su reconocimiento subyace a la comunidad que las practica” (p. 293), y finaliza haciendo una reflexión sobre la necesidad de reconstruir cuáles fueron los fundamentos de las ciencias militares que desarrollaron los españoles y que tuvieron adaptaciones en lo geográfico y cultural, por lo que incidieron en la evolución de ese saber.

Por otra parte, Prince define las ciencias militares “como una red transdisciplinaria, que permite predicciones fuera del rango de las disciplinas tecnológicas para hacer posible una contribución que requerirá de un análisis ético, moral y axiológico de los valores” (2008, p. 26).

Desde otra perspectiva, Ortega, citando a Kaplan (1944), indica que la ciencia militar es “el conjunto de preceptos y principios para el acertado empleo de las fuerzas militares en las operaciones bélicas y de la organización de las instituciones militares, a fin de que estas lleguen a su objetivo y éxito” (2010, p. 47).

Así, la educación militar y policial en Colombia en el siglo XXI, desde su marco normativo planteado en el Proyecto Educativo de las Fuerzas Armadas (PEFA), expone que las ciencias militares son una disciplina derivada de la rama de las ciencias sociales que estudia y entrena a los militares en ciencia o arte de la navegación aérea para el transporte a través de los aires, integrando los principios y las virtudes en la disciplina militar con conciencia aeronáutica (MINDEFENSA, 2008).

Así mismo, la FAC, a través de sus programas de pregrado define las ciencias militares como una disciplina profesional, en las que convergen campos del conocimiento tales como las ciencias humanas, sociales y básicas (Escuela Militar de Aviación, 2018).

En suma, el estudio de las ciencias militares aeronáuticas no difiere de las presunciones, métodos o premisas de los campos de conocimiento relacionados con las ciencias militares. Por lo general, estos objetos de estudio hacen énfasis sobre los aspectos prácticos y teóricos que fundamentan tanto el conocimiento militar, como las capacidades del poder aéreo para la defensa y la seguridad nacional.

Por lo tanto, para los fines que persigue este estudio, se llega al entendimiento de que las ciencias militares son multidisciplinares, interdisciplinares y transdisciplinares, contando con un fuerte componente de

estrategia y liderazgo militar. Adicionalmente, cuando converge la educación en el aspecto aeronáutico, se envuelven las capacidades para conducir operaciones aéreas, inteligencia militar aérea, logística aeronáutica, seguridad y defensa de bases aéreas, desarrollo tecnológico, y, en general, aquellos conocimientos que fortalecen la doctrina militar aeronáutica junto con el poder aéreo y espacial nacional.

## Ciencias militares aeronáuticas como programa académico

Comprendido el objeto de estudio de las ciencias militares aeronáuticas en Colombia y las consideraciones y reflexiones que diversos autores tienen sobre el tema, es importante reconocer algunos aspectos de la MACMA, en particular, su fundamentación académica. En concordancia con lo establecido en el Plan Estratégico del Sistema Educativo de las Fuerzas Armadas (PESE) (MINDEFENSA, 2007), esta se relaciona específicamente con la estrategia institucional de

consolidar la identidad educativa y garantizar la formación, actualización, capacitación, instrucción y entrenamiento más adecuados, incorporando una visión estratégica para la educación militar y policial, de tal forma que esta se convierta en el eje estructurador de la cultura institucional (MINDEFENSA, 2007, p. 11).

El Ministerio de Educación Nacional otorgó el registro calificado al programa MACMA mediante la resolución n.º 123.827 del 13 septiembre del 2013, el cual tiene una malla curricular que incluye componentes académicos, teóricos y prácticos orientados al estudio de la doctrina militar y a los saberes propios del quehacer militar (Documento Maestro MACMA, 2014).

Es así como la maestría contiene en su plan de estudios cuatro ejes temáticos que pretenden profundizar conocimientos y consolidar competencias propias del militar en Colombia, a saber: liderazgo, doctrina, gestión organizacional, conocimiento y empleo de los recursos militares del poder aéreo en el país.

El liderazgo como componente curricular se considera un aspecto relevante y fundamental en la formación académica de los oficiales, puesto que:



[...] a diferencia de otras profesiones para las que el liderazgo constituye una cualidad sobresaliente en ciertos individuos, en la profesión castrense este es un imperativo para el ejercicio de la autoridad que legalmente un acto de gobierno otorga y la sociedad le reconoce a un militar (Manual de Estado Mayor, 2003).

Otro componente curricular, la toma de decisiones, constituye también un aspecto fundamental en la oferta educativa de la MACMA, ya que se considera una característica inherente de los comandantes en la estructura organizacional castrense, pues la habilidad de un comandante en este campo determina su éxito personal, laboral y por lo tanto el éxito de la institución.

Respecto a sus ejes temáticos, la MACMA guarda un rasgo distintivo —incluso si se le compara con otras ofertas académicas similares del mundo—, lo que evidencia la importancia que tiene para la Fuerza Aérea el estudio del conflicto armado y el papel de la FAC en este contexto.

Los estudios sobre derechos humanos, marcos regulatorios, convenios y tratados internacionales también componen un rasgo distintivo en el plan curricular que complementa los estudios sobre los fenómenos de la guerra y garantizan una adecuada preparación profesional para el oficial de la FAC.

Fundamentalmente, los estudios en doctrina militar constituyen el principal componente curricular del programa MACMA. La doctrina, considerada el fundamento de la filosofía castrense, contiene los principios, criterios y teorías que orientan el empleo del poder militar en el ámbito aeronáutico. Sin embargo, ese conocimiento no solo abarca teorías tradicionales, sino perspectivas de análisis sobre amenazas futuras (nuevas guerras), empleo de los recursos militares (política, estrategia), análisis de las funciones del militar en escenarios políticos futuros (posconflicto), entre otros aspectos académicos de interés.

## **Apuntes claves de la investigación en trayectoria investigativa de las ciencias militares aeronáuticas**

### **Recolección de la información y procesamiento de datos**

Antes de continuar, es importante aclarar cómo fueron tomados los datos que sirvieron para la realización el siguiente apartado. Esta investigación comenzó con la búsqueda de la información en los proyectos de grado de la

MACMA desde enero del 2016 hasta julio del 2020, los cuales se encuentran de manera física y virtual en la biblioteca de la EPFAC. Después se procedió a su lectura para diligenciar unas categorías en este estudio, las cuales se recopilaron en una matriz de análisis de consistencia.

En el análisis de los trabajos de grado desarrollados durante el tiempo mencionado en el programa MACMA, se evidencia cómo ha sido la trayectoria investigativa de la Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas en Colombia y algunas tendencias en el campo de la investigación formativa que podrían contribuir a la toma de decisiones de los programas académicos de nivel postgradual en la FAC.

Inicialmente, debe aclararse que este trabajo define la trayectoria investigativa que describe Morín (2000) a Pérez (2012) como el desempeño o la actuación integral del sujeto, lo que implica conocimientos factuales o declarativos, habilidades, destrezas, actitudes y valores dentro de un contexto ético y científico. Este desempeño o actuación emerge de la intersección entre los conocimientos factuales y declarativos —saber conocer—, habilidades y destrezas —saber hacer— y, actitudes y valores —saber ser— (Pimienta, 2012).

En este sentido, es primordial recordar que la educación superior debe ser la formación por competencias, como una política clave para la educación (Tobón, 2008), ya que existe para solucionar problemas y situaciones.

Actualmente, gracias a las nuevas tecnologías y al empleo del poder aéreo y espacial, el estudio de las ciencias militares y aeronáuticas ha tomado fuerza y liderazgo, lo cual se refleja en la gestión académica desarrollada a través de los programas de pregrado de Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez y la Maestría de Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados de la EPFAC.

Esto se aborda en la investigación de Brochero (2021), estudio en el que se analiza la definición de las ciencias militares aeronáuticas como disciplina del conocimiento; que si bien, no se encuentran normalizadas en la clasificación de las disciplinas del conocimiento de referencia global, Suárez (2005) sí las define como una disciplina contemporánea. Por esto, el diseño metodológico abordó los proyectos de grado realizados y publicados desde enero del 2016 hasta julio del 2020, mediante un proceso sistemático de recolección y análisis (Tejedor, 2000).

En el segundo apartado se presenta el estado del arte a partir de la exploración de los proyectos de grado cuya naturaleza temática son las

ciencias militares aeronáuticas durante el tiempo indicado en el programa MACMA. Para ello, fuera de los instrumentos de análisis, Brochero (2021) consultó los estudios relacionados de Gómez, Galeano y Jaramillo (2015) y Ruiz y Bernal (2014), para así comprobar que los instrumentos empleados fueron validados (Villavicencio *et al.*, 2016).

En el tercer apartado del análisis que adelantó Brochero (2021) se define la metodología empleada, la cual consistió en la recolección de la información con el abordaje de la muestra (57 proyectos de grado) y las matrices usadas en la recolección de datos. En referencia a la metodología utilizada para el estado del arte, cabe resaltar que, durante esta búsqueda, no se encontraron estudios dentro del campo de las ciencias militares con esta metodología.

El cuarto apartado se identificaron y analizaron los resultados obtenidos de las categorías *a priori* (ocho categorías), denominadas así al ser la base de los resultados de la trayectoria investigativa de las ciencias militares aeronáuticas en Colombia: objeto del estudio, palabras clave, metodología (enfoque del estudio y tipo de estudio), muestra, técnicas e instrumentos, área funcional de aplicación en la FAC, línea de investigación (eje temático y tema) y, por último, las referencias.

Del mismo modo, las subcategorías emergentes identificadas por este estudio (siete preguntas), refuerzan el aporte a la trayectoria; estas son: oficiales del cuerpo en la FAC, profesión, elección del tema, número de asesores temáticos, número de asesores metodológicos, aporte a la FAC e implementación.

Finalmente, el presente estudio evidenció la trayectoria investigativa de las ciencias militares aeronáuticas generada de los proyectos de grado de la maestría en su estructura, objetos de estudio y metodología desarrolladas.

La mayoría de los estudiantes de la maestría adelantaron temas de investigación alineados con la educación y el desarrollo de las capacidades de la FAC. Asimismo, realizaron trabajos sobre el Comando de Operaciones Aéreas (COA), el Comando de Personal (COP), la Jefatura de Educación Aero-náutica y el Control de Eventos de Seguridad Operacional (EVESOS).

Con respecto a los aspectos operativos, se encontró que la mayoría de los egresados de la maestría son de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) y del programa de Administración Aeronáutica.

De modo que el estudio de Brochero (2021) es importante porque logra identificar las categorías *a priori* y emergentes que orientan la investigación

en el área de las ciencias militares aeronáuticas en Colombia: estructura de trabajo de grado, tema de investigación, aspectos operativos y aportes de la investigación.

## Categoría 1. Estructura del proyecto de grado

Tiene asociada la categoría objeto del estudio, en la cual se encontró que el 14 % trata sobre temas de educación, capacitación en la FAC y en EMAVI. A su vez, después de procesar la categoría palabras clave en la que se encontraron 243, se agruparon las siguientes: militar y aéreo, que representan el 4,3 % y el 3,8 % respectivamente. Se destacan otras como Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV), tripulado, capacidad y drones.

Asimismo, fue distintiva la categoría enfoque metodológico y el tipo de investigación cualitativa, que figuran con el 61 % de los proyectos de grado, de los cuales, el 51,4 % son cualitativos-descriptivos. Con relación a la categoría muestra, el 83 % de los proyectos de grado se realizó con sujetos y el 7 % consistió en la revisión de EVESOS; esto se relaciona con la categoría medios empleados en la recopilación de los datos, ya que la muestra corresponde en un 34 % a recuperación documental y en un 37 % a la realización de encuestas y entrevistas. Finalmente, en la categoría número de referencias el 57 % de los proyectos de grado contienen entre el 13 % y 50 %.

## Categoría 2. Tema de investigación

Para esta se asocian las categorías emergentes que surgieron de la matriz analítica, de la cual se obtuvo el siguiente análisis: la mayoría de los trabajos de grado están dirigidos al COA con un 31 % de representatividad, seguido por el COP. En correspondencia con las líneas de investigación de la MACMA, el 64 % de los trabajos se ubican en la línea doctrina militar aeronáutica, el 22 % selecciona el eje temático toma de decisiones y el 36 % empleo y desarrollo del poder aéreo. Es importante aclarar que en el eje temático pensamiento político-militar no se evidencian investigaciones asociadas. Para la selección del tema del proyecto de grado, el 18 % de los estudiantes lo eligieron porque tenían conocimientos al respecto.

### Categoría 3. Aspectos operativos de la opción de grado

Para esta categoría se encontró que el perfil de los oficiales que ingresan a la maestría corresponde en un 71% a oficiales egresados de la Escuela Militar de Aviación. En cuanto a los programas de pregrado el más cursado es el de Administración Aeronáutica y algunos estudiantes son pilotos, quienes representan el 54 % de las profesiones.

### Categoría 4. Aportes de la investigación

Para esta categoría se encontró que el 97 % de los egresados que respondieron el cuestionario manifestó que su proyecto de grado sí aportó a la FAC. El 41 % indicó que sus proyectos están siendo implementados en la FAC o sirven para la ejecución de proyectos, manuales o toma de decisiones. El 31 % de los trabajos solucionó un problema en COA y un 30 % fueron aplicados al COP. En cuanto al área de conocimiento el, 64 % de los trabajos de grado respondieron a los pretextos investigativos de la línea de doctrina militar aeronáutica en la cual un 22 % abordaron temas relacionados con la toma de decisiones y un 36 % respondió a lo indicado en la línea de investigación empleo y desarrollo del poder aéreo.

## Reflexión final

En síntesis, la trayectoria investigativa de las ciencias militares aeronáuticas en Colombia comenzó con la creación de la maestría en el 2014, y a partir del 2019 se observa un crecimiento de proyectos de grado que aportan significativamente al desarrollo investigativo, evidenciando el surgimiento de tendencias de investigación relacionadas con tópicos como UAV y drones, que crean las líneas de conocimiento y nuevos temas de investigación. Igualmente, se destaca el aporte de investigación desde la MACMA a la FAC, porque en su mayoría resuelven problemas de investigación de sus áreas funcionales; es así como esta información muestra las tendencias investigativas de los egresados, para la generación de núcleos de investigación y redes de conocimiento para futuros estudiantes.

Por otra parte, la información presentada en el estudio de Brochero (2021) constituye un insumo para los programas académicos con enfoque en ciencias militares aeronáuticas, el cual permite a docentes y estudiantes

conocer las investigaciones que están surgiendo en este campo de conocimiento desde la consecución y síntesis de los datos de los proyectos investigativos generados en la MACMA. Lo anterior posibilita conocer el estatus de la maestría en los últimos años y dar un insumo a las directivas para trazar el horizonte investigativo con líneas de investigación y núcleos temáticos según las demandas del área de conocimiento.

## Conclusiones

En resumen, se infiere que las ciencias militares actúan en la organización y labor de las fuerzas militares en el proceso de gestión, análisis y evolución de los conflictos. Además de realizar actividades que prevengan conflictos armados o la articulación de procesos que conlleven a generar estabilidad política y social.

La trayectoria investigativa en la MACMA incluye temas inherentes a la ciencia y la tecnología. Asimismo, aborda algunos de los métodos de investigación cualitativa con un enfoque marcado en la doctrina militar en referencia a conceptos claves de rigor y evaluación académica.

Es así como los trabajos de grado revisados describen los métodos empleados y las características principales de la investigación cualitativa, en los cuales se abordan los principales temas y preocupaciones de quienes se dedican a la profesión militar en el ámbito aeronáutico.

## Referencias

- Brochero, D.P. (2021). *Trayectoria investigativa de las Ciencias militares aeronáuticas en Colombia durante el periodo 2016-2020* [tesis de maestría, Escuela de Postgrado Fuerza Aérea Colombiana]. Sistema de bibliotecas Fuerza Pública Colombiana.
- Congreso de Colombia. (1992, 28 de diciembre). Fundamentos de la Educación Superior. [Ley 30 de 1992]. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86437\\_Archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86437_Archivo_pdf.pdf)
- Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. (2018). *Informe de autoevaluación con fines de renovación de registro calificado Maestría En Ciencias Militares Aeronáuticas*. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. [https://www.epfac.edu.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/normatividad/Sistema%20Institucional%20de%20Aseguramiento%20de%20la%20Calidad/sistema\\_institucional\\_de\\_aseguramiento\\_de\\_la\\_calidad.pdf](https://www.epfac.edu.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/normatividad/Sistema%20Institucional%20de%20Aseguramiento%20de%20la%20Calidad/sistema_institucional_de_aseguramiento_de_la_calidad.pdf)

- Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. (2019). *Documento maestro ciencias militares aeronáuticas*. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. (2019). *Reglamento Académico. Secretaría Académica*. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. [https://cdn227724.fac.mil.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/normatividad/reglamento%20acad%C3%A9mico%202019/reglamento\\_academico\\_y\\_disciplinario\\_6\\_de\\_sep\\_de\\_2019.pdf](https://cdn227724.fac.mil.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/normatividad/reglamento%20acad%C3%A9mico%202019/reglamento_academico_y_disciplinario_6_de_sep_de_2019.pdf)
- Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. (2021). *Lineamientos para el desarrollo de la Investigación Formativa EPFAC. ESINV*. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.epfac.edu.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/normatividad/Lineamientos%20para%20la%20Articulaci%C3%B3n%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n/Lineamientos%20para%20la%20articulacion%20Investigacion%202021.pdf>
- Esquivel, R. (2015). Modernidad hispana en las ciencias militares en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 13(15), 291-307. <https://bit.ly/3qEjgE2>
- Escuela Militar de Aviación. (2018). *Proyecto Educativo del Programa de Maestría de Ciencias militares aeronáuticas*. Escuela Militar de Aviación. [https://www.emavi.edu.co/sites/emavi/files/imagenesemavi/documentos/Proyecto%20Educativo%20Programa%20Ciencias%20Militares%20Aerona%C3%BAticas%20\(PEP%20PCMAE\)%202020.pdf](https://www.emavi.edu.co/sites/emavi/files/imagenesemavi/documentos/Proyecto%20Educativo%20Programa%20Ciencias%20Militares%20Aerona%C3%BAticas%20(PEP%20PCMAE)%202020.pdf)
- Gómez, M., Galeano, C., & Jaramillo, D. (2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423-442. <http://bit.ly/2Mf11ra>
- Kuhn, T. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. <https://materiainvestigacion.files.wordpress.com/2016/05/kuhn1971.pdf>
- Ministerio de Defensa Nacional. (2008). *Proyecto Educativo de las Fuerzas Armadas (PEFA)*. Biblioteca Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2007). *Plan Estratégico del Sistema Educativo de las Fuerzas Armadas (PESE) 2007-2019*. <https://bit.ly/3sXDXws>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing. <https://www.oecd.org/sti/frascati-manual-2015-9789264239012-en.htm>
- Ortega, R. (2010). *Ciencias Militares. Ciencia-arte método-estado mayor*. Ejército de Chile; Academia de Guerra; Jefatura de Estudios. <http://bit.ly/2KOTptO>
- Ministerio de Educación Nacional. (2013). Resolución 12.382 del 2013.
- Pimienta, J. (2012). *Las competencias en la docencia universitaria*. Pearson. [https://www.academia.edu/33825697/Las\\_competencias\\_en\\_la\\_docencia\\_universitaria\\_pimienta\\_1\\_](https://www.academia.edu/33825697/Las_competencias_en_la_docencia_universitaria_pimienta_1_)

- Presidencia de la República de Colombia. (2019, 25 de julio). Decreto 1330 de julio del 2019. <https://www.mineducacion.gov.co/portal/normativa/Decretos/387348:Decreto-1330-de-julio-25-de-2019>
- Prince, S. (2008). Los fundamentos de las ciencias militares. *Revista Política y Estrategia*, (111), 14-28. <http://bit.ly/3oafeBG>
- Ruiz, H., & Bernal, Y. (2014). *Estado del arte de los trabajos de grado realizados en el programa de licenciatura en educación básica con énfasis en humanidades e idiomas de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Libre desde el primer semestre de 2009 al primer semestre de 2013* [tesis de pregrado, Universidad Libre]. <https://bit.ly/39T75wi>
- Sabino, C. (1986). *El proceso de investigación*. Panapo.
- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (2021). *Qué es el SNIES*. Ministerio de Educación Nacional. <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/EL-SNIES/Que-es-el-SNIES/>
- Suárez, J. (2005). ¿Qué son las Ciencias Militares? *Revista Científica General José María Córdova*, 3(3), 45-48. <https://bit.ly/3oaUvxu>
- Tejedor, J. (2000). El diseño y los diseños en la evaluación de programas. *Revista de Investigación Educativa*, 18(2), 319-339. <https://bit.ly/3qIKxVO>
- Tobón, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: El enfoque complejo*. Universidad Autónoma de Guadalajara. [https://www.researchgate.net/publication/329440312\\_La\\_formacion\\_basada\\_en\\_competencias\\_en\\_la\\_educacion\\_superior\\_el\\_enfoque\\_complejo](https://www.researchgate.net/publication/329440312_La_formacion_basada_en_competencias_en_la_educacion_superior_el_enfoque_complejo)
- Villavicencio, E., Ruiz, E., & Cabrera, A. (2016). Validación de cuestionarios. *Revista OACTIVA*, 1(3), 75-80. <https://bit.ly/3cF4JAx>



## Capítulo 2

---

# Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC

Jairo Andrés Lasso Moreno\*

---

\* Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.  
Correo electrónico: jairo.lasso@fac.mil.co

## CÓMO CITAR

Lasso, J. (2021). Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC. En R. Mezú (Ed.), *Gaviotas de Luces. Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia* (pp. 33–102). Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

**Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 17**

**GAVIOTAS DE LUCES**

*Un aporte desde la investigación formativa  
a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia*

### **CAPÍTULO 2.**

**Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión  
para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC**

ISBN: 978-958-53696-0-3

E-ISBN: 978-958-53696-1-0

<https://doi.org/10.18667/9789585369603.02>

Bogotá, Colombia

Noviembre, 2021



## **RESUMEN**

En correspondencia con el proceso de transformación institucional que está adelantando la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (JETIC) buscó ser más eficaz y eficiente, por lo que realizó la adopción e implementación de un modelo de gestión de acuerdo con las necesidades actuales. De ese modo se presenta al lector un resumen del trabajo de la tesis de maestría “Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC”, en la cual se realizó la caracterización de los componentes y principios de un modelo de gestión específico para el manejo de las tecnologías de información y comunicaciones. Con el fin de implementarlo se plantearon herramientas como ITIL, COBIT, normas ISO, Lean Six Sigma y las guías del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) IT4+. El modelo de gestión tiene tres componentes: el estratégico, encargado del control y la planeación de las funciones; el operacional, que asume el desarrollo y la implementación de nuevos proyectos y la atención de necesidades; y el táctico, que involucra la representación de las funciones de la jefatura en las unidades militares aéreas institucionales. Por último, se presentan las respectivas acciones de mejora para brindar nuevos servicios como la adquisición de herramientas de *software*, la actualización de sistemas de información y el aprovechamiento de las capacidades de la web, lo que dio como resultado la adaptación del trabajo en casa impidiendo posibles contagios del personal.

## **PALABRAS CLAVE**

Modelos de gestión; tecnologías de información y comunicaciones; administración de tecnología; herramientas de gestión.

El objetivo fundamental de este capítulo es mostrar una parte del trabajo de grado “Identificación de componentes y principios de un modelo de gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la FAC”. En este trabajo se caracterizaron los componentes y principios de un modelo de gestión para la JETIC, siguiendo las guías del modelo de gestión (IT4+), tecnologías de información del MINTIC, las pautas establecidas en las buenas prácticas ITIL y otras metodologías como COBIT, ISO 9.001 y Lean Six Sigma. El proyecto inició con el proceso de transformación de la FAC, donde se unieron dos direcciones: la Dirección de Comunicaciones y Radioayudas (DICRA) y la Dirección de Tecnologías de Información (DITIN), con el propósito de fortalecer y centrar esfuerzos para la modernización de la institución.

Durante el proceso de unificación de las direcciones DICRA y DITIN —antecesoras líderes de las tecnologías y comunicaciones en la Fuerza—, se realizaron varias reuniones estratégicas y diferentes trabajos en la mesa de transformación de la FAC que permitieron conocer la visión del comandante, los jefes y los directores en la JETIC. Así, se obtuvieron los insumos para un modelo de gestión eficaz y eficiente, según la normatividad actual, a fin de alinear las organizaciones superiores y los líderes en el campo de interés. Asimismo, con la guía del MINTIC, las herramientas de buenas prácticas presentadas en el portal web Advisera (2018) y demás metodologías, posibilitaron la definición de los principios y el modelo de gestión de la JETIC, de acuerdo con los elementos esenciales de las entradas, el componente estratégico, el operacional, el táctico, las salidas y los pilares transversales, los cuales dan lineamiento, dirección lógica y base organizacional a la JETIC.

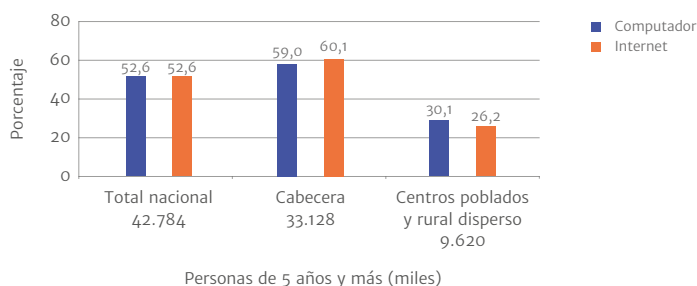
A fin de presentar las conclusiones obtenidas al evaluar el modelo implementado, primero se exponen algunos antecedentes para ubicar al lector en la organización de la FAC, a continuación, se describen las herramientas usadas en otras organizaciones para realizar el modelo de gestión. Después, se mencionan las teorías organizacionales (Beckhard, 1969), del establecimiento de metas (Locke, 1968) y de recursos, capacidades y regulaciones (Barney, 1991), que soportan la definición de los principios de la JETIC. A su vez, es importante conocer la muestra y la población, las fuentes e instrumentos utilizados y el modelo metodológico aplicado —paradigma hermenéutico interpretativo—. Finalmente se presenta un diagnóstico inicial del funcionamiento interno que es el punto de partida para la cimentación de

la estructura de un modelo de gestión de la FAC, compuesto por las entradas, tres componentes, tres ejes transversales y las salidas. De esta forma, se contextualiza al lector presentando las conclusiones para conocer si el modelo ejecutado en la JETIC tuvo éxito.

## Un mundo en progreso

Toffler (1980) describe los cambios en la sociedad de la siguiente forma: la primera ola (revolución agrícola) y la segunda ola (civilización industrial) cada una con un tiempo considerable para desenvolverse, en donde se evidencia que “[...] la Historia avanza ahora con mayor aceleración y es probable que la tercera ola inunde la Historia y se complete en pocas décadas” (p. 9). Es así como se tendrá un gran impacto de esta evolución acelerada en la sociedad actual.

Estos cambios se muestran con un crecimiento exponencial desde la aparición de los medios digitales e Internet en el siglo xx, son los promotores más grandes de transformación en la sociedad. Un ejemplo de este incremento tecnológico es el uso de Internet del 52,6 % al 62,3 %, entre el 2014 y el 2017 en personas de más de cinco años, según el boletín técnico del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018), empleado para medir indicadores de tendencia y uso de TIC (figuras 1 y 2).

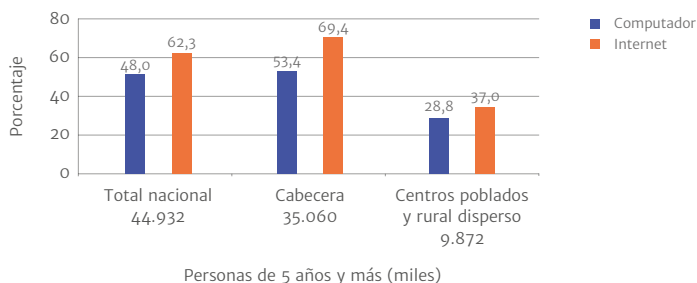


**Figura 1.** Tenencia y uso de tecnologías de información y comunicación en hogares. Personas de cinco y más años, 2014

Fuente: DANE (2015).

En la figura 2 se relacionan las tendencias y el uso de TIC, al igual que se ilustra tan solo un caso de los miles que demuestran que los cambios

en las TIC impactan en la sociedad y brindan más facilidades, las cuales permiten modificar su organización y cultura. Para Straface (2015), las TIC impactan un país en el ámbito socioeconómico, en la generación de emprendimientos productivos, en la economía social, en las estrategias y en las políticas para responder a necesidades de la población, con el fin de estimular el desarrollo sustentable (p. 137).



**Figura 2.** Indicadores básicos de tenencia y uso de tecnologías de la información y la comunicación en hogares y personas de cinco y más años, 2017

Fuente: DANE (2018).

Es fácil entender por qué en las organizaciones se requiere una constante actualización, cambios tecnológicos y de conocimientos. Para lograrlo, se necesitan medidas de control, organización del personal y procedimientos. La FAC, que no es ajena a esto, ejecutó un proceso de mejora mediante la transformación completa de la institución.

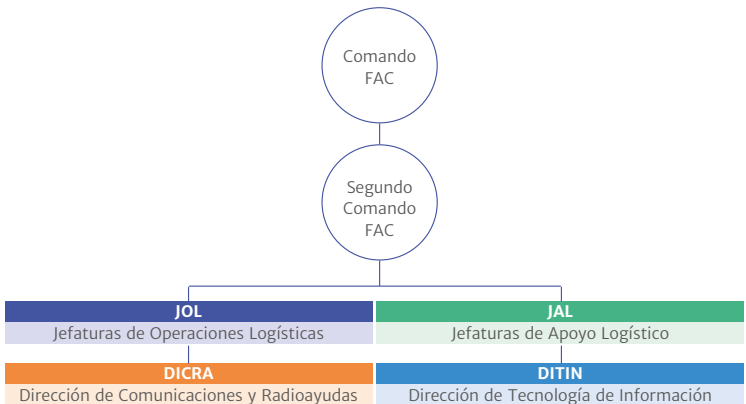
Con la actividad mencionada de transformación institucional, la JETIC, con el ánimo de ser eje para el desarrollo, el crecimiento y la gestión del cambio en la institución ajustó procesos y administró recursos, personal e infraestructura. Así se equilibraron cargas de trabajo, se eliminó la duplicidad de funciones, se crearon mecanismos de seguimiento y de evaluación. Estos logros evidencian la importancia de crear un modelo de gestión según la normatividad del MINTIC, del Comando General de las Fuerzas Militares y la FAC, siguiendo los estándares de la Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías (ITIL, por su acrónimo en inglés), Objetivos de Control para la Información y Tecnologías (COBIT, por su acrónimo en inglés), Organización Internacional para Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) y Producción sin Desperdicios (LEAN, por su acrónimo en inglés), a fin de optimizar el desempeño organizacional.

La JETIC buscó mayor eficiencia en la gestión de los recursos mediante la planeación por capacidades, con los siguientes componentes: doctrina, organización, materiales, personal, infraestructura, liderazgo, entrenamiento y mantenimiento DOMPILEM (Pachón & Fernández, 2018), adoptando principios y componentes de un modelo de gestión que armonizó procesos con los objetivos de los entes superiores y de los mecanismos de control establecidos en la organización. Así se logró la asignación de responsabilidades, la eficiencia de recursos y la innovación en los servicios en relación con la adaptación de trabajo en casa a través de la habilitación de la web de sistemas de información institucionales, lo que demuestra el continuo cambio de un mundo en progreso.

## Antecedentes

### La Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones en la FAC

Las dependencias encargadas de la JETIC, anteriores a la transformación de la institución, eran direcciones independientes porque pertenecían a distintas jefaturas, lo que provocaba demoras en los trámites administrativos y no se tenía una definición clara del alcance de cada dirección (figura 3). Por esta razón, se unificó la Dirección de Comunicaciones y Radioayudas y la Dirección de Tecnologías de Información para formar de manera independiente la JETIC.



**Figura 3.** Organización de equipo anterior a la transformación de las partes de interés en la FAC  
Fuente: Lasso (2019, p. 25).

En el artículo 217 de la Constitución Política (1991), de acuerdo con las facultades otorgadas a la FAC, se establece la misión institucional “volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado” (FAC, 2021a, s. p.). Para apoyar esa misión, antes de la transformación, se tenía a las direcciones DICRA y DITIN, las cuales desarrollaban de forma resumida las siguientes tareas:

### **Concepto base de la Dirección de Comunicaciones y Radioayudas**

Esta dirección se encargaba de comunicaciones satelitales, terrestres y aeronáuticas, mantenibilidad de los radares, ayudas radiales, visuales y gestión del data center de la FAC.

### **Concepto base de la Dirección de Tecnologías de Información**

Esta dirección se encargaba de suplir las necesidades de informática que presentaba la FAC (2017, s. p.), entendidas como medios de telefonía interna, IP y celular de cada unidad, mantenimiento de equipo informático, soporte de administración, sistemas de bases de datos, redes de transporte de datos y planteamiento de soluciones de tecnologías de información.

### **Experiencias exitosas con Information Technology Infrastructure Library (ITIL)**

Como complemento a los antecedentes de la creación de la jefatura, se ilustra de forma resumida ocho casos de éxito internacional y nacional, en diferentes áreas de conocimiento en donde se implementaron modelos de gestión que ayudaron en sus labores rutinarias a las organizaciones mencionadas a continuación.

## **Experiencias exitosas en el exterior**

### **Phillips, Países Bajos**

La multinacional Phillips implantó una estandarización de TI homogénea y de forma global usando las buenas prácticas ITIL. Inició en el 2003, cuando

Quint Wellington Redwood en compañía de otras 12 personas se capacitaron en ITIL e iniciaron la ejecución. Al ser Phillips una empresa trasnacional, la implementación se efectuó en mayor tiempo del esperado y, según las dimensiones y características de cada país, variaba el planteamiento. Estos resultados permitieron que Países Bajos creara ITIL para las pequeñas organizaciones, se simplificaran unas tareas y unificaran otras.

## Ministerio de Relaciones Exteriores de Perú

Por el manejo de altos volúmenes de información, el Ministerio desarrolla proyectos con ProactivaNET, alineando la gestión de servicios informáticos con prácticas ITIL. Esto se refleja en la implantación de los módulos de inventarios y Service Desk (Advisera, 2018).

## Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), España

La organización gestiona y regula la cuenca hidrográfica del Ebro. Esta institución fue la primera en el mundo que gestionó la cuenca de forma unitaria, maneja su inventario tecnológico y gestiona incidentes con ProactivaNET (Advisera, 2018).

## Diputación de La Coruña, España

Presta servicios directos a ciudadanos e información económica y tecnológica a 94 municipios de La Coruña. Con ProactivaNET realizó inventario tecnológico y gestión de incidentes (Advisera, 2018).

## Experiencias exitosas en Colombia

### Departamento Administrativo de la Función Pública

Formula políticas de administración pública de empleo, control interno, organización administrativa y racionaliza trámites de la rama ejecutiva. Maneja altos volúmenes de información. Con ProactivaNET realizan el inventario tecnológico y con los módulos SNMP, Blackberry, Configuration Management Data Base (CMDB) y Service Desk gestionan incidencias, problemas, encuestas y control remoto (Advisera, 2018).



## Ministerio de Transporte (SIRTCC)

El Ministerio implementó un sistema de información que regula el transporte de carga en carretera en el Sistema de Información para la Regulación del Transporte de Carga por Carretera (SIRTCC). Solicitó un *software* para análisis de datos, consulta de variables y generación de indicadores sobre la información entregada por empresas transportadoras de carga. A través de Nexura se desarrollaron modificaciones al modelo y se logró el cumplimiento de la normatividad existente y de la regulación del mercado con información recibida para calcular la tarifa de viajes programados (Nexura, 2014).

## Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia

Realizó la automatización de trámites de patentes con la puesta en funcionamiento de un sistema para automatizar trámites de registro de marcas y patentes. Permitió el pago en línea de solicitudes de registro, obtención de notificaciones automáticas y una nueva interfaz para facilitar el uso y aprovechamiento de la nueva herramienta (Nexura, 2014).



## Ecopetrol (contrato en consorcio)

A través de Nexura Internacional y Password Consulting Services prestó los servicios de seguridad de la información. Incluyen la ejecución de diversos sistemas de seguridad de información, entrenamiento y análisis en materia de seguridad, con estándares como ISO 27.001, COBIT, ITIL, OSSTM Y BS7999 (Nexura, 2014).

## Diagnóstico inicial

En la tabla 1 se muestran los principales modelos de calidad empleados en el mundo. El ciclo PDCA es la base para el modelo de gestión de la jefatura, teniendo en cuenta el nivel de complejidad y el fundamento superior del modelo de gestión de la FAC, siendo el punto de partida del trabajo subsiguiente.

**Tabla 1. Modelos de gestión de calidad**

Nombre	Descripción	Gráfico
Ciclo de mejora PDCA, PHVA o Demming.	Consiste en realizar cuatro tareas repetitivas (planear, hacer, verificar, actuar), para obtener una mejora continua de los procesos.	 <b>EL CICLO PDCA</b>
El modelo Baldrige.	Se basa en el cumplimiento de 11 cualidades para fundamentar el conjunto de valores y criterios de calidad.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calidad basada en el cliente.</li> <li>2. Liderazgo.</li> <li>3. Mejora y aprendizaje organizativo.</li> <li>4. Participación y desarrollo del personal.</li> <li>5. Rapidez en la respuesta.</li> <li>6. Calidad en el diseño y en la prevención.</li> <li>7. Visión a largo plazo en el futuro.</li> <li>8. Gestión basada en datos y hechos.</li> <li>9. Desarrollo de la asociación entre los implicados.</li> <li>10. Responsabilidad social.</li> <li>11. Orientación a los resultados.</li> </ol>
El modelo europeo de excelencia EFQM.	El modelo europeo o modelo EFQM es un equipo (liderazgo) que actúa sobre unos agentes para generar procesos, cuyos resultados se reflejarán en las personas de la organización, en los clientes y en la sociedad en general.	 <p>The diagram illustrates the EFQM model. At the top, two blue arrows point right: 'Procesos habilitadores' (left) and 'Resultados' (right). Below this, a central vertical flow shows 'Liderazgo' (Leadership) on the left, which leads to 'Políticas y estrategias', 'Personal y formación', 'Recursos del centro', and 'Asociaciones'. These lead to 'Procesos enfocados hacia los clientes' (Processes focused on customers), which then leads to 'Clientes', 'Personal y formación', 'Sociedad', and 'Asociaciones'. Finally, these lead to 'Rendimiento del Centro Educativo' (Educational Center Performance). At the bottom, a wide blue arrow points left, labeled 'Innovación y aprendizaje' (Innovation and learning).</p>

Fuente: López (2001).

## Análisis situacional de la JETIC

La estructura de la TOE de la JETIC se legalizó mediante la Disposición 61 en diciembre del 2017, la jefatura recibió la misión de propender por el desarrollo, sostenimiento y aseguramiento de la arquitectura TIC para garantizar el avance operacional de la FAC. En la reestructuración se dio la organización institucional del personal con el desarrollo de las tablas de organización y equipo. Además se definió el manual de funciones. Estas actividades fueron necesarias, pero no suficientes para montar un modelo de gestión eficaz que permitiera articular el trabajo coordinado de las direcciones que pasaron a conformar la jefatura actual.

La jefatura se creó el 22 de diciembre del 2017 y entró en funcionamiento en marzo del 2018. A continuación, se presenta información acerca de la gestión realizada en la JETIC.

## Misión

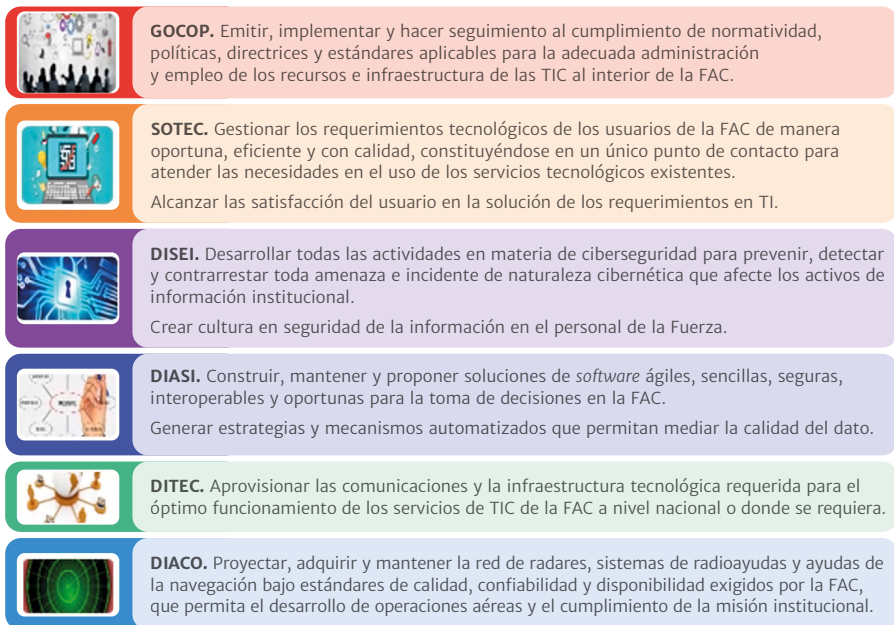
La misión de la JETIC es asegurar el desarrollo, el sostenimiento y la protección de la arquitectura de TIC para apoyar el logro de los objetivos estratégicos de la FAC.

## Visión

La visión de la jefatura es que en el 2030 sea un referente en el desarrollo, el acceso, el uso, la apropiación e innovación de tecnologías de punta transversales, ágiles, seguras y permanentemente gestionadas con talento humano calificado.

## Objetivos

Los objetivos fueron planteados por cada uno de los directores y jefes de oficina de acuerdo con la función de cada dependencia (figura 4).



**Figura 4.** Objetivo de las direcciones y oficinas de la JETIC en la FAC

Fuente: Lasso (2019, p. 35).

## Capacidades

En la figura 5 se caracterizan las capacidades de cada dependencia.



**Figura 5.** Capacidades de Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicación

Fuente: Lasso (2019, p. 36).

## Uso y apropiación de tecnologías de la información

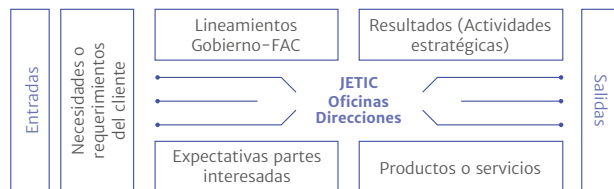
Durante el periodo inicial de la jefatura no se emplearon mecanismos para valorar el uso de los sistemas de información en la FAC.

### Estrategia para el uso y la apropiación

Para subsanar esta deficiencia en la medición del uso de los sistemas de información, se presentó una de las estrategias para la utilización y apropiación eficiente de las tecnologías en la Fuerza. La jefatura implementó Office 365 con el fin de ahorrar papel, trabajar en línea, almacenar virtualmente la información, asociar un dominio y una dirección de correo personalizada (directorío activo), ejecutar herramientas colaborativas y realizar un primer acercamiento en la medición del uso y la apropiación de estas herramientas.

Primero se capacitó al personal para replicar el conocimiento adquirido y después se desarrollaron campañas de capacitación de la nueva herramienta en las dependencias de la Fuerza, siguiendo los lineamientos de la cadena de valor ilustrada en la figura 6 que fue la matriz base para la

propuesta de caracterización de los componentes, con el fin de implementar un modelo de gestión de la JETIC.



**Figura 6.** Cadena de valor de Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicación (JETIC)

Fuente: Lasso (2019, p. 37).

## Gestión del cambio

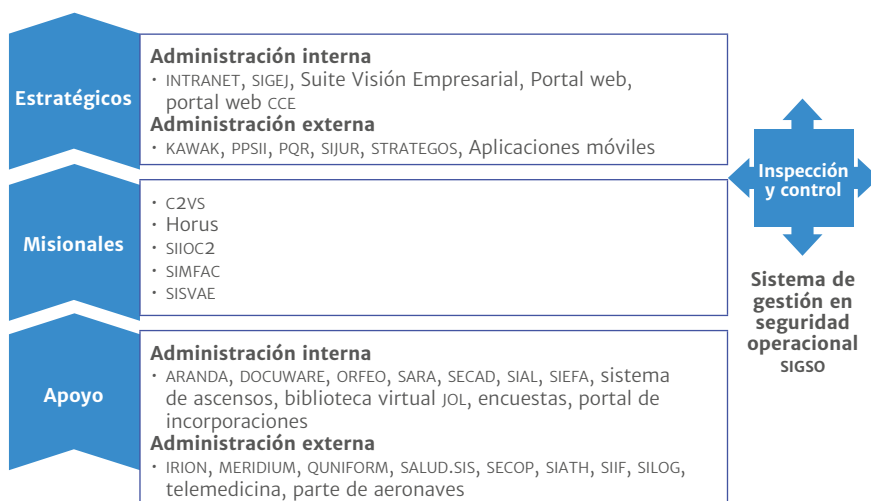
Es un tema sensible en la FAC y se realizó de forma controlada. Es importante tener los recursos para los trabajos requeridos y una distribución equitativa de funciones y responsabilidades (ICONTEC, 2015, p. 17). La jefatura tiene campañas de preparación al cambio, personalizando el aprendizaje y el uso de nuevas herramientas con Office 365.

## Medida de resultados en el uso y apropiación

Se implementó el Office 365 que facilitó prácticas de medición de empleo de las herramientas. La JETIC, inicialmente, tuvo en cuenta la capacidad de almacenamiento utilizada en la nube privada y la cantidad de licencias en uso de estos programas. Además, analizó qué dependencias tenían menor empleo y realizó mayor difusión para mejorar la apropiación de estas. Actualmente, se tiene herramientas sistematizadas que miden el nivel de aplicación de las herramientas y la plataforma de hiperconvergencia.

## Sistemas de información empleados en la FAC

La FAC cuenta con algunos sistemas básicos para cumplir con los procesos operativos, logísticos, administrativos y de control. La figura 7 muestra los sistemas de información de la FAC. La responsabilidad del funcionamiento continuo de dichos sistemas está en la Dirección de Arquitecturas de Información (DIASI) a través de personal capacitado y de la administración y gestión de recursos de *hardware* institucionales.



**Figura 7.** Sistemas de información por categoría

Fuente: Lasso (2019, p. 37).

## Servicios tecnológicos

Los servicios tecnológicos que presta la JETIC se enmarcan en tres categorías: estrategias y gobierno de TIC, administración de los sistemas de información y conectividad.

### Estrategias y gobierno de TIC

La gestión de los servicios tecnológicos se centraliza en las direcciones de tecnología y de arquitectura de sistemas de información. De manera general, la primera gestiona *hardware* y *software* relacionados con Horus y C2VS, asimismo, realiza la copia de seguridad de sistemas de información. La segunda, por su parte, gestiona los demás sistemas de información y válida sus arquitecturas y la metodología de desarrollo de *software*, para orientar procesos de desarrollo o actualización de sistemas de información y las diferentes aplicaciones de la institución.

Para la prestación de servicios de tecnologías de información se tiene en cuenta la disponibilidad, el soporte en requerimientos, la gestión y el mantenimiento. Así mismo, se tiene un grupo especializado disponible 24 horas. Los requerimientos son canalizados por la Oficina de Soporte Técnico (SOTEC), que da la primera asistencia —mantenimiento nivel 1—.

En cuanto a la puesta en funcionamiento de mejores prácticas en tecnologías de información, se adoptó Office 365, para emplear las herramientas colaborativas y mejorar los tiempos de respuesta en requerimientos de comunicación y transmisión de información que han sido vitales a fin de efectuar labores desde los hogares de los funcionarios, permitiendo dar continuidad a los trabajos diarios, al disminuir los riesgos de contagio por la COVID-19 en el personal no operativo.

En la tercerización de servicios se unificó con un solo operador los servicios de Internet para maximizar recursos, tener mejor control del servicio y ampliar las capacidades a nivel institucional. Se contemplaron servicios de ancho de banda en canales satelitales y suministro de Internet.

## Administración de sistemas de información

El personal de la Dirección de Arquitecturas de Sistemas de Información administra los sistemas de información institucionales. Estos disponen de entornos definidos para desarrollos, ensayos y producción, con sistemas de información y bases de datos con el propósito de garantizar el buen funcionamiento y almacenamiento.

## Conectividad

La infraestructura de redes y de telecomunicaciones se implementó en su mayoría a través de una configuración estrella. Se dispone de un ancho de banda para Internet gestionado de forma restringida con permisos especiales, de acuerdo con estudios de seguridad realizados al solicitante y la labor que cumple en la institución. En complemento al servicio se ejecutó una intranet, donde se pueden usar los sistemas de información de la institución. Actualmente dadas las nuevas capacidades adquiridas, algunos sistemas de información pueden ser utilizadas desde la web.

## Gestión de información

La información es gestionada por cada área de interés de la FAC. No se identifican cuellos de botella, toda vez que los sistemas se alimentan según las novedades que se presenten a diario sin realizar dicho proceso de forma constante. Los datos que contienen información restringida son

almacenados en bases de datos instaladas en servidores accesibles a través de la intranet donde el acceso se resguarda mediante una arquitectura de *firewall*.

La jefatura está analizando la eficiencia y obsolescencia de los sistemas de información vigentes para optimizar los servicios. Se contempla implementar la interoperabilidad de sistemas de información para disminuir errores y duplicidad de información.

## Gobierno de tecnologías de la información

La jefatura está formada por dos oficinas y cuatro direcciones. En total se trabajaba con 99 personas entre militares y civiles (de las 137 requeridas). Se cuenta con ingenieros eléctricos, electrónicos, de telecomunicaciones, de sistemas e ingeniería telemática, tecnólogos profesionales en electrónica aeronáutica, comunicaciones militares, telemática y sistemas.

## Análisis financiero

La FAC se rige bajo la normatividad del Ministerio de Hacienda (MINHA-CIENDA) respecto a la clasificación y al manejo del presupuesto asignado. Por tal motivo, el manejo de los recursos en la JETIC se dan en tres grandes rubros principales:

### Gastos en operación y soporte

Son asignados anualmente, con previa justificación y solicitud de necesidades, con el fin de sustentar las capacidades institucionales. La planeación operacional obedece a las necesidades tácticas de las unidades valoradas por las direcciones de la jefatura de acuerdo con su competencia. La jefatura hace una priorización y expone el plan de compras, previamente autorizado por la Oficina de Gobierno Corporativo, teniendo en cuenta los topes asignados para cada dependencia.

### Recursos de inversión

Solucionan una necesidad estratégica que impacta a toda la institución o proyectos que involucran nuevas capacidades, comúnmente estos proyectos sufren recortes del Gobierno para cubrir otras necesidades, por lo cual



la JETIC no tiene suficiencia para una transformación en *software* y *hardware* significativa; solamente lo hace con proyectos faseados y fuertemente justificados.

### Recursos de fondo interno

Se asignan de manera ocasional a determinadas dependencias, por solicitud propia, y obedecen a alguna necesidad específica. Se obtienen como recaudo de escuelas, servicios prestados a otras organizaciones, etc. La jefatura los solicita en emergencias, imprevistos, para equipos o servicios no contemplados en el plan anual de compras.

### Control interno

Se ejerce mediante el rastreo del alistamiento de los equipos a través del parte diario de comunicaciones, radioayudas y radares, el seguimiento de los sistemas de información y el alistamiento de los sistemas electrónicos de seguridad. Se vigila el buen funcionamiento de los equipos y sistemas. Además, se verifica de forma constante el *stock* mínimo de insumos y reparables en cada una de las unidades militares, a fin de garantizar tiempos de respuesta mínimos en caso de presentarse imprevistos de funcionamiento.

En casos que exceden las capacidades del personal de las unidades militares aéreas, la JETIC envía personal experto para solucionar fallas de nivel dos o tres, realizar instalación de nuevos equipos, hacer visitas de acompañamiento, investigar eventos de seguridad y accidentes. No obstante, aun teniendo todas estas capacidades, no se cuenta con un sistema de seguimiento y retroalimentación para una mejora eficiente de los problemas encontrados.

### Contratación

Es un proceso basado en la Ley 80 de 1993, consolidación del plan de compras, expedición de soportes de disponibilidad presupuestal, asignación de personal a cada proceso y cierre de los procesos.

### Consolidación plan de compras

Se realizó una consolidación de necesidad y proyectos para la próxima vigencia. Se contemplan los requerimientos de cada dependencia y de las

dependencias de TIC en las Unidades Militares Aéreas (UMA). Estas solicitudes son filtradas en la Oficina de Gobierno Corporativo, que envía a la Jefatura Administrativa (JEAD) para que sean aprobadas de acuerdo con el dinero asignado.

## Expedición de soportes de disponibilidad presupuestal

Al inicio de la vigencia, la JEAD envía la separata presupuestal cargada a cada dependencia. La Oficina de Gobierno Corporativo agrupa los elementos por adquirir y los proyectos para expedir los certificados de plan de adquisiciones y los de disponibilidad presupuestal necesarios para un control de los recursos asignados y para iniciar el proceso contractual.

## Asignación de personal a cada proceso

Cada director (gerente de proyecto) asigna el personal de estructuradores y supervisores de los contratos, que inician los procesos contractuales. La Oficina de Gobierno Corporativo hace seguimiento para el control del presupuesto y de cualquier modificación por ajuste o necesidad.

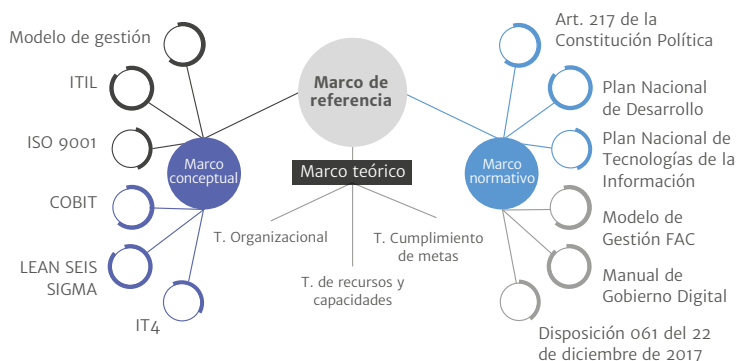
## Cierre del proceso

Los supervisores de contrato pasan las actas de liquidación para los cierres de procesos. La Oficina de Gobierno Corporativo controla estos procesos y el dinero sobrante lo reasigna. Así se cumple con el ciclo en el proceso de compra de servicios o bienes y se establece si es preciso volver a solicitar dineros en la separata anual con el plan de compras o si se resolvió la necesidad.

## Marco de referencia

En la figura 8 se exteriorizan de manera general las teorías, las herramientas y las normatividades empleadas para definir el modelo de gestión. En la parte central se encuentra el marco de referencia que engloba tanto el marco teórico, como el conceptual y el normativo. El marco conceptual refleja las herramientas requeridas para el diseño del modelo de gestión de la JETIC; el marco normativo da base y soporte legal. Es de aclarar, que en este último no se establecen como totalidad de normas existentes, dado que al

caracterizar el modelo de gestión de la JETIC se exploró la normatividad específica del tema, abordando las directrices vigentes. Finalmente, el marco teórico expone la teoría organizacional y la teoría del establecimiento de metas.



**Figura 8.** Marco de referencia empleado en la investigación

Fuente: Lasso (2019, p. 47).

## Las normas

La facultad legal y la legitimidad institucional es otorgada a la FAC en el artículo 217 de la Constitución Política de 1991 y a través del Plan Nacional de Desarrollo (PND), con el fin de buscar un equilibrio entre las oportunidades de emprendimiento a través de la potencialización de las herramientas TIC para los colombianos. En relación con lo anterior, se tomó en cuenta lineamientos competitivos del Plan Nacional de TI, el cual se difundió a las entidades del Estado a través de MINTIC. Es así como se tomó el Modelo de Gobierno Digital como base para el desarrollo a través de la elaboración de guías para establecer las políticas de gobierno institucionales en materia de TIC. Tomando las pautas nacionales se realizó la adaptación con las normas internas de la institución, como lo son el modelo de gestión de la FAC y la Disposición de transformación 061 de diciembre de 2017 como bases fundamentales para el desarrollo del modelo.

## Las teorías

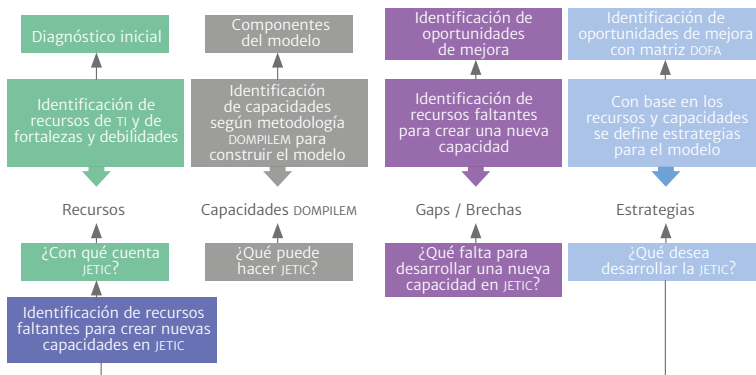
Se escogieron tres teorías para el desarrollo del planteamiento del modelo de gestión: la teoría organizacional de Warren Bennis y Richard Beckhard (1969), respecto a la cual Rodríguez Mansilla (1996) explica que se debe

propender por diseñar procesos más eficientes para que una organización consiga los objetivos propuestos para lograr cambios estratégicos y organizacionales que afecten positivamente a este fin (p. 6).

La segunda teoría seleccionada es la teoría del establecimiento de las metas de Edwin Locke y Gary Latham (1968), respecto a la cual Daft y Marcic (2010), especifican que establecer metas desafiantes y específicas mejoran la motivación y el desempeño de los subalternos (p. 459), y se basan en cuatro componentes de esas metas: la especificidad —que no sean ambiguas—, la dificultad —un reto—, la aceptación —apropiación y compromiso— y la retroalimentación —seguimiento de progresos—.

Finalmente, la teoría de recursos y capacidades de Grant (2014), en donde, según Parra y Calero (2006), la empresa es un conjunto de recursos ordenados y de capacidades necesarias para competir en un mercado determinado (p. 185). Además, para Grant los principios y los componentes del modelo son esenciales para identificar capacidades y recursos como insumo a fin de evaluar las estrategias y la rentabilidad en la organización. Así se puede plantear la estrategia como la capacidad para el aprovechamiento de dichos recursos y habilidades con el objetivo de arriesgarse a una oportunidad, teniendo en cuenta los riesgos que se presenten (p. 64).

La figura 9 muestra una aproximación para recursos, capacidades y estrategias en los principios y componentes de un modelo de gestión para la jefatura. Es indispensable el análisis DOFA para el planteamiento de la estrategia en la organización.



**Figura 9.** Aproximación de los principales componentes y principios de un modelo de gestión para la JETIC

Fuente: Grant (2014), citado en Suárez e Ibarra (2002).

## Los conceptos

### Modelo de gestión

Es un desarrollo que por las características propias y generales es susceptible de ser apropiado o tomado parcialmente (Amaru, 2009, p. 10). Esta definición se acerca al interés de la investigación para definir los componentes del modelo de gestión de la jefatura siguiendo un “conjunto de relaciones basadas en términos lógicos” (Certo, 2010, p. 273), que brindará a los integrantes que la componen la orientación pertinente en los casos de duda.

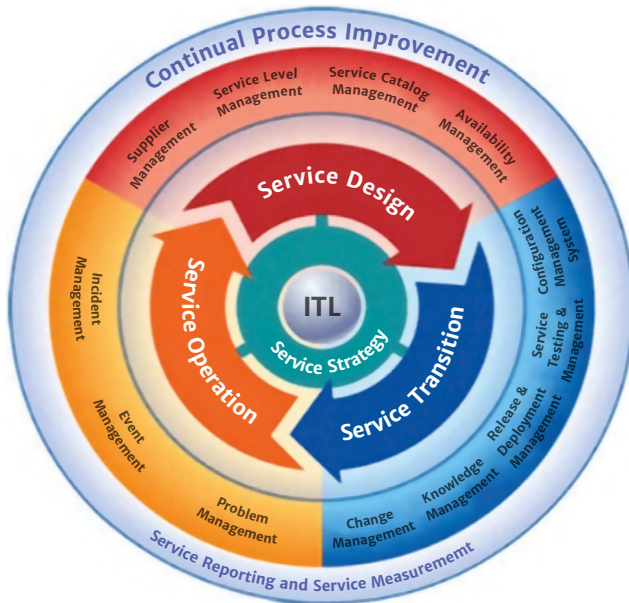
La palabra gestión se define así: “su origen proviene del latín *gestio*, de la acción de llevar a cabo, siendo que gestión es un conjunto de operaciones que se llegan a realizar para poder dirigir o administrar”. En el campo militar está estrechamente ligada a estrategia (de *stratos-ego*: “yo conduzco”). Las estrategias de gestión son planteadas para o sobre el otro, lo que significa actuar contra el otro (Huergo, s. f.).

Existen diferentes modelos de gestión como empresas, para maximizar recursos empleados y ganancias obtenidas mediante el afinamiento de los procesos y la detección de fallas o despilfarros, es necesario contar con herramientas como las buenas prácticas ITIL.

### ITIL, buenas prácticas en la gestión de tecnologías de información y comunicación

ITIL tiene fundamento en el ciclo de vida del servicio compuesto por cinco fases: estrategia del servicio, diseño del servicio, transición del servicio, operación del servicio y mejora continua del servicio (Advisera, 2018).

Se usa para mostrar cumplimiento, para medir y definir mejoras en el servicio; constantemente se monitorean estas tareas a fin de ajustarlas de acuerdo con las necesidades, lo que permite mayor alineación con el negocio, mejora en la prestación de servicios y satisfacción al cliente, disminución de costos, perfeccionamiento en la gestión del riesgo y de interrupciones o fallas en el servicio. Contempla cinco fases del ciclo de vida (figura 11).



**Figura 10.** Modelo de ITIL v 4  
Fuente: Watts (2018).

## Estrategia del servicio

Está en el corazón del modelo, identifica la estrategia que se empleará para cumplir los requerimientos del cliente, tiene en cuenta los recursos disponibles en el sitio de ejecución y analiza la gestión de cartera, demanda y financiera (Castro, 2017).

## Diseño del servicio

Garantiza que los servicios de TI compensen en costos, en funcionalidades y en el desempeño, diseñados para cumplir los objetivos y lograr su uso. Cubre la gestión de habilidades y capacidades para la continuidad del servicio TI (Castro, 2017).

## Transición del servicio

Aseguramiento para que los nuevos servicios de TI transformados y obsoletos efectúen lo requerido, y que los cambios se realicen de manera eficiente —cambios rápidos y con bajos costos— (Castro, 2017).

## Operación del servicio

Asegura que los servicios de TI sean gestionados con seguridad y confiabilidad, completan las peticiones de los usuarios, resuelven fallas en los servicios, arreglan problemas y llevan a cabo las rutinas operacionales (Castro, 2017).

## Mejora continua del servicio

Se enfoca en calidad, eficiencia y efectividad de los servicios, y en la reducción con mejora continua; por otra parte, contempla la medición, el reporte y la mejora del servicio (Castro, 2017).

Service Strategy	Service Design	Service Transition	Service Operation	Continual Service Improvement
Portfolio Management	Availability Management	Change Management	Event Management	Service Measurement
Demand Management	Capacity Management	Service Asset & Configuration Management	Incidence Management	Service Reporting
Financial Management	IT Service Continuity Management	Knowledge Management	Problem Management	Service Improvement
	Service Level Management	Release & Deployment Management	Request Fulfillment	
	Information Security Management	Service Validation & Testing	Access Management	
	Supplier Management	Evaluation	<b>Functions:</b> Service Desk Management Technical Management IT Operation Management Application Management	
	Service Catalogue Management	Transition Planning & Support		

**Figura 11.** Fases del ciclo de vida de ITIL v4

Fuente: Gundavajhala (2019).

## ISO 9.001 como base para implementar los procesos de calidad

La Organización Internacional de Normalización (ISO) presenta la norma ISO 9.001, que indica que, al adoptar un sistema de gestión de calidad se toma

una decisión estratégica en la institución que ayudará a incrementar el desempeño en general (ICONTEC, 2015). La norma realiza la gestión en los componentes: fuentes de entrada, entradas, actividades, salidas y receptores de las salidas manejados mediante el ciclo de Deming.



**Figura 12.** Estructura de la Norma ISO 9.001 con el ciclo Deming  
 Fuente: Gehisy (2017).

## Planear

Planeación estratégica basada en lo que se desea hacer, teniendo en cuenta la organización y su contexto para brindar bienes y servicios con el fin de satisfacer las peticiones de los clientes y así garantizar un mejor servicio (ICONTEC, 2015).

## Hacer

Procesos que interfieren en la cadena de valor para agregar funcionalidad o complementar una capacidad en los bienes o servicios, también se controlan cambios planificados y se revisan las derivaciones que involucran los cambios no previstos.



## Verificar

Evalúa el desempeño de los productos o servicios entregados. Se deben desarrollar mecanismos de control para identificar las posibles fallas y no repetirlos (ICONTEC, 2015).

## Actuar

Análisis de la información e identificación de fallas en los procesos anteriores. Se desarrolla una nueva estrategia que permita la no repetición de estas (ICONTEC, 2015).

## **COBIT como herramienta en el modelamiento de los posibles riesgos**

El COBIT es una guía para realizar auditoría de la gestión y del control de los sistemas de tecnologías de información, la cual brinda una orientación a los administradores, usuarios y auditores que participan en el proceso, al ser una herramienta automatizada que evalúa de forma ágil y consistente el cumplimiento de objetivos para controlar y asegurar los procesos y recursos de tecnologías de información que favorecen el cumplimiento de los objetivos de la organización (Universidad EAFIT, 2017, p. 1).

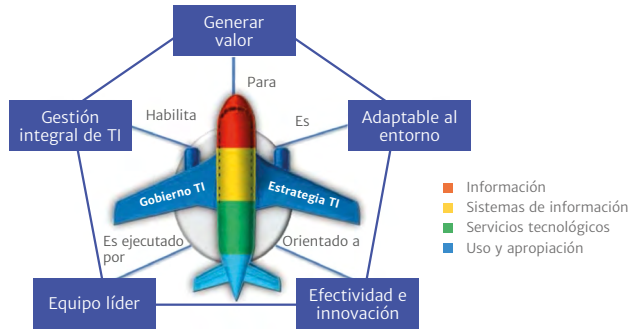
El nuevo modelo de COBIT (2019) tiene 40 objetivos de gestión asociados con el proceso relacionado, objetivos de alineamiento y los de la organización (González, 2018).

## **IT4+ como guía del MINTIC para implementación del modelo de gestión de JETIC**

Este brinda grandes capacidades para un análisis completo de la organización e implementa algunas de las herramientas ya mencionadas. Según el MINTIC (2016) está construido a partir de experiencias, buenas prácticas y lecciones aprendidas en diez años de ejecución. Se considera un modelo integral para la gestión estratégica que se basa en la alineación de la gestión de tecnología y la estrategia aplicada, ya sea institucional o sectorial (p. 18). Está compuesto por estrategia, el gobierno de tecnologías de información,

la gestión de información, los sistemas de información, los servicios tecnológicos y el uso y apropiación de tecnologías de información. La figura 13 ilustra sus características.

IT4+ será el pilar del modelo de gestión para la JETIC. Es posible que no se ajuste completamente a las necesidades, por lo cual se apoya en ITIL para mejores prácticas en procesos y procedimientos ISO. COBIT apoyará la auditoría, el seguimiento y la filosofía Lean Six Sigma permitirá una optimización de los recursos.



**Figura 13.** Modelo de gestión IT4+

Fuente: MINTIC (2018).

## La investigación

En esta investigación se empleó un paradigma hermenéutico interpretativo, en el que se realizó una interpretación de la información para evitar una comprensión inadecuada (Schleiermacher, 1999, p. 26), y crear estandarización en la institución explicando los contextos culturales y sociales de los cambios que se pudieran realizar en esta (Pulido-Rodríguez *et al.*, 2007, p. 31).

Esta investigación se desarrolló con la metodología de IT4+, en la que son vitales la experiencia y los conocimientos de la organización y el personal que la compone; fundamentales para la optimización de resultados y la solución de problemas (MINTIC, 2016).

Asimismo, se incluyó la interpretación y el análisis de la participación de los representantes de la JETIC seleccionados, el conocimiento de las prácticas en cada proceso y la evaluación y los ajustes pertinentes para definir los componentes del modelo de gestión.

## Población y muestra

De acuerdo con Selltiz (1980, citado en Hernández-Sampieri *et al.*, 2010) se seleccionó el conjunto de población que reunió unas condiciones específicas que aportaron de forma adecuada al tema de investigación; asimismo, se estableció como población al personal de la jefatura y para la muestra se siguió la definición de Sabino (1992) en la que se tomó parte del personal representativo y útil al momento de mostrar el total de la población.

Muestra: Personal estratégico con mayor experiencia · 40



Población: Personal de JETIC · 99

**Figura 14.** Población y muestra

Fuente: *elaboración propia (2019)*.

La población de personal representativo de cada oficina y dirección de la jefatura, en ese momento, era de 99 personas (figura 14). Con información sobre cómo se proyecta la jefatura desde el nivel estratégico, operativo y táctico, se seleccionó como unidad de muestreo algunos oficiales, suboficiales y civiles de las áreas de tecnologías de información a nivel estratégico, además del personal con más experiencia en la parte administrativa.

## Fuentes, instrumentos o técnicas para procesamiento y recolección de información

Para Cassini (2008), los instrumentos son los recursos en los que el investigador se basa para acercarse a los fenómenos y compilar la información relevante requerida (p. 45). En este sentido se utilizaron instrumentos como la observación directa, las entrevistas semiestructuradas, la lluvia de ideas y la matriz DOFA. En complemento, según la definición de Reza (1997), las fuentes son los lugares donde se extraen datos o información de relevancia en la investigación (p. 263), por lo que fueron seleccionadas las siguientes fuentes: libros, estadísticas, conocimiento del personal e Internet. La tabla 2 muestra las actividades e instrumentos usados durante la investigación.

**Tabla 2.** Fases de la investigación

	Objetivo	Actividades	Instrumentos
<b>Fase 1.</b> Búsqueda de información para el diagnóstico de la situación actual en JETIC.	1. Diagnosticar la situación actual en la JETIC a partir de la búsqueda de información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lluvia de ideas para obtener el diagnóstico de la JETIC.</li> <li>• Búsqueda de datos en FAC, MINTIC y otras entidades.</li> <li>• Revisión de PETI de presidencia, MDN, MADR.</li> <li>• Diseño y aplicación de entrevistas al personal de la JETIC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancos de datos documentales.</li> <li>• Metodología lluvia de ideas.</li> <li>• Entrevistas semiestructuradas.</li> </ul>
<b>Fase 2.</b> Selección de información para la construcción del Marco de Referencia, así como la selección de las herramientas que definen el modelo.	2. Analizar las herramientas y mecanismos con el fin de proponer los componentes y principios de un Modelo de Gestión para la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la Fuerza Aérea Colombiana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de información en Proquest, SciELO, Dialnet y Google académico para establecer los modelos de gestión en TI, así como las teorías y el marco normativo.</li> <li>• Clasificación de la información obtenida en la fase anterior.</li> <li>• Selección de herramientas TI, normatividad y teorías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Categorización de la información.</li> <li>• Análisis y síntesis de modelos referentes.</li> <li>• Análisis documental.</li> <li>• Documentación de las experiencias.</li> <li>• Hermenéutico – interpretativo.</li> </ul>
<b>Fase 3.</b> Diseñar y aplicar los instrumentos para la obtención y procesamiento de los datos.	3. Definir los instrumentos y metodologías para realizar la recolección de datos necesarios en la Jefatura de Tecnologías de Información para el desarrollo de la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de la guía IT4+ como base y obtención de guías para el uso de las herramientas ISO 9.001 CICLO Demin, ITIL, COBIT Y Lean Six Sigma.</li> <li>• Aplicación de ISO 9001 para la definición de los procesos generales aplicables a la JETIC.</li> <li>• Aplicación de las herramientas como ITIL para la gestión en procesos internos.</li> <li>• Aplicación del COBIT para definir los procesos de control del modelo.</li> <li>• Aplicación de Lean Six Sigma para la definición de procesos de eliminación procedimientos en exceso.</li> <li>• Síntesis de información a través de matriz DOFA para el establecimiento de capacidades y entradas iniciales del modelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IT4+</li> <li>• ISO 9.001, Ciclo Demin</li> <li>• ITIL</li> <li>• COBIT</li> <li>• Lean Six Sigma</li> <li>• DOFA</li> </ul>
<b>Fase 4.</b> Resultados y análisis de la información obtenida para el establecimiento de los componentes y principios del modelo.	4. Establecer los componentes y principios de un modelo de gestión para la JETIC de la FAC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización de los procesos y procedimientos del modelo.</li> <li>• Definición de principios, entradas, componentes y salidas del modelo.</li> <li>• Definición de los ejes transversales.</li> <li>• Modelado definitivo del modelo de gestión.</li> <li>• Redacción del informe final.</li> <li>• Presentación del informe final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 9.001, ciclo de Deming.</li> <li>• Categorización de la información.</li> <li>• Análisis y síntesis de modelos referentes.</li> <li>• Análisis documental.</li> </ul>

Fuente: Lasso (2019, p. 68).

## Resultados de las matrices DOFA realizadas en la JETIC

Primero se presentan las matrices DOFA estratégica y operacional, con las técnicas que se proponen para superar debilidades y potenciar fortalezas. Luego se describe la caracterización del modelo de gestión y los principios planteados para la JETIC de la FAC.

### Matriz DOFA estratégica y operacional de la JETIC de la Fuerza

Las matrices DOFA se obtuvieron con el trabajo conjunto del coronel Mery Meléndez, el mayor Jairo Lasso y el técnico jefe Daniel Beltrán. La primera matriz es la del análisis de la jefatura a nivel estratégico, en la que se analizaron los impactos que afectan a la Fuerza. En la segunda matriz se trabajaron los temas que impactan de forma directa a la jefatura, de acuerdo con la doctrina DOMPILEM, se estudió cómo mitigar o fortalecer los aspectos destacados en la matriz estratégica y se propuso las estrategias para implementarla. La figura 15 es la matriz DOFA, teniendo en cuenta la visión estratégica de la jefatura.

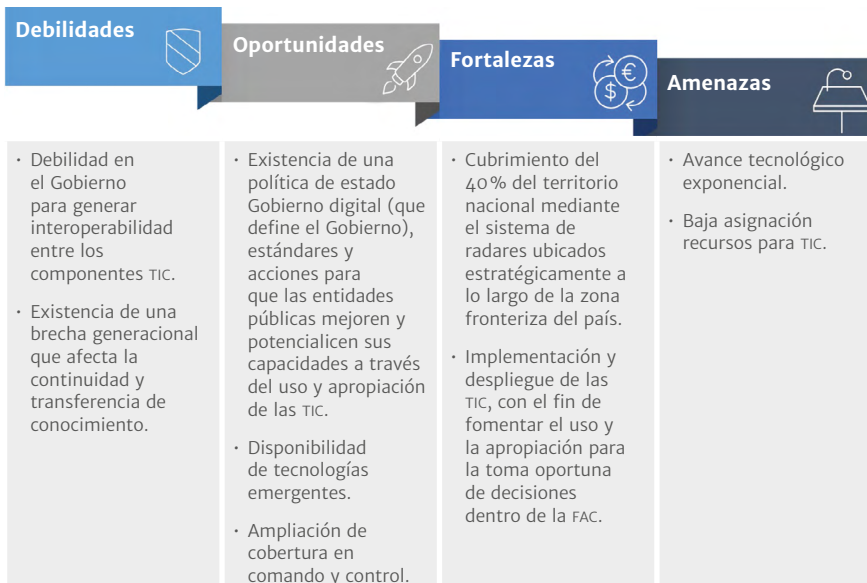
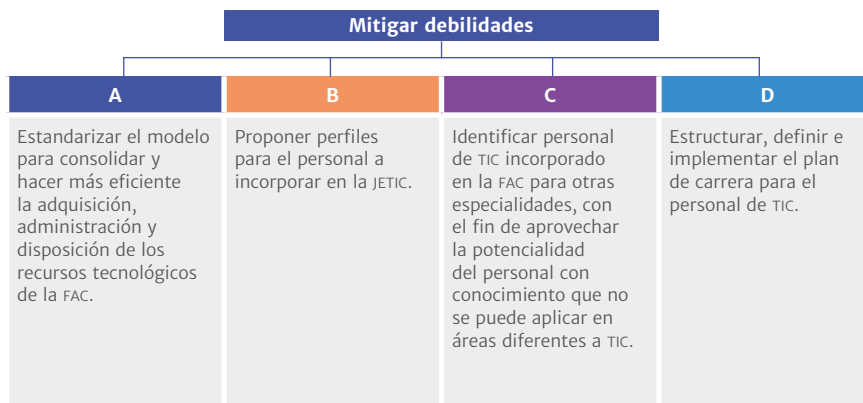


Figura 15. Matriz DOFA de nivel estratégico

Fuente: Lasso (2019, p. 71).

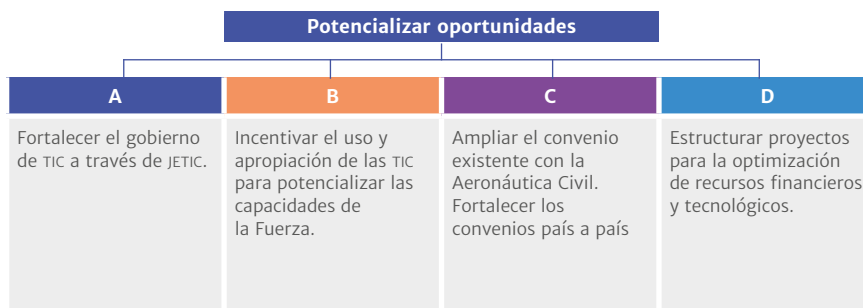
En la figura 16 se proponen estrategias para mitigar las debilidades estratégicas encontradas y se resalta la mejora del modelo de contratación actual para evitar el desgaste administrativo y de personal. Las estrategias se plantean para fortalecer la planta de personal de la JETIC.



**Figura 16.** Estrategias para mitigar debilidades

Fuente: Lasso (2019, p. 72).

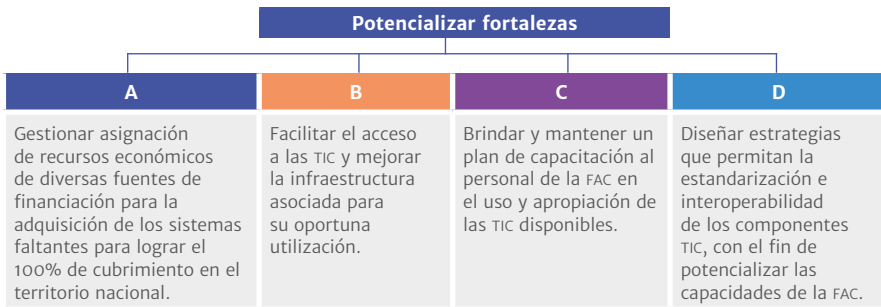
La figura 17 muestra las estrategias para potencializar las oportunidades que actualmente posee la jefatura. Se destacan el fortalecimiento del gobierno TIC y del uso de dichas herramientas, la ampliación de convenios y la optimización en la administración de recursos.



**Figura 17.** Estrategias para potencializar oportunidades

Fuente: Lasso (2019, p. 72).

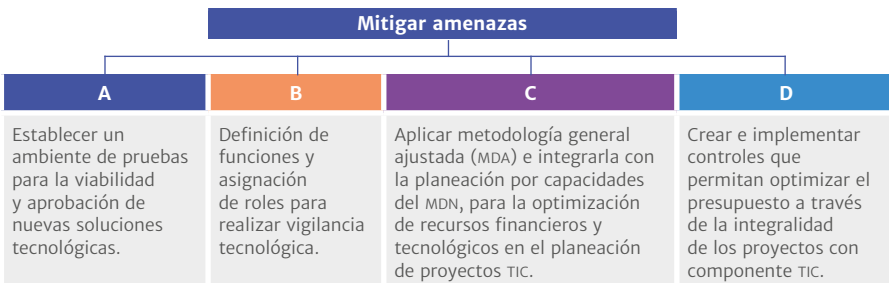
La figura 18 muestra estrategias para potencializar las fortalezas. Se resalta la gestión de recursos para el acceso a TIC y la mejora en la infraestructura para la interoperabilidad.



**Figura 18.** Estrategias para potencializar fortalezas

Fuente: Lasso (2019, p. 73).

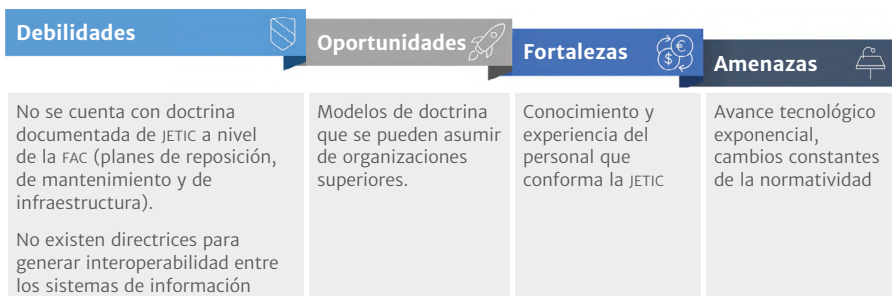
La figura 19 propone estrategias para mitigar amenazas, ajustando el presupuesto y un ambiente de pruebas de nuevas aplicaciones antes de impactar a gran escala a la Fuerza.



**Figura 19.** Estrategias para mitigar amenazas

Fuente: Lasso (2019, p. 73).

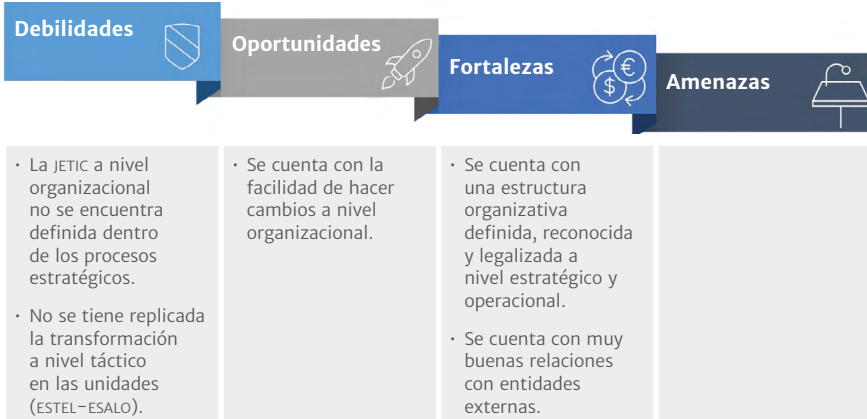
Ahora se presenta la matriz DOFA a nivel operacional. La figura 20 muestra el análisis DOFA para el elemento de doctrina.



**Figura 20.** Matriz DOFA operacional para doctrina

Fuente: Lasso (2019, p. 74).

La figura 21 ilustra el análisis DOFA para conocer la organización. Se cuenta con un grupo estructurado y legalizado, el cual tiene facilidad para ser modificado y con debilidades en las unidades militares aéreas al no tener definida esta organización.



**Figura 21.** Matriz DOFA operacional para organización

Fuente: Lasso (2019, p. 74).

La figura 22 es el estudio DOFA para los materiales. La capacidad instalada es obsoleta en gran parte, pero pueden actualizarse dichos elementos para prestar un mejor servicio.

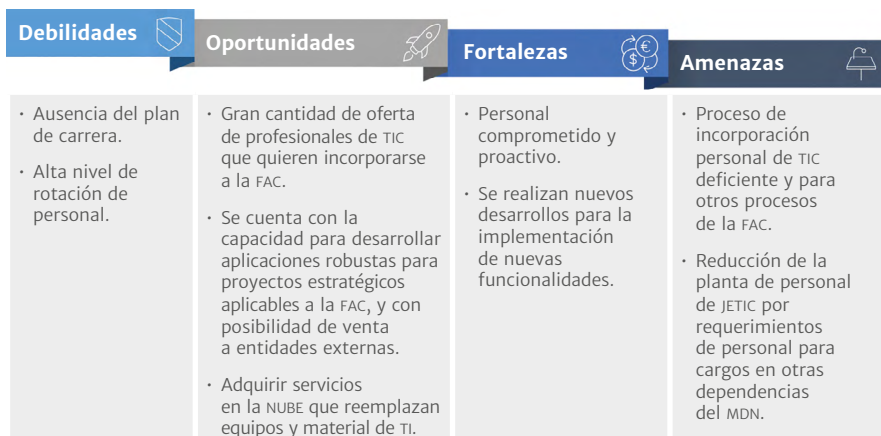


**Figura 22.** Matriz DOFA operacional para materiales

Fuente: Lasso (2019, p. 75).



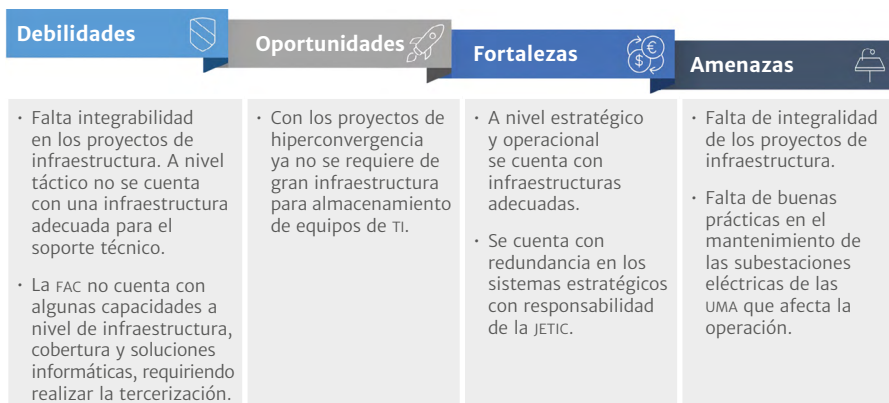
La figura 23 es la situación actual de la JETIC, con personal capacitado e iniciativa, aunque con debilidades en el plan de carrera. Existe alta rotación que dificulta la continuidad.



**Figura 23.** Matriz DOFA operacional para personal

Fuente: Lasso (2019, p. 75).

La figura 24 analiza la infraestructura actual. Es adecuada para los requerimientos y existen equipos que simplifican el nivel físico requerido para el almacenamiento.



**Figura 24.** Matriz DOFA operacional para infraestructura

Fuente: Lasso (2019, p. 76).

La figura 25 presenta el liderazgo. Al ser organización militar no se hace un DOFA completo. Se tiene un liderazgo positivo y transformacional.

Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• N/A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N/A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con un liderazgo transformacional a todo nivel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N/A</li> </ul>

**Figura 25.** Matriz DOFA operacional para liderazgo

Fuente: *Lasso (2019, p. 76)*.

La figura 26 es el análisis del entrenamiento de personal. Hay oferta de capacitación; no obstante, es necesario mejorar el entrenamiento técnico y mayor transferencia de conocimientos.

Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A nivel operación no existe gestión del conocimiento ni transferencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oferta gratuita y diversa para autocapacitarse en conocimiento de TIC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Somos beneficiarios del plan de capacitación y estímulos a nivel de especializaciones y maestrías.</li> <li>• Se cuenta con madurez en el uso y apropiación de las aplicaciones activas en la FAC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo nivel en el entrenamiento técnico en las escuelas de Formación.</li> </ul>

**Figura 26.** Matriz DOFA operacional para entrenamiento

Fuente: *Lasso (2019, p. 77)*.

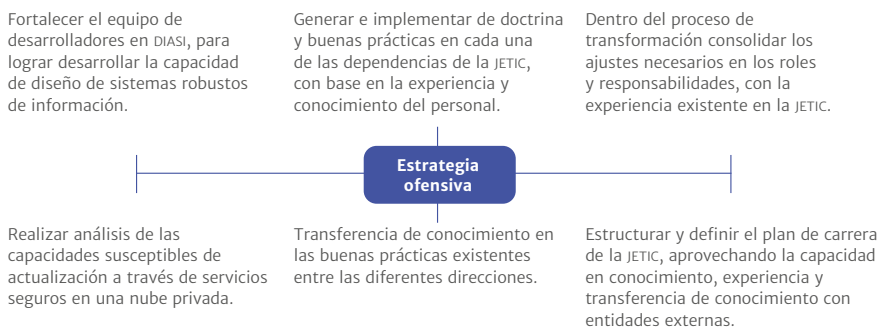
En mantenimiento TI no hay rutinas programadas ni seguimiento. Hay acompañamiento del SILOG en la automatización de procedimientos con SAP (figura 27).

Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se cuenta con buenas prácticas de mantenimiento.</li> <li>• No existen rutinas específicas ni buenas prácticas para la realización del mantenimiento de las bases de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompañamiento del grupo del sistema integrado de logística (ILOG).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contamos con herramientas tecnológicas para el desarrollo de planes de mantenimiento (SAP).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N/A</li> </ul>

**Figura 27.** Matriz DOFA operacional para mantenimiento

Fuente: *Lasso (2019, p. 77)*.

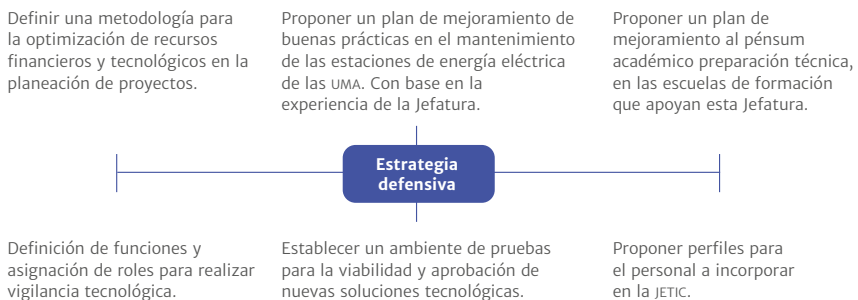
Con estas matrices pueden definirse estrategias que potencializarán capacidades y mitigarán riesgos. Estas se clasifican en ofensivas para potencializar fortalezas; defensivas a fin de mitigar debilidades; de reorientación y de supervivencia con el objetivo de afrontar las amenazas. Las estrategias ofensivas evidencian la necesidad de generar una doctrina en la organización, aumentar con un plan de carrera el personal para desarrollo de *software*, adoptar nuevas tecnologías y realizar transferencia de conocimiento adquirido (figura 28).



**Figura 28.** Estrategias ofensivas

Fuente: Lasso (2019, p. 79).

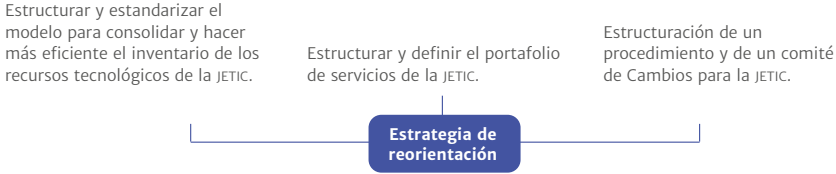
La estrategia defensiva pretende crear prácticas de vigilancia tecnológica; redefinir los perfiles para el personal que ingresa a la FAC; mejorar las prácticas de mantenimiento y determinar la metodología para optimizar los recursos que posee la JETIC (figura 29).



**Figura 29.** Estrategias defensivas

Fuente: Lasso (2019, p. 80).

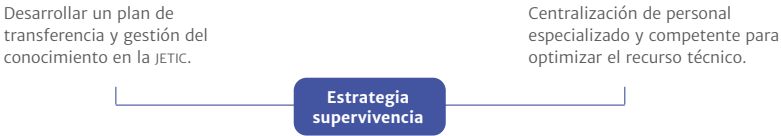
Las estrategias de reorientación destacan la mejora del modelo de control del inventario tecnológico, la estructuración de un portafolio de servicios, la estructuración de procedimientos y un comité de cambios para la JETIC (figura 30).



**Figura 30.** Estrategias de reorientación

Fuente: *Lasso (2019, p. 81)*.

Las estrategias de supervivencia (figura 31) proponen un plan para la transferencia de conocimiento efectivo y la centralización de personal especializado, con el fin de apoyar las UMA, con un mejor aprovechamiento de las capacidades individuales del personal.



**Figura 31.** Estrategias de supervivencia

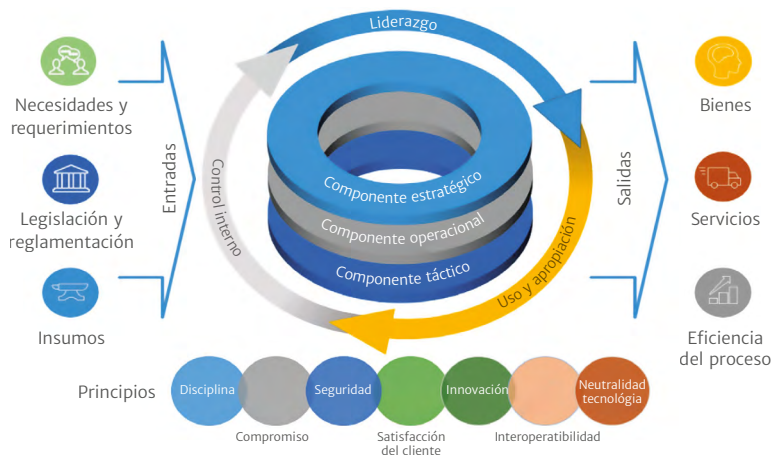
Fuente: *Lasso (2019, p. 83)*.

## Caracterización del modelo de gestión de la JETIC

El modelo de gestión desarrollado para la jefatura ayuda a la implementación de la gestión administrativa en la organización, mediante la creación de la doctrina militar. Así se mejora la toma de decisiones y se identifican las estrategias para potencializar capacidades, disminuir brechas y debilidades, al igual que proyectar las capacidades del poder aéreo; esto permite que sea más ágil y autónomo el desarrollo del trabajo diario y la planeación a futuro.

El MINTIC (2016) desarrolló un Modelo de Gestión IT4+ estandarizado para el sector público. Este mismo es el que se busca implementar en la FAC,

pero con las buenas prácticas ITIL y otras metodologías —COBIT, ISO, Lean Six Sigma—, para ajustar los componentes y principios de un modelo de gestión para la JETIC (figura 32).



**Figura 32.** Caracterización del modelo de gestión planteado para la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 84).

## Principios

Se analizaron los principios del MINTIC (2014, p. 2), la FAC (FAC, 2021b, s. p.), la empresa de tecnología Apple y la presentación realizada en la Escuela de Doctrina del Ejército por el coronel Walter Adrián Giraldo Jiménez (2018), con el objetivo de adaptar y seccionar los principios que están plasmados en la figura 33.



**Figura 33.** Principios propuestos para la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 85).

## Disciplina

Según Sánchez la disciplina es “connatural con el mundo militar, el alto grado de exigencia de esta es lo que ha definido y lo que ha diferenciado básicamente de otras esferas del Estado” (2007, p. 43).

## Compromiso

Es una condición en donde se tiene plena conciencia de la responsabilidad “proyectándonos como ejemplos a seguir. Como miembros de la institución también se busca el mejoramiento continuo al sentir compromiso para conseguir el crecimiento de la Fuerza” (FAC, 2021b, s. p.).

## Seguridad

Es básica para prevenir ataques, salvaguardar la integridad de la información con parámetros como definición, implantación y control de medidas preventivas y, de no ser suficiente, replantear el método implementado (MINTIC, 2014, p. 4).

## Satisfacción del cliente

Respuesta emocional esperada del cliente frente a la solución del caso expuesto que permite evaluar la experiencia versus la expectativa en sí (Vavra, 2003, p. 25).

## Innovación

Manera diferente de llevar a cabo los proyectos que se realizan con herramientas prácticas que agilicen o solventen una necesidad de los usuarios o de la Fuerza.

## Interoperabilidad

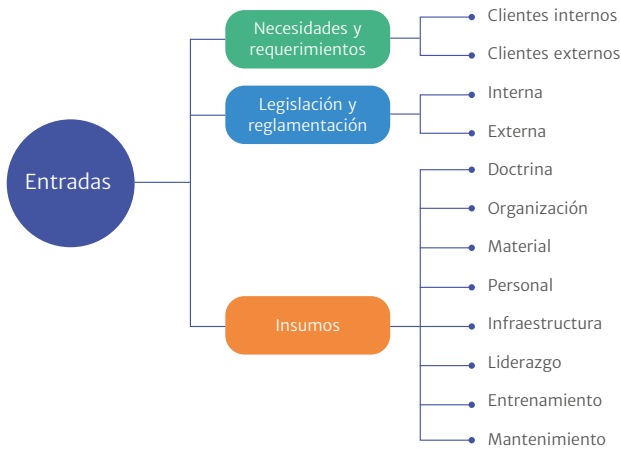
Incrementar formas de intercambio de datos para estandarizar y facilitar la permuta de información y el uso de bancos o bases de datos (MINTIC, 2014).

## Neutralidad tecnológica

Que los medios tecnológicos actuales cumplan con las mismas características e iguales o mejores estándares de calidad (Torres, 2005).

## Entradas

Necesidades de los clientes, legislaciones y reglamentaciones e insumos (figura 34).



**Figura 34.** Entradas para el modelo de gestión de la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 88).

## Necesidades y requerimientos de los clientes

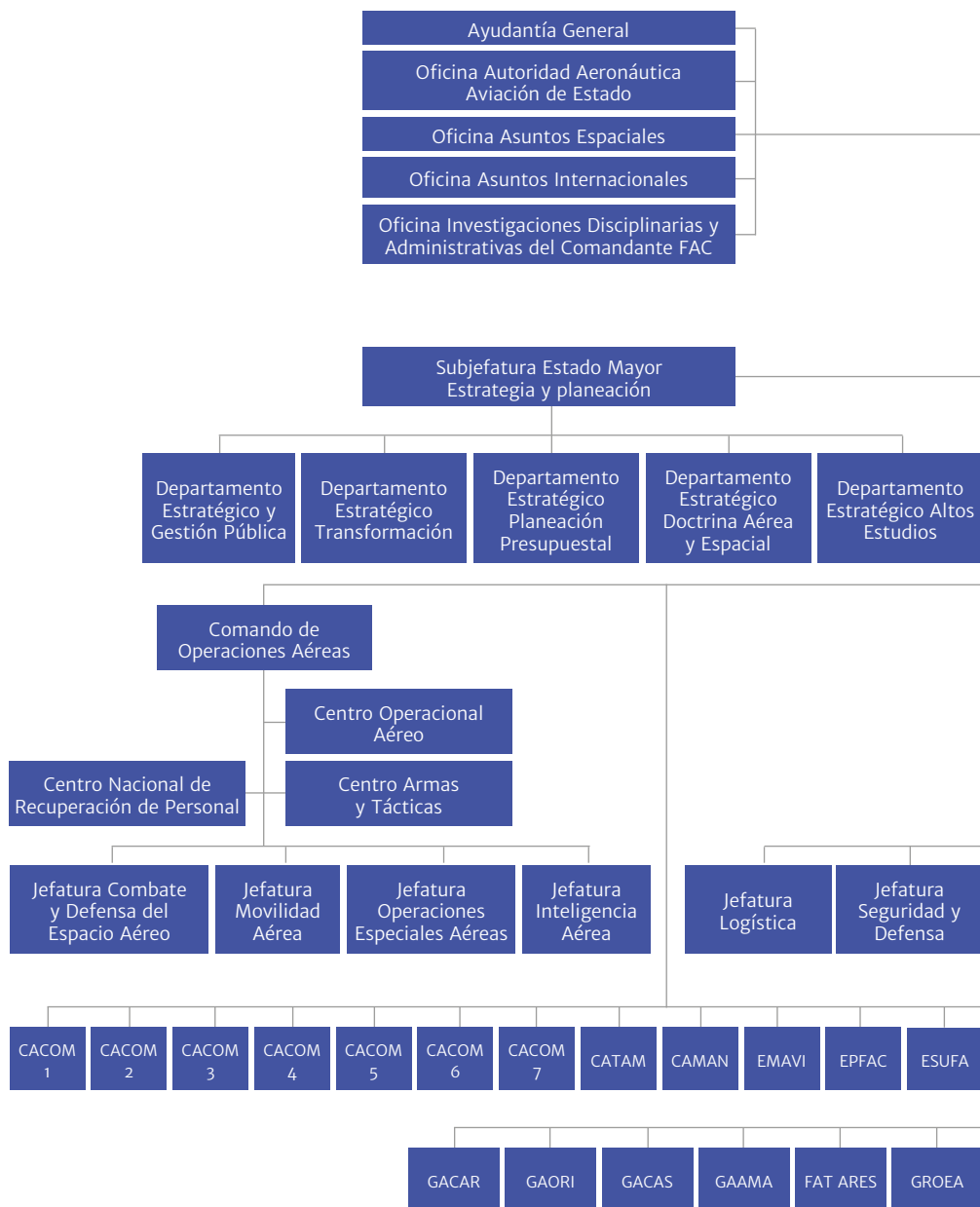
Todos los trabajos que puedan presentarse en el sector pueden ser solicitados por los clientes y serán solventados de acuerdo con las capacidades de la JETIC.

### Clientes internos

Todos aquellos integrantes de la FAC (figura 35).

### Clientes externos

Quienes no sean parte de la FAC: entidades gubernamentales, otras fuerzas militares o de policía, población civil, proveedores, entidades educativas y de investigación, entre otras.

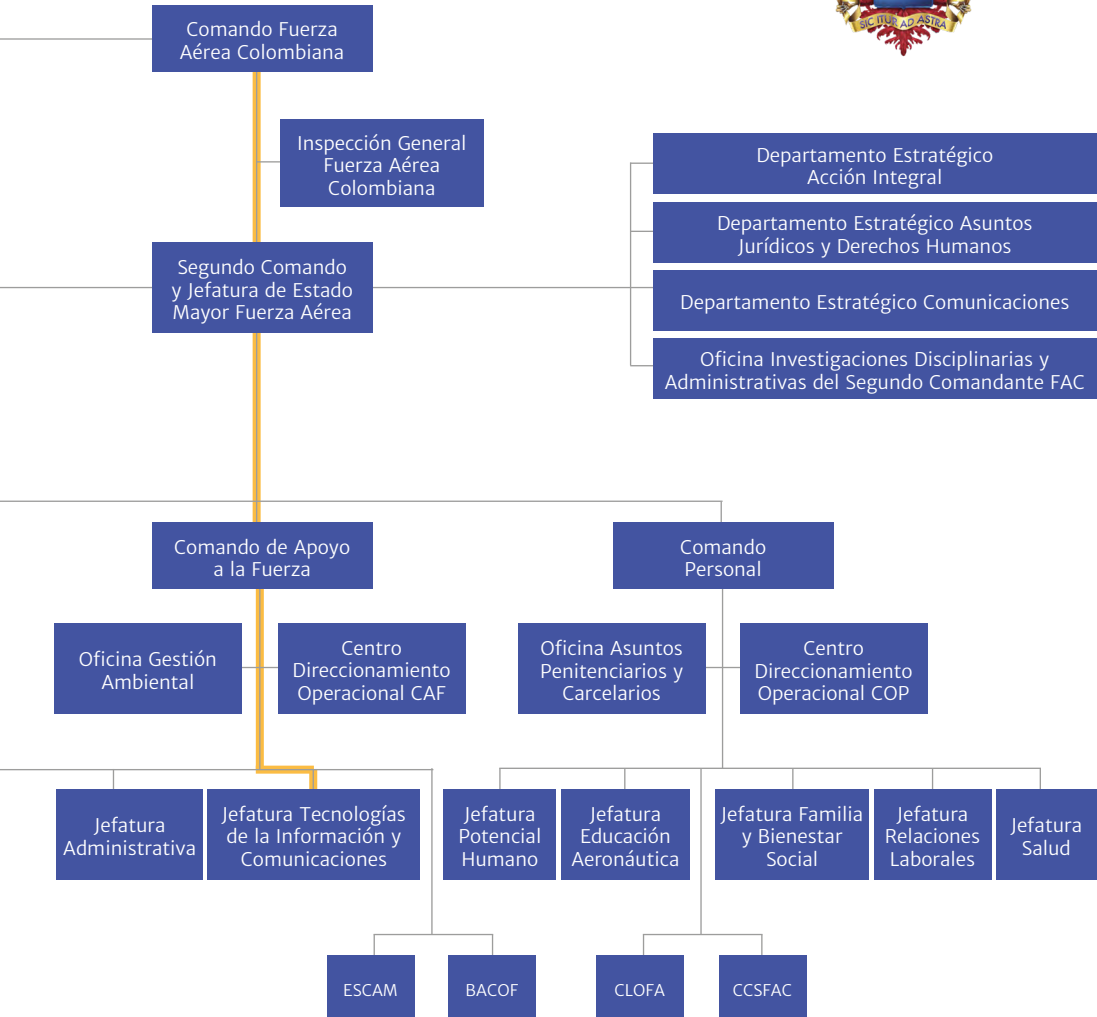


**Figura 35.** Organización de la Fuerza Aérea Colombiana

Fuente: presentación Sección “B” organización y distribución de la FAC TOE n.º 4-00-00-17.



## Estructura organizacional FAC



## Legislaciones y reglamentaciones

Directrices y lineamientos dados por niveles superiores (Gobierno, MINDEFENSA, MINTIC, Comando General de FF. MM., Comando FAC) y la normatividad interna de la jefatura.

## Constitución Política, artículo 217

Soporte legal cuya finalidad primordial en las FF. MM. es brindarles legitimidad.

## Leyes

En la tabla 3 se muestran tres leyes importantes para la JETIC.

**Tabla 3.** Leyes que aplican a la normatividad de la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (JETIC)

Ley 1.940 del 2018	Define el presupuesto, los recursos de capital y la ley de apropiaciones del 2019. Esta ley designa el presupuesto asignado para los proyectos que se desarrollarán a lo largo del año.
Ley 1.928 del 2018	Aprueba el convenio sobre la ciberdelincuencia adoptado en Budapest. Es de relevancia para el actuar de la dirección de seguridad de la información, para alinearse a los lineamientos internacionales a fin de poder combatir conjuntamente estos delitos y aplicar medidas con el propósito de impedir la proliferación en el país.
Ley 527 de 1999	Trata sobre el uso y acceso a mensajes y datos, firmas digitales y comercio electrónico, le brinda lineamientos a la dirección de la arquitectura de la información para establecer políticas en el desarrollo de nuevos aplicativos y actualización de estos.

Fuente: *Lasso (2019, p. 90)*.

## Decretos

Los decretos dan lineamientos en diferentes campos.

**Tabla 4.** Decretos que aplican a la normatividad de la Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (JETIC)

Decreto 1.078 del 2015	En el cual expide el decreto que reglamenta el sector de TIC. Este decreto es parte fundamental para la creación de estrategias y las políticas a seguir en la JETIC.
Decreto 1.370 del 2018	Trata sobre la definición de límites máximos para exposición de personas frente a campos electromagnéticos que son generados por estaciones de radiocomunicaciones. La Dirección de Tecnologías debe buscar no exceder los límites permitidos en cuanto a los campos electromagnéticos emitidos por los equipos de comunicaciones que maneja la FAC.

*Continúa*

Decreto 1.008 del 2018	El cual dicta lineamientos de políticas de gobierno digital; este es un decreto complementario y aclaratorio al Decreto 1.078 del 2015.
Decreto 704 del 2018	Presenta la creación de la comisión intersectorial para desarrollar una economía digital, este decreto define la comisión intersectorial, que recomendará, formulará e implementará políticas de relevancia frente a la cuarta revolución industrial (MINTIC, 2019, s. p.).
Decreto 694 del 2018	Trata sobre el bloqueo de equipos terminales móviles utilizados al interior de centros carcelarios. Este decreto es importante porque se tiene uno de estos establecimientos en el Comando Aéreo de Combate n.º 2.

Fuente: Lasso (2019, p. 91).

## Resoluciones

**Tabla 5.** Resoluciones que aplican a la normatividad de la JETIC

Resolución 774 del 2018 ANE	Concreta los límites de exposición a campos electromagnéticos y reglamenta las condiciones óptimas a cumplir en estaciones radioeléctricas; también define normas para la instalación de antenas en radiocomunicaciones. Esta resolución permite controlar los límites establecidos en los equipos a cargo de la dirección de apoyo al comando y control y en la DITEC, lo que mantiene seguro al personal expuesto a esos equipos.
Resolución 361 del 2018 ANE	Por la cual se actualiza el Cuadro de Bandas Frecuencias a Nivel Nacional (CNABF). La dirección de tecnologías de información requiere la información para realizar los proyectos de compra de equipos según las bandas de frecuencia asignadas a la FAC para requerimientos de seguridad y control.
Resolución 3.560 del 2018 MINTIC	Por la cual se adecúa el comité para el control del fondo de TIC y se deroga documento Resolución 161 de febrero del 2016.
Resolución 3.532 del 2018 MINTIC	Por la cual se constituye el comité interno de programación presupuestal del ministerio-fondo de TIC.
Resolución 3.460 del 2018 MINTIC	Por la cual se actualizan normas referentes a Tablas de Retención Documental (TRD) del Ministerio-fondo de TIC y se deroga la Resolución n.º 2.929 de 2016.
Resolución 3.278 del 2018 MINTIC	Por la cual se regula el comité asesor en materia de ccTLD.co. Es importante porque define el dominio de Internet que se emplea en el país.
Resolución 3.213 del 2018 MINTIC	Donde se adopta como fuente oficial de información de interés con objetivos e indicadores tomados del plan de acción del MINTIC.
Resolución 2.437 del 2018 MINTIC	Por la cual se estructuran grupos de trabajo y se dan funciones a dicho personal en MINTIC. El conocimiento de las funciones de dicho personal es necesario para tener una guía en caso de existir un requerimiento especial y poder dirigirse a la dependencia encargada.
Resolución 2.133 del 2018 MINTIC	Por la cual se establecen las condiciones especiales del teletrabajo en el MINTIC. Es importante conocer las nuevas directrices en teletrabajo para romper paradigmas y brindar nuevas herramientas que permitan expandir las capacidades que se tienen en JETIC.

Continúa

Resolución 1.977 del 2018 MINTIC	Define la adopción de medidas para realizar una ordenación del espectro radioeléctrico a nivel técnico en radiodifusión sonora, y se actualiza el plan técnico nacional en una amplitud modulada (AM), y también en frecuencia modulada (FM) para realizar radiodifusión. La FAC posee dos emisoras en áreas alejadas del país, por lo cual debe mantenerse los lineamientos establecidos para el manejo de dicho espectro.
Resolución 911 del 2018 MINTIC	En esta se actualiza el modelo integrado de gestión del MINTIC. Este modelo tiene herramientas de medición que permiten ajustar la JETIC a los requerimientos gubernamentales.
Resolución 0891 del 16 de marzo del 2009 MDN	Trata de la creación del Comité de Integración de Tecnologías de Información y Comunicaciones (CITI) en el sector de defensa, donde se fijan políticas y lineamientos en servicios TIC. Esta dependencia da aval y controla los proyectos conjuntos en las Fuerzas Militares.

Fuente: Lasso (2019, p. 92).

## Acuerdos

En la tabla 6 se establecen los acuerdos referentes a la regulación y normatividad para el archivo de documentación en las organizaciones.

**Tabla 6.** Acuerdos que aplican a la normatividad de la JETIC

Acuerdo 3 del 2015 archivo	Brinda lineamientos para la gestión de documentos electrónicos usados en toda organización que emplea medios electrónicos para su elaboración.
Acuerdo 2 del 2014 archivo	Por el cual se definen las normas cuando se crean, organizan, controlan y consultan expedientes de un archivo. Se tiene en cuenta este acuerdo, ya que se proyectará en la JETIC la realización del archivo de manera digital por medio de una aplicación.

Fuente: Lasso (2019, p. 93).

## Circulares y planes

Circular que expone el plan de gestión de riesgos ante catástrofes para entidades públicas expuesto en la tabla 7 y en la tabla 8 se listan los planes nacionales para la organización territorial del Gobierno.

**Tabla 7.** Circulares que aplican a la normatividad de la JETIC

Circular 6 del 2018 MINTIC	Planes de contingencia en atención de desastres, tanto en las entidades públicas como en las privadas.
----------------------------	--

Fuente: Lasso (2019, p. 94).

**Tabla 8.** Planes que aplican a la normatividad de la JETIC

Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022	Mediante el cual se brinda un curso de acción que se trabajará para aumentar la calidad de vida de forma global en el pueblo colombiano.
Plan Estratégico de Tecnologías de Información 2018–2022	Por el cual la JETIC muestra su composición, planes de trabajo e infraestructura.

Fuente: Lasso (2019, p. 94).

## Disposición y decisión

Documento que legaliza la reestructuración de la organización de la FAC en la tabla 9 y en la tabla 10 se muestra la decisión de la comunidad andina sobre protección de derechos de autor.

**Tabla 9.** Disposición que aplica a la normatividad de la JETIC

---

Disposición 061 del 22 de diciembre del 2017	En la que se reforma la organización estructural de la FAC.
--	---

---

Fuente: *Lasso (2019, p. 95).*

**Tabla 10.** Decisión que aplica a la normatividad de la JETIC

---

Comunidad Andina	Decisión 351 de 1993 CCAN: derechos de autor y derechos conexos.
------------------	--

---

Fuente: *Lasso (2019, p. 95).*

## Documentos

Los documentos en la tabla 11 son guías para la implementación y el uso de nuevas tecnologías. Alinean el trabajo y la normatividad de la JETIC con los del Gobierno nacional.

**Tabla 11.** Documentos que aplican a la normatividad de la JETIC

---

Documento 3 del 2018 MINTIC	Se presenta el manual de gobierno digital que da guías para el establecimiento de políticas de gobierno digital, el cual se fundamenta la construcción del Plan de Tecnologías de Información (PETI).
Documento 2 del 2018 MINTIC	Guía de computación en la nube como base para la administración y el uso de la nueva herramienta Office 365.
Documento 3.650 del 2010 DNP	Importante para la alineación que sugiere la estrategia de gobierno en línea, con la cual se basa la presentación de datos abiertos y el diseño en la arquitectura <i>software</i> para las aplicaciones que se desarrollan en la JETIC.
Documento 3.506 del 2008 DNP	Lineamientos para fortalecer los servicios comunitarios de radiodifusión sonora, aplicables a las emisoras que maneja la FAC.

---

Fuente: *Lasso (2019, p. 95).*

## Modelos

La tabla 12 muestra dos modelos muy importantes para el desarrollo de la investigación, dado que son los referentes principales para la caracterización

del modelo de gestión para la JETIC, teniendo en cuenta el modelo de gestión de la FAC y el modelo integrado de gestión pública.

**Tabla 12.** Modelos que aplican a la normatividad de la JETIC

Modelo Integrado de Planeación y Gestión Pública (MIGP)	Permite realizar la dirección, planeación, ejecución y control, al hacer seguimiento y evaluación a la gestión en las entidades públicas, y en la calidad e integridad de los servicios prestados a fin de generar un mejor valor para el público.
Modelo de Gestión de la Fuerza Aérea Colombiana	Busca liderar mediante el rediseño de los procesos y el estudio de las actividades de las dependencias en la FAC para conformar los procesos gerenciales, misionales y de apoyo.

Fuente: Lasso (2019, p. 96).

## Insumos

Son necesarios para el soporte de las capacidades disponibles en la jefatura y pueden ser clasificados según la doctrina DOMPILEM.

## Componente estratégico del modelo de gestión de la JETIC

Está compuesto por las políticas de gobierno, las políticas del Comando General de las Fuerzas Militares (COGFM), el modelo de gestión de la Fuerza, la normatividad interna de la jefatura y un sistema de calidad aplicado, representado en la figura 36.



**Figura 36.** Componente estratégico del modelo de gestión de JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 97).

## Políticas de gobierno

Se resaltan el Plan Nacional de Desarrollo (PND) “Pacto por Colombia, pacto por la equidad” 2018–2022 y la Política de Seguridad y Defensa (PDS). Estas directrices afectan de forma directa la actividad de las entidades públicas. Aquí solo se nombrarán los títulos que permiten entender los objetivos que se adoptarán. Se resaltan los pactos II, V y VII, que no pueden desconocerse en la JETIC (figura 37).

Pacto	Puntos relevantes
II. Pacto por el emprendimiento, la formalización y la productividad: una economía dinámica, incluyente y sostenible que potencie todos nuestros talentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>B. Transformación empresarial: desarrollo productivo, innovación y adopción tecnológica para la productividad.</li> <li>D. Estado simple: menos trámites, regulación clara y más competencia.</li> </ul>
V. Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Desarrollo de sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces.</li> <li>B. Más ciencia, más futuro: compromiso para duplicar la inversión pública y privada en ciencia, tecnología e innovación.</li> <li>C. Tecnología e investigación para el desarrollo productivo y social.</li> <li>D. Innovación pública para un país más moderno.</li> </ul>
VII. Pacto por la transformación digital de Colombia: Gobierno, empresas y hogares conectados con la era del conocimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Colombia se conecta: masificación de la banda ancha e inclusión digital de todos los colombianos.</li> <li>B. Hacia una sociedad digital e industria 4.0: por una relación más eficiente, efectiva y transparente entre mercados, ciudadanos y Estado.</li> </ul>

**Figura 37.** Pactos relevantes del Plan Nacional de Tecnologías de la Información para la PDS

Fuente: *Lasso (2019, p. 98)*.

## Política de seguridad y defensa para la legalidad, el emprendimiento y la equidad

Articulación de herramientas tecnológicas y la innovación que son esenciales, según las necesidades estratégicas, las prioridades nacionales y la disponibilidad de recursos (MINDEFENSA, 2019a). Implica potencializar las herramientas para la proyección y planeación, al igual que la actualización progresiva de la plataforma tecnológica y la capacidad instalada.

## Ejes de la transformación estratégica

Como ejes de la transformación estratégica se tienen los siguientes:

- Seguridad cooperativa: la gestión de riesgo digital es una responsabilidad que involucra a todos los actores. Se realiza cooperación con otros países para actuar bajo el principio de responsabilidad compartida y efectuar operaciones de manera articulada.
- Innovación, ciencia y tecnología: los recursos adquiridos con los avances en las disciplinas de ciencia y tecnología, además de la creación de una cultura de innovación, son un componente vital en la transformación estratégica, en la investigación, la generación de un conocimiento y en la adopción de los progresos que se realizan a nivel mundial.

### Objetivos estratégicos

- Garantizar la soberanía, independencia e integridad territorial para consolidar la capacidad de disuasión, fortalecer las capacidades que soportan planes binacionales, la interoperabilidad y operaciones combinadas (MINDEFENSA, 2019a, p. 31).
- Innovar, transformar y fortalecer el sector para la gobernabilidad, la transparencia, el control y la rendición de cuentas con el fin de mantener y elevar capacidades en las fuerzas militares y continuar la transformación (MINDEFENSA, 2019a, p. 32).

### Líneas de política

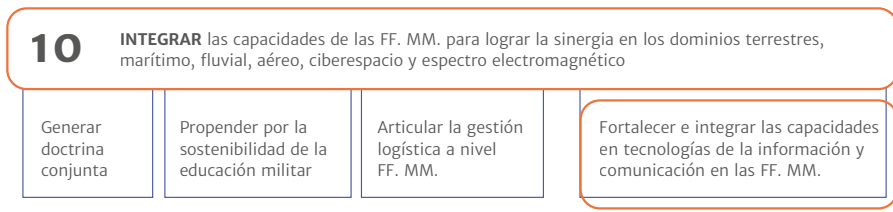
- Disuasión y diplomacia para la defensa y la seguridad: fortalecer los planes binacionales y las capacidades militares de defensa para disuadir la dirección de comando y control a fin de apoyar la operación de los equipos radar TPS-70, TPS-78 y TPS-703, para enfrentar amenazas y asegurar la defensa de los campos terrestre, marítimo, fluvial, aéreo y en el ciberespacio. Con el objetivo de conseguirlo, estas capacidades mencionadas deben converger en un sistema militar capaz de integrarlas y sincronizarlas (MINDEFENSA, 2019, p. 35).
- Fortalecimiento institucional, eficiencia y bienestar: fortalecer el MINDEFENSA mediante la política y el modelo de gestión tecnológica para transformarlo en una entidad digital interconectada, segura y eficiente (MINDEFENSA, 2019) y fortalecer la competitividad en



los sectores empresarial, científico y tecnológico liderados por un gobierno corporativo.

## Políticas de Comando General

La estrategia militar del COGFM está en la figura 38, y es parte del concepto general de esta. Aquí se tiene en cuenta el eje del fortalecimiento de las Fuerzas Militares y la cultura Dante, con el fin de obtener un estado final conjunto que brinde seguridad, defensa disuasiva y una paz estable y duradera.



**Figura 38.** Segmento del concepto general conjunto COGFM

Fuente: Lasso (2019, p. 101).

Para cumplirlo se deben tener en cuenta los objetivos (4) neutralización de los sistemas de amenazas SAP en el teatro interno, mediante el máximo alistamiento de las capacidades de la JETIC; (7) Fuerzas Militares en constante evolución para cumplir su misión; esto se consigue con el proceso de transformación que tiene la FAC, y para la JETIC a través de la fusión entre DICRA y DITIN; (8) unas Fuerzas Militares éticas, íntegras con altos estándares de transparencia, con campañas de socialización y control del riesgo a cargo de la Oficina de Gobierno Corporativo (GOCOP) perteneciente a la JETIC.

## Normatividad de la JETIC

De acuerdo con la presentación del coronel Robert Zambrano Lozano, jefe de División Estratégica y Gestión Pública de la Subjefatura Estado Mayor de Estrategia y Planeación (SEMEP) —28 de febrero de 2018—, esta es la jerarquía documental de la FAC:

**Nivel 1:** manuales que describen el sistema y exponen la política, misión, visión y los objetivos de la organización, además de las características de la dependencia en cuestión.

**Nivel 2:** los procedimientos y la información específica de cada dependencia ¿quién?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde? y ¿por qué efectuar las actividades?

**Nivel 3:** los instructivos, los formatos, las actas, los registros y demás documentos del nivel técnico — cómo se realiza cada una de las actividades de la dependencia—.

Por lo tanto, se propone que cada oficina y dirección de la jefatura elaboren el manual que los registrará. Para el caso de los documentos de nivel 2 y 3 se presenta una propuesta en la descripción del componente operacional. Otros tipos de documentos que usa la FAC se muestran en orden alfabético y con su respectiva nomenclatura en la tabla 13.

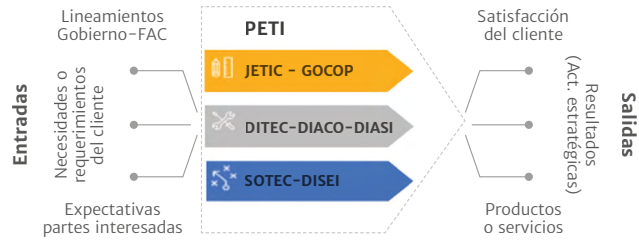
**Tabla 13.** Clases de documentos usados en la Fuerza Aérea Colombiana

Nombre	Abreviatura	Nombre	Abreviatura
Acuerdos de servicio	ADS	Instructivo	INS
Alerta	AL	Ley	LY
Boletín Técnico	BT	Manual	MN
Cartilla	CAR	Mensaje Técnico	MT
Circular	CIR	Norma	NR
Decreto	DR	Normograma	NOR
Directiva Ministerial	DM	Orden permanente	OP
Directiva Permanente	DP	Plan	PL
Directiva Transitoria	DT	Política	POL
Directriz	DIR	Procedimiento	PR
Disposición	DS	Programa	PG
Documento Externo	DEX	Protocolo	PRO
Formato	FR	Publicación Técnica	PT
Guía	GUI	Reglamento	RG
Guía Clínica	GC	Resolución	RS

Fuente: *Lasso (2019, p. 105)*.

## Sistema de gestión de calidad de JETIC

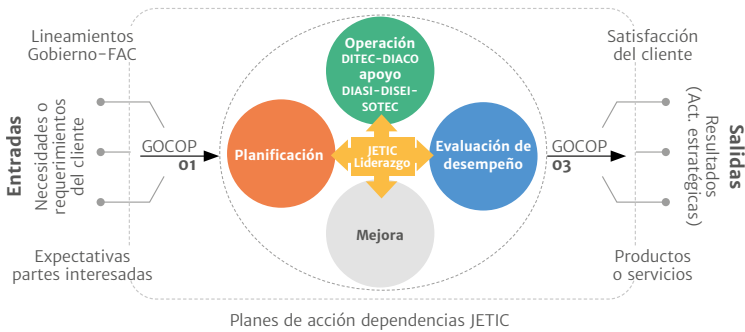
La cadena de valor de la JETIC está en la figura 39. Aunque la FAC no es una empresa comercial, genera valor a los insumos que recibe y que son asignados a sus dependencias. Además, pueden implicar a nivel gerencial, misio-  
nal y de apoyo, que sus procesos logren la satisfacción del cliente.



**Figura 39.** Cadena de valor propuesta para la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 106).

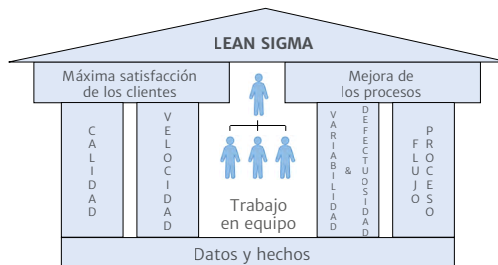
Asimismo, se explica el proceso interno que realiza la JETIC para la satisfacción de requerimientos de los clientes (figura 40).



**Figura 40.** Sistema de Gestión de Calidad de la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 106).

De acuerdo con los requerimientos, GOCOP realiza una planeación para asegurar que los resultados esperados proporcionen directrices a fin de ejecutar los procesos de mejora continua. Una forma de hacerlo es mediante la metodología Lean Six Sigma (figura 41).



**Figura 41.** Metodología Lean Sigma

Fuente: Sandrine (2012).

2. Los planes generados en GOCOP son entregados a las dependencias de producción (DITEC-DIACO) en función de las dependencias operativas de la FAC y apoyo (DIASI-DISEI-SOTEC) en función transversal a la fuerza.

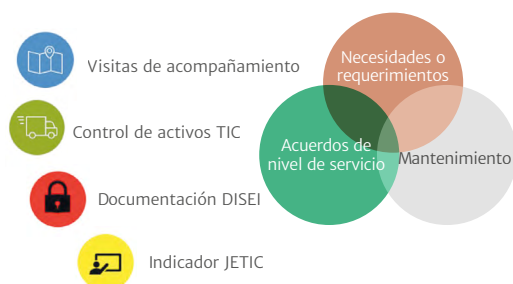
3. Proceso de evaluación y desempeño de las dependencias. Se mide en encuestas o por calificación digital a cargo del GOCOP y SOTEC (mediante la plataforma de trabajo).

4. La mejora se obtiene con base en el análisis realizado de las encuestas de satisfacción, insumo para ajustar los planes de acción. Esto es ajustado por GOCOP y se pasa nuevamente al punto 1.

En todas las etapas del ciclo de calidad está el liderazgo, ejercido por el líder de la jefatura, jefes de oficina y directores de dependencia. En caso de ser actividades no estratégicas para JETIC, el liderazgo está en los más antiguos de cada actividad.

## Componente operacional del modelo de gestión de la JETIC

La figura 42 resume la interacción propuesta entre las dependencias, con tres procedimientos: solución a necesidades y requerimientos, mantenimiento y acuerdos de nivel de servicio que abarcan las actividades más frecuentes en la JETIC. Además, se crearon tres procedimientos: visitas de acompañamiento, control de activos fijos y medición del indicador de JETIC. Por último, se tiene la documentación de DISEI, que no se trata como procedimiento, puesto que las actividades pueden ser resueltas por los requerimientos y necesidades, atendiéndolas con la documentación elaborada.



**Figura 42.** Procedimientos y documentación de acuerdo con el Modelo de Gestión de la Calidad en la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 109).

# Procedimiento para requerimientos y necesidades

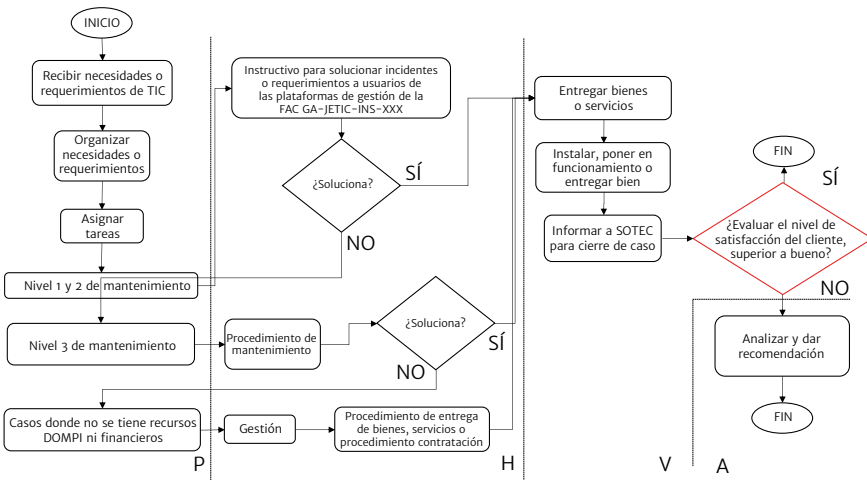
Explica cómo la JETIC realizará las actividades primordiales para recibir-las y darles trámite en consonancia con las necesidades de los clientes. La tabla 14 indica qué recursos, entradas, salidas, proveedores y clientes pueden interactuar en el proceso.

**Tabla 14.** Datos relevantes, procedimiento, requerimientos y necesidades

Recursos	
Doctrina, organización, materiales, personal, infraestructura, liderazgo, entrenamiento y mantenimiento	
Entradas	Salidas
Requerimientos o necesidades de TIC de tipo técnico Manuales técnicos Procedimiento contratación Procedimiento entrega de bienes	Entrega de bienes o servicios
Proveedores	Clientes
Fabricantes de los equipos o sistemas	Dependencias FAC, entidades externas

Fuente: Lasso (2019, p. 109).

La figura 43 describe el proceso para entregar a los clientes los requerimientos solicitados y realizar la evaluación de satisfacción.



**Figura 43.** Diagrama de flujo procedimiento requerimientos y necesidades

Fuente: Lasso (2019, p. 110).

# Procedimiento de mantenimiento preventivo o correctivo de la JETIC

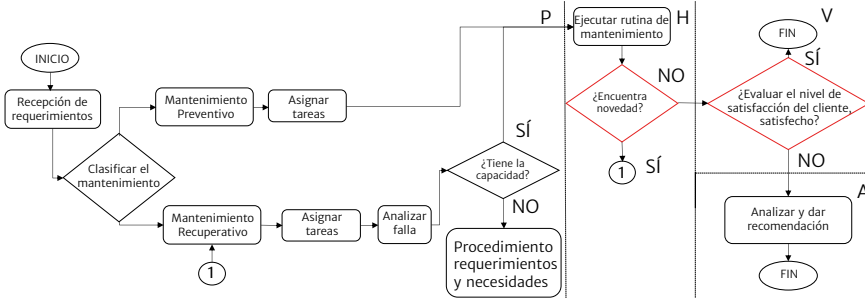
Acciones del mantenimiento en las dependencias, un estándar en la JETIC (tabla 15).

**Tabla 15.** Datos relevantes del procedimiento de mantenimiento preventivo o correctivo de la JETIC

Recursos	
Doctrina, organización, materiales, personal, infraestructura, liderazgo, entrenamiento y mantenimiento	
Entradas	Salidas
Planes de mantenimiento Daños imprevistos Manuales técnicos Procedimiento entrega de bienes	Entrega de bienes o servicios
Proveedores	Cientes
Fabricantes de los equipos o sistemas	Dependencias FAC Entidades externas

Fuente: Lasso (2019, p. 110).

Actividades necesarias para ejecutar mantenimiento preventivo o correctivo. Finaliza en la evaluación de satisfacción del cliente (figura 44).



**Figura 44.** Diagrama de flujo procedimiento de mantenimiento preventivo o correctivo de la JETIC  
Fuente: Lasso (2019, p. 111).

# Procedimiento visitas de acompañamiento de la JETIC

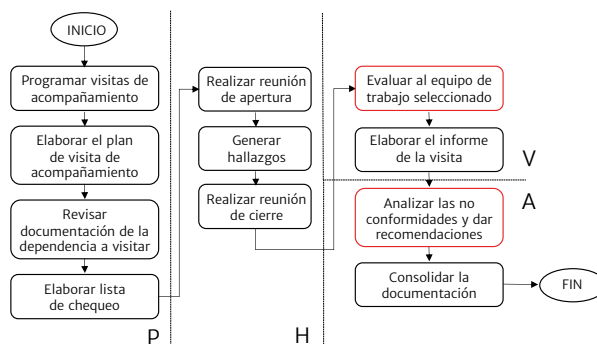
Permite realizar, de forma programada, un sistema de control interno de las UMA, por rutina o por un requerimiento específico. Lleva a mejoras en el proceso general (tabla 16).

**Tabla 16.** Datos relevantes del procedimiento visitas de acompañamiento de la JETIC

Recursos	
Doctrina, organización, materiales, personal, infraestructura, liderazgo, entrenamiento y mantenimiento	
Entradas	Salidas
Información de la dependencia a visitar	Análisis de hallazgos y recomendaciones
Proveedores	Clientes
Dirección de JETIC a cargo de la dependencia a visitar	Dependencias JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 111).

La figura 45 describe las actividades para programar, realizar y dar reporte de visitas de acompañamiento. Finaliza con el análisis de las no conformidades encontradas.



**Figura 45.** Diagrama de flujo procedimiento visitas de acompañamiento de la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 112).

## Procedimiento de acuerdos de servicio de soporte técnico

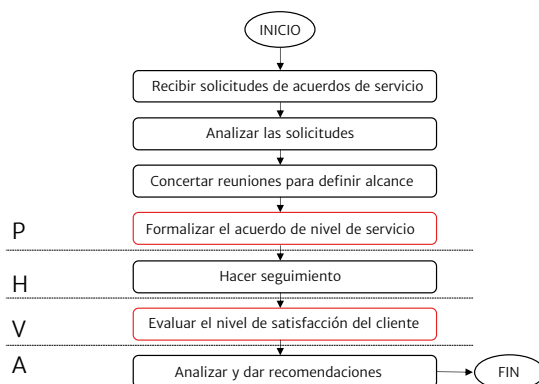
En la tabla 17 se identifica la manera correcta de realizar acuerdos de servicio con los clientes, brindando parámetros de común acuerdo como guía en el desarrollo de la actividad deseada.

**Tabla 17.** Datos relevantes, procedimiento y acuerdos de servicio de soporte técnico

Recursos	
Doctrina, organización, materiales, personal, infraestructura, liderazgo, entrenamiento y mantenimiento	
Entradas	Salidas
Solicitudes acuerdos de servicio	Bienes o servicios
Proveedores	Clientes
Dependencias JETIC	Dependencias FAC o externas

Fuente: Lasso (2019, p. 112).

La figura 46 describe las actividades necesarias para programar, realizar y dar reporte de visitas de acompañamiento. Finaliza con el análisis de las no conformidades encontradas.



**Figura 46.** Diagrama

Fuente: Lasso (2019, p. 113).

## Procedimiento para control de activos de tecnologías de información y comunicación

Es importante que el personal de las UMA y en la JETIC tenga claro los parámetros de control de inventarios de activos TIC. En la tabla 18 se da un listado actualizado de capacidades.

**Tabla 18.** Datos relevantes, control de activos de tecnologías de información y comunicaciones

Recursos	
Doctrina, organización, personal, infraestructura, liderazgo y entrenamiento	
Entradas	Salidas
Información de inventarios activos TIC	Inventarios activos TIC actualizados
Proveedores	Clientes
Centros de distribución logística	Dependencias FAC o externas

Fuente: Lasso (2019, p. 113).

La figura 47 describe las actividades necesarias para programar, realizar y dar reporte sobre las visitas de acompañamiento. Finaliza con el análisis de las no conformidades encontradas.





**Figura 47.** Diagrama de flujo para control de activos tecnologías de la información y comunicaciones

Fuente: Lasso (2019, p. 114).

## Documentación de seguridad informática

DISEI tiene funciones y capacidades que involucran la prestación de servicios transversales a la Fuerza. No se tiene un procedimiento específico, pero son importantes los documentos que emplea en el cumplimiento de sus funciones (tabla 19).

**Tabla 19.** Documentos de Dirección de Seguridad Informática

Directiva permanente seguridad de la información FAC		
Guía metodológica de análisis de riesgos		
Instructiva gestión de incidentes de seguridad.	Instructivo control de ingreso a área protegida.	Instructivo inventario y clasificación de activos informáticos.

Fuente: Lasso (2019, p. 114).

## Procedimiento para calcular el indicador KPI de la JETIC

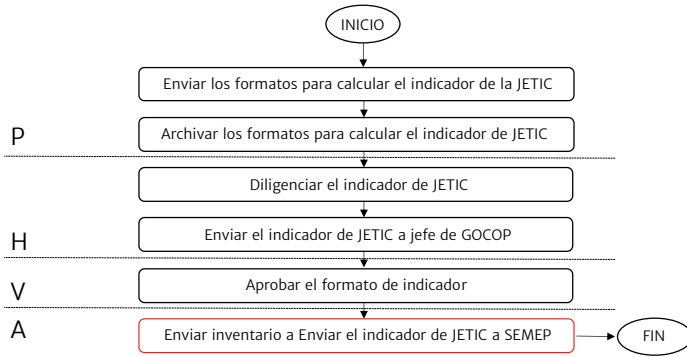
Un indicador KPI es una variable que puede ser contabilizada y comparada con el fin de realizar el seguimiento de objetivos en un tiempo determinado (Universidad de los Andes, 2015, p. 2). Es importante para que las UMA y la JETIC tengan claro los parámetros para el control de inventarios de activos TIC y tener acceso rápido de las capacidades actualizadas. Ayuda a calcular un indicador de alistamiento (tabla 20).

**Tabla 20.** Datos relevantes procedimiento para calcular el indicador de la JETIC

Recursos	
Doctrina, organización, personal, infraestructura, liderazgo y entrenamiento	
Entradas	Salidas
Formatos de operatividad y alistamiento	Indicador de JETIC
Proveedores	Cientes
UMA, DITEC, DIACO y DIASI	SEMEP COGFM

Fuente: Lasso (2019, p. 115).

La figura 48 describe las actividades necesarias para programar, realizar y dar reporte de visitas de acompañamiento. Finaliza con el análisis de las no conformidades encontradas.



**Figura 48.** Diagrama de flujo procedimiento para calcular el indicador de la JETIC

Fuente: Lasso (2019, p. 116).

## Indicadores

Según el plan Victoria Plus, propuesto en el concepto general conjunto del CGFM, la JETIC tiene como objetivo mantener máximo alistamiento de las capacidades adquiridas. También se tiene en cuenta el indicador de sistemas de información y el de los sistemas electrónicos de seguridad, calculados directamente en la JETIC.

Los anteriores datos reflejan las variables de alistamiento que define el indicador en cada una de las unidades militares de la FAC, que se basa en las capacidades de la JETIC, los cuales dan como resultado un indicador de TI, que define la gestión desarrollada, dirigida y apoyada en la JETIC. Así se

encuentra el porcentaje asignado a cada capacidad, más los indicadores de sistemas de información y sistemas electrónicos de seguridad que permiten obtener el indicador de TI en las siguientes proporciones:

$$\text{Indicador TI} = \text{Radares} * 30 \% + \text{Radioayudas} * 20 + \text{Comunicaciones} * 15 \% + \text{Ayudas Aeroportuarias} * 20 \% + \text{Sistemas Electrónicos de Seguridad} * 5 \% + \text{Sistemas de Información} * 10 \%$$

## Riesgos

Según la norma NTC-ISO 31.000, el riesgo son los posibles efectos derivados de la incertidumbre sobre los objetivos (ICONTEC, 2011, p. 4). La JETIC tomó aspectos importantes: riesgo de JETIC, riesgos operacionales y riesgos de seguridad digital. Las tablas 21, 22 y 23 definen los riesgos, los controles sobre los riesgos y las acciones del plan de tratamiento para cumplir dichos controles. Esta información fue recopilada en la quinta reunión precedida por el brigadier general jefe de la JETIC (Club de Oficiales FAC, el 16 de febrero del 2018).

**Tabla 21.** Riesgos del proceso

Riesgo	Controles	Acciones - plan de tratamiento
Proporcionar bienes y servicios sin las condiciones requeridas.	1. Monitoreo de los servicios tecnológicos en la herramienta ORION.	Reporte de disponibilidad. Reporte corrección novedades presentadas. Políticas, actas UMA.
	2. Análisis del <i>performance</i> de las estaciones radar.	Auditoría Sistema RS3 (análisis de altura). Informe del resultado del análisis y correcciones. Informe.
	3. Disponibilidad de los sistemas de comando y control.	Monitoreo Administradores del Sistema. Informe.
	4. Usuarios no satisfechos con el soporte técnico.	Monitoreo Sistema Aranda Informe.
	5. Certificación de las ayudas visuales y radio ayudas de los aeródromos.	Programa de calibración anual. Formato de calibración de radio ayudas y ayudas visuales de los aeródromos FAC en tierra. Informe.
	6. Disponibilidad de los sistemas de información misionales.	Formato de disponibilidad de sistemas de información. Informe.

Fuente: Lasso (2019, p. 117).

**Tabla 22.** Riesgo de Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (JETIC)

Riesgo	Controles	Acciones - plan de tratamiento
Campañas de sensibilización al interior de la JETIC.	Campaña para prevención de la corrupción.	Actas de realización de la campaña.

Fuente: *Lasso (2019, p. 118)*.

**Tabla 23.** Riesgos de seguridad digital

Riesgo	Controles	Acciones - plan de tratamiento
Pérdida de la disponibilidad, confidencialidad e integridad de Información.	1. Elaboración de un plan de seguimiento para los administradores de servicios tecnológicos.	Realizar auditorías internas a los administradores de los servicios tecnológicos (sistemas de información, correo electrónico, control de autorizaciones, <i>firewall</i> , Internet, permisos extracción de información, actas).
	2. Socializaciones políticas de seguridad informática.	Actas de socialización de las UMA.

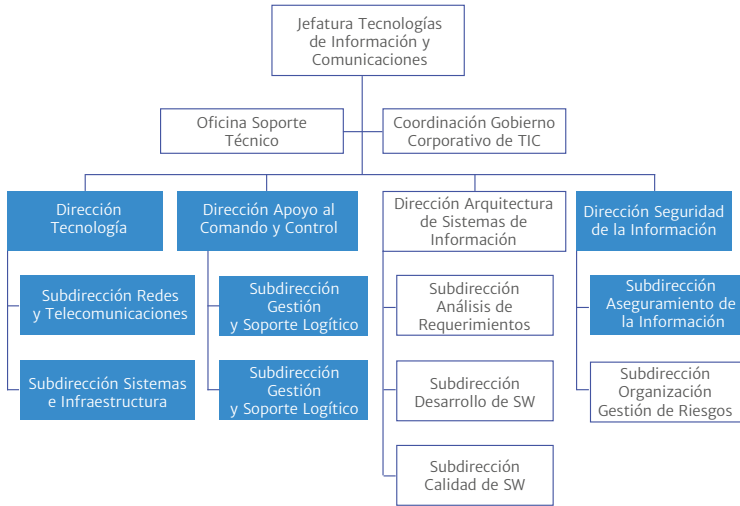
Fuente: *Lasso (2019, p. 118)*.

## Componente táctico del Modelo de Gestión de la JETIC

Contempla cómo será la organización de una UMA, como réplica de la organización a nivel operacional. Aquí se muestra el organigrama propuesto para los Escuadrones de Tecnologías de Información y Comunicaciones (ESTIC) en las UMA, la misión que se propone y las capacidades que pueden ofrecer.

## Organigrama de escuadrones de Tecnologías de Información y Comunicaciones

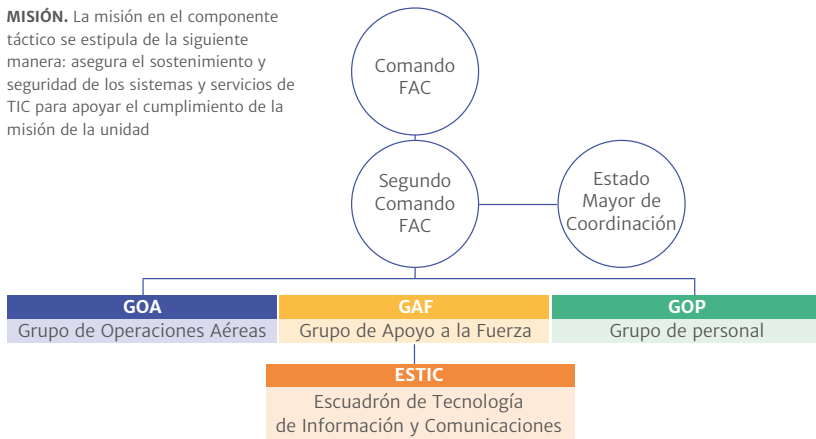
En color azul (figura 48), las dependencias del nivel operacional para ser replicadas a nivel táctico —DITEC, DIACO y DISEI—. GOCOP, SOTEC y DIASI son dependencias del nivel estratégico, dado que involucran capacidades transversales en la FAC.



**Figura 48.** Organigrama Jefatura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (JETIC)  
Fuente: Lasso (2019, p. 119).

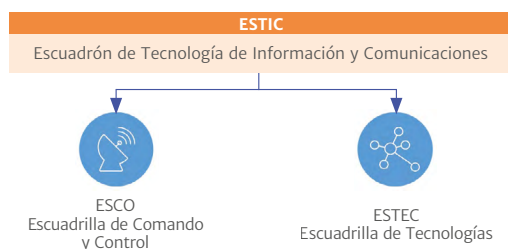
La organización de los ESTIC en las unidades se propone en la línea de mando (figura 54), los grupos de operaciones y el grupo de personal es relacionado como ejemplo; no deben ser contemplados en la propuesta, dado que no son alcance del trabajo.

**MISIÓN.** La misión en el componente táctico se estipula de la siguiente manera: asegura el sostenimiento y seguridad de los sistemas y servicios de TIC para apoyar el cumplimiento de la misión de la unidad



**Figura 49.** Propuesta, organigrama Unidad Militar Aérea  
Fuente: Lasso (2019, p. 120).

En la figura 50 se muestra el organigrama del ESTIC compuesto por dos escuadrillas: comando y control y tecnología, que involucran a DIACO y DITEC, respectivamente. DISEI se verá reflejado en el comandante del ESTIC, quien cumplirá las funciones de oficial de seguridad, pues ninguna otra capacidad de DISEI será contemplada a nivel táctico.



**Figura 50.** Organigrama del Escuadrón de Tecnologías de Información y Comunicaciones

Fuente: *Lasso (2019, p. 120)*.

## Capacidades de escuadrones de Tecnologías de Información y Comunicaciones

### Capacidades generales

Aquellas que deben cumplirse en las UMA:

- Brindar soporte y mantenimiento nivel 1 en sistemas y servicios de TIC.
- Prevenir amenazas cibernéticas que afecten la infraestructura tecnológica.
- Brindar servicios de comunicaciones —voz, video y datos— eficientes.
- Apoyar tecnológicamente el mando y control de la unidad para tomar decisiones en el desarrollo de operaciones.

### Capacidades Escuadrilla de Tecnologías

Dan apoyo al comando y control de las unidades. No en todas las UMA se tienen las mismas capacidades. Están en mantenimiento para radares, equipos de radioayudas y estaciones meteorológicas, luces de pista y de rampa y barreras de frenado como se presenta en la figura 51.



**Figura 51.** Capacidades escuadrilla de comando y control

Fuente: Lasso (2019, p. 122).

## Capacidades Escuadrilla de Comando y Control ESTEC

En la figura 52 se representan las comunicaciones, redes e infraestructura, las cuales se encuentran en la mayoría de las UMA. Comunicaciones militares, canales, red integrada de comunicaciones (RIC), canales dedicados y wifi, sistemas electrónicos de seguridad, redes y cableado estructurado, consolas vcs, telefonía, videoconferencia y sistemas de información.



**Figura 52.** Capacidades Escuadrilla de Tecnologías

Fuente: Lasso (2019, p. 122).

## Tabla de organización y equipo en las unidades militares aéreas

No hay una TOE aprobada para las UMA, por lo que se propone el siguiente personal:

### Escuadrón de Tecnologías de la Información y Comunicaciones

Un oficial cumplirá funciones de oficial de seguridad de la información.

- Comandante escuadrón tecnologías de la información y comunicaciones.

### Escuadrilla de Comando y Control

Requiere dos oficiales y una tripulación básica de diez suboficiales:

- Comandante escuadrilla de comando y control.
- Técnico especialista en mantenimiento radar.
- Técnico operario en mantenimiento radar.
- Técnico especialista en radio ayudas y ayudas aeroportuarias.
- Técnico operario en radio ayudas y ayudas aeroportuarias.

### Escuadrilla de Tecnología

ESTEC requiere al menos un oficial y seis suboficiales. Lo ideal es que se tengan dos oficiales y un suboficial por cada capacidad:

- Comandante escuadrilla de tecnología.
- Técnico especialista en redes y comunicaciones unificadas.
- Técnico operario en redes y comunicaciones unificadas.
- Técnico especialista en comunicaciones aeronáuticas.
- Técnico operario en comunicaciones aeronáuticas.
- Técnico especialista en sistemas electrónicos de seguridad.
- Técnico operario de sistemas electrónicos de seguridad.
- Técnico operario audiovisual.



- Técnico especialista en seguridad informática.
- Técnico especialista en servicios TIC.
- Técnico operario en servicios TIC.

## Pilares transversales

El modelo de gestión de la JETIC necesita que se cumplan tres pilares transversales en los diferentes niveles de la institución: liderazgo, control interno, uso y apropiación.

### Liderazgo

Los líderes están en las actividades que se realizan en cada oficina y se encuentran a todo nivel. El líder de la JETIC debe cumplir con el siguiente apartado de Cuesta (2013), debe mantenerse altamente capacitado en cuanto al acrecentamiento de valores y ética, la expresión oral, el desarrollo de la capacidad para atender y escuchar al personal subalterno y conocimiento del perfil y las capacidades de cada uno de ellos, para desarrollarlas y poder potenciar el trabajo en la organización (p. 84).

### Control interno

Al identificarse y evaluarse los riesgos pueden definirse actividades para controlarlos, para disminuir dichos riesgos y el efecto negativo que generarían al materializarse (García, 2007). La JETIC tiene los riesgos identificados y los planes de acción establecidos a fin de contrarrestarlos. Sin embargo, no todos los riesgos pueden ser identificados y para eso se desarrollan actividades de control, visitas de acompañamiento y la realización de planes de acción. Esta actividad es continua y si el hallazgo excede las capacidades o límites de la JETIC debe ser tratado con el ente superior correspondiente hasta encontrar la solución.

### Uso y apropiación

Sébastien Proulx (citado en González-González, 2007, p. 47) afirma que “se debe entender el uso como la manera como los agentes hacen suya una tecnología al incorporarla a sus actividades de producción”. Esta sería la principal meta de DIASI en cuanto al producto entregado representado en el desarrollo de herramientas *software*. Hay que realizar campañas de difusión

de los nuevos sistemas de información al personal de la dependencia solicitante. Esta actividad, aunque se identifica de preferencia con DIASI, también es aplicable a cualquier dependencia de la JETIC que entregue un producto a los clientes.

## Salidas

### Bienes

Entrega o puesta en funcionamiento de nuevas capacidades adquiridas, suministro de insumos y equipos o requerimientos de sistemas de información nuevos para la operación.

### Servicios

Informes y mantenimiento a la capacidad instalada o a los sistemas de información a cargo de la JETIC.

## Medida de la eficiencia del proceso

Satisfacción de los clientes al recibir los requerimientos, medida con encuestas de las plataformas actuales o los formatos creados para tal fin.

## Conclusiones

El modelo fue aceptado por el alto mando de la jefatura y la implementación permitió:

- Nivelar cargas de trabajo del personal de la jefatura en la organización.
- Ajustar los procesos internos para hacerlos más eficaces.
- Administrar los recursos de una manera más eficiente.
- Eliminar duplicidad de funciones.
- Realizar una asignación de responsabilidades específicas de acuerdo con el perfil del personal de la jefatura.

Con la nueva organización se pudo determinar las brechas existentes para la automatización de procesos de importancia en la Fuerza, como lo son el operacional, administrativo, apoyo y control.

El modelo de gestión propuesto permitió a la JETIC:

- Desarrollar procedimientos para atender necesidades de los clientes.
- Un liderazgo descentralizado y a la vez subordinado con órdenes claras.
- Mediciones más eficientes con los datos de cada procedimiento implementado.

El modelo de gestión brinda una herramienta para realizar actividades de planeación, desarrollo, evaluación y seguimiento que ayudarán a encontrar mejoras a las desviaciones en los proyectos de la JETIC. Asimismo, la tecnología debe ser un valor estratégico, porque potencializa las capacidades ya adquiridas. Además, la información debe ser más confiable, oportuna y detallada. Por otra parte, es necesario permitir realizar ajustes al manual de funciones de la jefatura con mayor facilidad. Finalmente, este ofrece una visión global de la jefatura, lo cual admite ubicar nuevas responsabilidades de forma rápida y acertada, vinculando los respectivos cambios en cada componente del modelo.

## Recomendaciones

Cada parte del modelo de gestión es susceptible de tener su propio estudio para ampliar el área de conocimiento. Por lo tanto, es importante continuar con el almacenamiento de archivos y análisis de la documentación, para compilar información y obtener una trazabilidad de las acciones llevadas a cabo, que permitan generar acciones de mejora.

## Referencias

- Advisera. (2021, 30 de abril). *¿Qué es ITIL? Descubra una explicación y definición simple de ITIL*. Academy. <https://advisera.com/20000academy/es/que-es-til/>
- Amaru, A. C. (2009). *Fundamentos de administración*. Editorial Pearson.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Beckhard, R. (1969). *Organization Development: Strategies and Models*. Addison-Wesley.
- Castro, A. [Kipoint Solutions Channel] (2017, 2 de enero). *Fundamentos ITIL* [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=gVS9sIOHvDg>

- Cassini, R. (2008). *Definición de modelo de gestión. Qué es, significado y concepto*. <https://definicion.de/modelo-de-gestion/>
- Certo, S. (2010). *Administración Moderna*. McGraw-Hill.
- Congreso de Colombia. (1999, 18 de agosto). *Uso de medios electrónicos*. [Ley 527 de 1999]. DO: 43.673.
- Daft, R., & Marcic, D. (2010). *Introducción a la administración*. Cengage Learning.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2015). *Indicadores básicos de tenencia y uso de Tecnologías de la Información y Comunicación — TIC — en hogares y personas de 5 y más años de edad 2014*. DANE. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol\\_tic\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol_tic_2014.pdf)
- Departamento Administrativo nacional de Estadística. (2018). *Indicadores básicos de tenencia y uso de Tecnologías de la Información y Comunicación — TIC — en hogares y personas de 5 y más años de edad 2017*. DANE. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol\\_tic\\_hogares\\_2017.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol_tic_hogares_2017.pdf)
- Fuerza Aérea Colombiana. (2017). *La Logística, soporte esencial para el desarrollo de operaciones exitosas*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.fac.mil.co/en/node/40410>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2021a). *Misión, visión y funciones*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.FAC.mil.co/es/conozcanos/mision-vision-y-funciones>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2021b). *Principios y valores*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.FAC.mil.co/es/conozcanos/principios-y-valores>
- García, D. (2007, 30 de abril). *Componente 3: actividades de control*. Biblioteca Virtual de Derecho. <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/852/ACTIVIDADES%20DE%20CONTROL.htm>
- Gehisy. (2016, 9 de octubre). *La ISO 9.001:2015 punto por punto*. Calidad y ADR. <https://aprendiendocalidadyadr.com/la-iso-90012015-capitulo-9/>
- Giraldo, W. (2018). *Seminario doctrina Damasco*. Escuela de Doctrina Ejército.
- González-González, E. L. (2007). *Uso, difusión y apropiación de las tecnologías de la información y comunicación en México: una aproximación desde un enfoque socio-técnico*. [Tesis doctoral, El Colegio de México]. [https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/6395w731z?f%5Bsubject\\_sim%5D%5B%5D=Empresas&locale=es](https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/6395w731z?f%5Bsubject_sim%5D%5B%5D=Empresas&locale=es)
- González, P. (2018, 30 de noviembre). *COBIT 2019 — El nuevo modelo de gobierno empresarial, información y tecnología*. Medium. <https://medium.com/@ppglzr/co-bit-2019-el-nuevo-modelo-de-gobierno-empresarial-para-informaci%C3%B3n-y-tecnolog%C3%ADa-a7bf92b7288b>
- Grant, R. M. (2016). *Contemporary strategy analysis: Text and cases edition*. John Wiley & Sons.
- Gundavajhala, S. (2019). *ITIL 4 Foundation – All Aspects of ITIL 4 Foundation*. Master of Project Academy. <https://blog.masterofproject.com/itil-v3-foundation/>

- Hernández-Cuesta, J. L. (2013). *El liderazgo organizacional: una aproximación desde la perspectiva etológica*. [Tesis de maestría, Universidad del Rosario]. Repositorio Institucional EdocUR. <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4848/HernandezCuesta-JorgeLuis-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández-Sampieri, S., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (4ª ed.). McGraw-Hill.
- Huergo, J. (s. f.). *Los procesos de gestión*. <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/univpedagogica/especializaciones/seminario/materialesparadescargar/seminario4/huergo3.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2011). *Gestión del riesgo, principios y directrices. Norma técnica NTC-ISO 3.100*. ICONTEC Internacional. [http://simudatsalud-risaralda.co/normatividad\\_inv9/normas\\_tecnicas/NTC-ISO31000\\_Gestion\\_del\\_riesgo.pdf](http://simudatsalud-risaralda.co/normatividad_inv9/normas_tecnicas/NTC-ISO31000_Gestion_del_riesgo.pdf)
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2015). *Sistema de gestión de la calidad. Norma técnica NTC-ISO 9.001*. ICONTEC Internacional. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/NORMA%20ISO%209001%202015.pdf>
- Lasso, J. (2019). *Identificación de los componentes y principios de un modelo de gestión para la jefatura de tecnologías de información y comunicaciones de la Fuerza Aérea Colombiana*. [Tesis de maestría, Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana].
- Locke, E. A. (1968). Toward a Theory of Task Motivation and Incentives. *Organizational Behavior & Human Performance*, 3(2), 157-189.
- López-Cubino, R. (2001). *Modelos de gestión de calidad*. <http://www.jesuitasleon.es/calidad/Modelos%20de%20gestion%20de%20calidad.pdf>
- Ministerio de Defensa Nacional. (2019). *Política de seguridad y defensa PDS para la legalidad, el emprendimiento y la equidad*. Ministerio de Defensa Nacional. [https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/Prensa/Documentos/politica\\_defensa\\_deguridad2019.pdf](https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/Prensa/Documentos/politica_defensa_deguridad2019.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. (2014). *Principios*. MINTIC. [https://www.MINTIC.gov.co/arquitecturati/630/articles-8672\\_principios.pdf](https://www.MINTIC.gov.co/arquitecturati/630/articles-8672_principios.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. (2016). *Versión actualizada del modelo de gestión IT4+*. MINTIC. [http://www.MINTIC.gov.co/arquitecturati/630/propertyvalues-8170\\_documento\\_pdf.pdf](http://www.MINTIC.gov.co/arquitecturati/630/propertyvalues-8170_documento_pdf.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. (2018). *Esquema general de formulación del plan estratégico de tecnologías de la información PETI 2018-2021*. MINTIC. <https://www.unidadvictimas.gov.co/sites/default/files/documentosbiblioteca/lineabasepeti.pdf>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. (2019). *Normatividad*. MINTIC. <https://www.MINTIC.gov.co/portal/604/w3-propertyname-510.html>

- Nexura. (2014). *Casos de éxito de proyectos especiales*. Nexura. [https://www.nexura.com/publicaciones/41614/casos\\_de\\_exito\\_de\\_proyectos\\_especiales/](https://www.nexura.com/publicaciones/41614/casos_de_exito_de_proyectos_especiales/)
- Pachón, R., & Fernández, A. (2018, diciembre). *Guía metodológica de planeación por capacidades. Contexto de seguridad y defensa para el Ejército de Colombia 2015-2018*. Ministerio de Defensa. [http://capacitas.mindefensa.gov.co/storage/biblioteca/Guia\\_Metodologica\\_de\\_Planeacion\\_por\\_Capacidades.pdf](http://capacitas.mindefensa.gov.co/storage/biblioteca/Guia_Metodologica_de_Planeacion_por_Capacidades.pdf)
- Parra, E., & Calero, F. (2006). *Gestión y dirección de empresas turísticas*. McGraw-Hill.
- Pulido-Rodríguez, R., Ballén-Ariza, M., & Zúñiga López, F. (2007). *Abordaje hermenéutico de la investigación cualitativa. Teorías, procesos, técnicas*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*. <https://dle.rae.es>
- Reza-Becerril, F. (1997). *Ciencia, metodología e investigación*. Logman de México Editores.
- Sánchez, J. L. (2007). *Protección penal de la disciplina militar*. Editorial Dykinson.
- Suárez-Hernández, J., & Ibarra-Mirron, S. (2002). La teoría de los recursos y las capacidades de Grant, un enfoque actual en la estrategia empresarial. *Revista Anales de Estudios Económicos y Empresariales*, (15), <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19783/AEEE-2002-15-teoria-recursoscapacidades.pdf?sequence=1>
- Sabino, C. (2008). *El proceso de investigación*. Editorial Panamericana. [https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion\\_carlos-sabino.pdf](https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion_carlos-sabino.pdf)
- Schleiermacher, F. (1999). Los discursos sobre hermenéutica. *Cuadernos de Anuario Filosófico*. <https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/6082/1/83.pdf>
- Sandrine. (2012). *¿Qué es Lean Six Sigma?*. Calatec. <https://www.caletec.com/lean-que-es-lean-six-sigma/>
- Straface, F. (2015). *El impacto de las TIC en la economía y la sociedad Civil*. Editorial Autores de Argentina.
- Toffler, A. (1980). *La tercera ola*. Bantam Books.
- Torres-Álvarez, H. (2005). *El sistema de seguridad jurídica en el comercio electrónico*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Universidad EAFIT. (2017). *Boletín 34. COBIT: modelo para auditoría y control de sistemas de información*. EAFIT. <https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/A%20COBIT.pdf>
- Vavra, T. (2003). *Cómo medir la satisfacción del cliente según la ISO 9.001:2000*. FC Editorial.
- Stevens-Hall, J. & Mathenge, J. (2020, 6 de agosto). *The Complete Guide to ITIL 4*. BMC Blogs. <https://www.bmc.com/blogs/itil-v4/>

## Capítulo 3

---

# Observatorio de Defensa Aérea-ODEFA: una propuesta académica de visibilización de la Defensa Aérea y sus amenazas en el contexto aéreo nacional

Nestor Raúl Ibañez Rubiano\*

---

\* Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: nestorubiano@gmail.com

## CÓMO CITAR

Ibañez Rubiano, N. R. (2021). Observatorio de Defensa Aérea-ODEFA: una propuesta académica de visibilización de la Defensa Aérea y sus amenazas en el contexto nacional. En R. Mezú (Ed.), *Gaviotas de Luces. Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia* (pp. 103-146). Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

### Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 17

#### GAVIOTAS DE LUCES

*Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia*

#### CAPÍTULO 3.

#### Observatorio de Defensa Aérea-ODEFA: una propuesta académica de visibilización de la Defensa Aérea y sus amenazas en el contexto aéreo nacional

ISBN: 978-958-53696-0-3  
E-ISBN: 978-958-53696-1-0

<https://doi.org/10.18667/9789585369603.03>  
Bogotá, Colombia  
Noviembre, 2021



## RESUMEN

---

El narcotráfico es una de las principales amenazas a la seguridad global, y por tratarse de una problemática que afecta a todos los gobiernos en diferentes manifestaciones, se requiere abordar este delito desde distintos ámbitos, en especial, el de la producción, transporte y comercialización de drogas ilícitas internacionalmente. Las diversas problemáticas asociadas al uso ilegal del espacio aéreo de nuestro país con fines ilícitos como el tráfico ilegal de drogas y el funcionamiento de estructuras armadas ilegales, evidencian la necesidad de crear áreas académicas en las que se lleven a cabo procesos de recolección y análisis de información para la elaboración de artículos y estudios descriptivos del caso. En ese sentido, este artículo presenta el estudio de caso del vuelo ilegal de la aeronave N6786M, con el que se realiza el análisis de una situación real de transporte ilegal de drogas por vía aérea en Colombia (traza hostil), que permite identificar las diferentes variables del fenómeno ilegal, y a partir de allí, proponer la creación de un Observatorio de Defensa Aérea desde la perspectiva del control al espacio aéreo a nivel nacional y hemisférico, ya que alrededor de este *modus operandi* se identificaron una serie de factores complementarios que contribuyen al tráfico ilegal de drogas a través del uso clandestino de aeronaves.

## PALABRAS CLAVE

---

Fuerza Aérea Colombiana; espacio aéreo; traza hostil; observatorio de defensa; plataforma aérea.



La ausencia del Estado y la falta de presencia institucional en varias regiones alejadas del país contribuyen al aumento desproporcionado de múltiples actores generadores de violencia, entre los que destacan los relacionados con el narcotráfico.

Históricamente, el narcotráfico ha sido un factor generador de inseguridad en el ámbito mundial, debido a los enormes daños a la salud pública de los Estados, principalmente, en donde se concentra el mayor índice de consumo de drogas alucinógenas. Esta problemática se encuentra documentada en el Informe Mundial sobre Drogas de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2020), en el que se indica que, alrededor de 270 millones de personas son consumidoras de diferentes variantes de drogas alucinógenas. Por consiguiente, esta dinámica ha desarrollado múltiples maneras para llevar a cabo este delito, desde el inicio de la cadena de producción hasta su transporte y comercialización.

Según Youngers (2005), la guerra contra las drogas en Colombia tuvo sus orígenes en la década de los 70, cuando los programas de erradicación en México trasladaron la problemática a Colombia. En esta etapa, el narcotráfico inició como un organizador de la economía ilegal del país y un actor económico adicional (Emmerich, 2009).

La producción de marihuana inició en Colombia en los 70 con la llegada de mafias estadounidenses que iniciaron los primeros cultivos en la Sierra Nevada de Santa Marta, donde gracias al auge que tuvo el negocio se extendió por toda la Costa Caribe y, por ende, al resto del país, lo que conllevó a un alto flujo de dólares norteamericanos que pronto generaron grandes índices de corrupción e inseguridad en la región.

Las medidas adoptadas por el Gobierno colombiano en compañía de los Estados Unidos para frenar la bonanza marimbera, hicieron que surgiera un corredor aéreo para evitar los controles antinarcóticos de la policía. Este nuevo *modus operandi* empleaba aeronaves que volaban a través de varias islas del Caribe hacia la Florida con el fin de transportar la marihuana, que fue sustituida progresivamente por la cocaína.

Ahora bien, en cuanto a la fase del transporte de la cocaína en Colombia, se han identificado varios corredores de movilidad, principalmente marítimos, por los que se mueve la mayoría de cargamentos de droga producidos en el país. Sin embargo, según la Dirección de Defensa Aérea y Antimisil (DIDAA), en los últimos años se ha evidenciado un aumento exponencial del uso de aeronaves ilegales para el transporte de alcaloides, lo

cual pone en riesgo la seguridad del espacio aéreo colombiano. Así mismo, la DIDAA sostiene que, en vista de que las principales áreas de cultivo de coca se encuentran ubicadas en la costa pacífica y en la frontera con Venezuela, una de las técnicas más rápidas para el tráfico de cocaína es el uso de aeronaves pequeñas que aterrizan en pistas improvisadas en el área fronteriza, lo cual impide la oportuna reacción de los aviones interceptores de la fuerza pública.

De modo que la presencia de grandes áreas de cultivos ilícitos en Colombia favorece el surgimiento de economías ilegales derivadas del narcotráfico, la minería ilegal, las bandas criminales, el microtráfico, la corrupción, entre otros. Según la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, Colombia tiene una densidad de cultivos de coca de 170.000 hectáreas, lo que genera ganancias cercanas a los 20 billones de pesos y representa el 2 % del PIB nacional. Por consiguiente, esta economía ilegal financia la mayoría de las organizaciones criminales del país, lo cual va en detrimento de la seguridad nacional. De hecho, el volumen mundial de drogas ilícitas en precio de venta al por menor es superior al PIB del 88 % de los países del mundo (Jácome, 2017).

Estas actividades, que se complementan y se interrelacionan en torno al proceso de producción, transporte y comercialización de drogas, son generadoras significativas de la inseguridad en Colombia como el aumento desmesurado de la corrupción, la minería ilegal, la deforestación, los grupos ilegales, el microtráfico, los homicidios, etc.

## Uso de aeronaves ilegales

Las organizaciones delictivas acuden al uso ilegal de aeronaves con fines ilícitos para movilizarse de manera ágil, ya que tienen baja posibilidad de detección y control por parte de las autoridades aeronáuticas. Este *modus operandi* se estructura mediante una compleja red de subcomponentes delictivos que sostienen el negocio a través de la compra y venta de aeronaves ilegales, reclutamiento de pilotos, corrupción de autoridades aeroportuarias y asociación con mafias (carteles) transnacionales, en búsqueda de controlar la cadena de tráfico y comercialización de drogas desde su origen hasta el consumidor final.

Uno de los principales factores que favorece este flagelo en nuestro país es la falta de políticas públicas tendientes a contrarrestar este accionar

delictivo, toda vez que en Colombia no existe una “Ley de Derribo”, enmarcada dentro de una política de Estado en materia de defensa y seguridad. Según el actual Convenio Air Bridge Denial (ABD) de Interdicción Aérea entre Colombia y el Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica,<sup>1</sup> el objetivo fundamental de este mecanismo es la eliminación del comercio de drogas ilícitas a través del fortalecimiento de la cooperación en términos de interdicción aérea, como el procedimiento de interceptación y neutralización de aeronaves ilícitas. En general, la ubicación de la industria del narcotráfico en Colombia no solo fue favorecida por las ventajas del entorno geográfico y por las condiciones climáticas de tipo tropical que favorecen el cultivo de coca, sino por la debilidad de las instituciones públicas que por su ausencia contribuyeron al abandono del Estado en gran parte del país (Beltrán & Salcedo-Albarán, 2007).

## Relación del narcotráfico en el espacio aéreo nacional

La mayor amenaza a la seguridad del espacio aéreo nacional tiene que ver con el alto potencial de afectación del negocio del narcotráfico, no solo dentro del país, sino a lo largo de la cadena de tráfico y comercialización de drogas en Centroamérica. Según el Informe Mundial sobre Drogas de la Oficina de las Naciones Unidas contra las Drogas y el Delito (UNODC, 2020), cerca de 269 millones de personas consumen drogas en el mundo. Esto pone en peligro a las economías lícitas y tiene un impacto directo sobre la institucionalidad de los países, debido a los delitos conexos como la corrupción, el terrorismo y los homicidios.

Colombia, como el primer productor de drogas del mundo, ha sufrido el rigor de los delitos conexos al narcotráfico, entre los que se destaca una de las tasas más altas de muertes violentas del continente con 21.602 homicidios, de acuerdo con el reporte de Medicina Legal para el 2020 (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2020).

Así mismo, en el país el narcotráfico y el conflicto han minado el crecimiento económico. De acuerdo con Cárdenas-Santamaría (2007), una de las principales caídas de la competitividad del país durante los 90, fue resultado del crecimiento de la violencia y el narcotráfico. Querubín (2003),

---

1 Este documento es de carácter secreto, por lo que no está disponible al público.

por su parte, sostiene que el conflicto provocó una desaceleración del crecimiento nacional en su conjunto y un mayor descenso de la productividad en aquellas regiones en las cuales la violencia fue más crónica.

La relación entre la problemática de las drogas y la inseguridad, además, se explica principalmente por la carencia de políticas públicas que permitan cumplir con las funciones institucionales como el control judicial, la reducción de homicidios, la lucha contra la corrupción, el lavado de activos y, en general, la prevención social de la delincuencia (Insulza, 2012).

Según el Informe “Basta Ya” Colombia: *Memorias de Guerra y Dignidad* del Centro de Memoria Histórica (2016), desde sus inicios, el narcotráfico infiltró todos los estamentos del Estado, inicialmente con una guerra contra la justicia, los partidos tradicionales y los medios de comunicación. Más adelante, financió la expansión de grupos guerrilleros y apoyó el surgimiento de bandas criminales, problemática que surgió como una nueva clase económica que, a través de la corrupción, logró penetrar todos los niveles de los gobiernos en las últimas tres décadas (Mejía, 2011), y que afecta los niveles de confianza, solidaridad y cohesión social que hacen proclive a la sociedad a producir bienes ilegales. En consecuencia, la lucha contra la corrupción requiere la comprensión de fenómenos criminales, regionales y de ética pública, así como la determinación y la rapidez en las decisiones judiciales (Barbosa, 2021).

## Ciclo del narcotráfico

De la misma forma, Rocha-García (2011) sostiene que el ciclo sistémico del narcotráfico se divide en cuatro partes principales que van desde la producción del alcaloide, su distribución y comercialización, hasta obtener un flujo de capitales o dividendos propios del negocio ilícito. La integración vertical de la operación del narcotráfico en Colombia a través de este ciclo, ha demandado acciones constantes para reprimir la oferta, entre ellas, la confrontación de los carteles, la erradicación de los cultivos y la lucha contra los grupos armados ilegales. Esto hizo necesaria la especialización de los cuerpos de seguridad del Estado y del sistema de justicia.

## Asimetrías del gasto

Se deben tener en cuenta otros factores de riesgo en el hemisferio que ponen en peligro la seguridad en Colombia, como son las crecientes asimetrías

en el gasto en defensa entre los países vecinos. En el caso de Venezuela, las grandes inversiones en armamento ruso se constituyen en una seria amenaza para Colombia, por cuanto dichas capacidades han venido quedando bajo control de las llamadas milicias bolivarianas, que no son otra cosa que un cuerpo paramilitar de carácter civil para defender el actual régimen autoritario de ese país.

Todos estos hechos hacen evidente que la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) necesita generar un espacio académico en el que se visibilice la dinámica delictiva y las amenazas en el contexto aéreo nacional, así como los resultados y la gestión de la Defensa Aérea en casos tácticos como las trazas hostiles —trayectorias realizadas por aeronaves ilícitas—, las cuales desobedecen las señales de interceptación hechas por parte de aeronaves interceptoras que reciben instrucciones en la toma de decisiones por parte del Centro de Comando y Control de la Fuerza Aérea (CCOFA). Así pues, estos procedimientos implican la utilización de mayores capacidades de la FAC que, a su vez, contribuyan a la toma de decisiones y a la formulación de políticas preventivas frente a este tipo de problemáticas que pueden llegar a vulnerar la seguridad en el espacio aéreo del país. De la misma manera, es importante divulgar la gestión y los resultados operativos de la Especialidad de Defensa Aérea que en las últimas décadas logró el desplazamiento de los corredores ilegales aéreos del interior del país hacia países vecinos.

En años recientes, el seguimiento al tráfico aéreo ilegal se ha evaluado en la FAC a través de un informe operativo denominado “Apreciación de Situación”, en el que la DIDAA analiza anualmente de manera estadística la tendencia de las diferentes categorías de trazas mediante los corredores ilegales situados mayoritariamente en área de frontera. De acuerdo con la DIDAA, durante el 2017 se presentaron 120 vuelos ilegales fuera del territorio colombiano (trazas patrimoniales) y cinco vuelos ilegales (trazas hostiles) dentro del espacio aéreo colombiano. Por tanto, es prioritario analizar esta problemática desde un enfoque que permita generar nuevas propuestas y perspectivas que orienten la política de lucha contra el tráfico de drogas por vía aérea.

En ese orden de ideas, se elaboró una propuesta para la creación de un observatorio que logre identificar los factores de riesgo que afectan negativamente la seguridad y la defensa nacional, y además, sea capaz de generar análisis e informes tendientes a contribuir en la elaboración de políticas públicas y estrategias eficientes que permitan darle un enfoque diferencial

a la actual estrategia, encaminada a contrarrestar el tráfico ilícito de drogas por vía aérea y, por ende, las amenazas a la soberanía del país.

El propósito fundamental del observatorio es que el producto de los análisis efectuados sea un referente para diseñar cursos de acción y estrategias, en función de contrarrestar el impacto negativo de estas amenazas a la soberanía del país. Además, se convierte en un espacio académico que, por su capacidad de análisis, pueda abordar temas relacionados con las amenazas emergentes que ponen en riesgo la seguridad nacional dentro y fuera del espacio aéreo colombiano. Así mismo, que a través de sus líneas de investigación genere observación, análisis y difusión de artículos académicos que sirvan de insumos para comprender el contexto regional en términos de Defensa Aérea.

De esa manera se planteó el Observatorio de Defensa Aérea con una plataforma estratégica u organigrama compuesto por tres partes o áreas principales de la siguiente forma: un área administrativa, encargada de los recursos logísticos y de personal; un área de observación y análisis, ocupada de generar los artículos académicos de al menos dos líneas de investigación a nivel nacional y hemisférico y, finalmente, un área de publicaciones que realizará la difusión de los artículos producidos por el observatorio.

Esta propuesta se elaboró a partir del análisis de un estudio de caso de la inutilización de una aeronave ilegal tipo traza hostil, que ocurrió en la costa pacífica en el 2017, ya que este hecho ilícito implicó la utilización de múltiples componentes delictivos entre los que se encuentran la participación de organizaciones ilegales transnacionales, la utilización de una pista ilegal en un área con alta densidad de cultivos de coca, el apoyo logístico de un grupo ilegal en tierra y el transporte de drogas ilícitas, entre otros.

En tal sentido, la pregunta orientadora de este estudio de caso es: ¿Cuáles deben ser las características de una propuesta para la creación de un observatorio de defensa, a partir del análisis del caso Traza hostil N6786M, que permita abordar temas relacionados con la Defensa Aérea del país?

Adicional a esta introducción, el presente capítulo se desarrolla en cuatro partes. En la sección siguiente se elabora el marco teórico, conceptual y legal para la investigación. Posteriormente, se explica el procedimiento metodológico del desarrollo del estudio de caso en esta investigación cualitativa. Más adelante, se presenta y realiza el análisis del estudio y, por último, se plantea en detalle la propuesta del observatorio.

## Observar y analizar fenómenos

La necesidad de crear un observatorio del tráfico ilegal de drogas por vía aérea surgió del imperativo de abordar dicha problemática desde un punto de vista holístico, debido a que en torno a un vuelo ilícito existe una infraestructura delictiva que permite su ocurrencia, principalmente, en materia de corrupción. Por lo anterior, existen varios conceptos que definen la importancia de este mecanismo como lo plantea Angulo (2009), quien sostiene que un observatorio es un medio de estudio, reflexión y divulgación del conocimiento sobre la realidad de un fenómeno observado o campo de observación. Desde otra perspectiva, López-Vélez *et al.* (2015) van mucho más allá al plantear que un observatorio es un instrumento de recolección, procesamiento y difusión de información sobre un área determinada; también, busca entregar información confiable para apoyar los procesos de toma de decisiones, el diseño de políticas públicas en temas de seguridad y evaluar la situación de seguridad de cada país.

Espinosa y Gutiérrez (2008), por su parte, lo definen como un espacio intersectorial e interdisciplinario, orientado al análisis de información necesaria, relevante y confiable sobre aspectos sociales como la violencia, que de manera oportuna permita la definición de indicadores, políticas, monitoreo de políticas públicas e intervenciones dirigidas a mejorar las condiciones de salud, seguridad y convivencia de la población en general, o de una comunidad específica, y sirva de orientación en la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes.

De esta manera, los observatorios se constituyen en un factor esencial para generar conocimiento en materia de análisis de problemáticas sociales como el consumo y comercio de drogas, el tráfico de armas, la trata de personas, tasas de homicidios, entre otros. Aunque los primeros observatorios tenían un enfoque orientado a la astronomía, estos fueron evolucionando hacia el monitoreo de fenómenos producidos por la naturaleza y, finalmente, se especializaron en temas de carácter social.

En correspondencia con Angulo (2009), los observatorios pueden clasificarse en naturales y sociales. Los primeros se especializan en la observación de fenómenos astronómicos, atmosféricos y vulcanológicos, y están enfocados en el monitoreo, seguimiento e investigación de eventos menores para generar alertas tempranas de sucesos de mayor trascendencia para evitar tragedias. Con base en esta dinámica, los segundos, observatorios

sociales, se crearon con el fin de estudiar fenómenos cambiantes en diferentes áreas del conocimiento, a través de la búsqueda de información y recolección de datos sobre determinados temas de interés. Entre sus objetivos está la elaboración de artículos académicos concluyentes y estadísticos sobre las diferentes tendencias y evolución del objeto en estudio. Este proceso suele ser acumulativo como resultado de la consolidación de información en un periodo determinado, en el cual se efectúa la observación y la recolección de datos particulares, de tal manera que al ser interpretados conjuntamente permiten comprender un fenómeno o comportamiento.

Los observatorios sociales están definidos en sectores públicos, académicos y de seguridad. Existen algunos relacionados con múltiples temas como violencia, inmigración, tecnología, salud, sostenibilidad, globalización, gestión pública, economía, derechos humanos y defensa. Su gestión eficiente contribuye a la correcta formulación de estrategias y toma de decisiones, toda vez que se basan en datos reales y estadísticos derivados del análisis de diferentes problemáticas. Respecto a este tipo de observatorio, a continuación se describirán los académicos que revisten especial interés para este artículo.

En el contexto internacional, los observatorios de seguridad hacen énfasis en el comportamiento de los Estados y su incidencia en la estabilidad de la seguridad en el ámbito regional y global. Entre ellos se destacan: el Instituto Internacional de Estudios de Paz de Estocolmo; El Instituto Internacional para Estudios Estratégicos (IISS); el portal [Globalsecurity.org](http://Globalsecurity.org). y la organización InSight Crime.

Por otro lado, en Colombia existen varios observatorios académicos dedicados a fomentar la investigación en problemáticas sociales de seguridad nacional e internacional. El ámbito universitario y académico ha sido la principal fuente de investigación en temas relacionados con el seguimiento y análisis de delitos por parte de actores armados, insurgentes y estructuras delincuenciales al servicio del narcotráfico que requieren la oportuna intervención por parte de las diferentes agencias de seguridad del Estado. Algunos de esos observatorios nacionales son el Observatorio de Drogas Ilícitas y Armas; el Observatorio del Instituto de Estudios Estratégicos y Asuntos Políticos y el Centro de Estudios sobre Seguridad y Drogas del Observatorio de la Universidad de los Andes.

En lo que respecta a los observatorios sobre seguridad y drogas, en Colombia se han enfocado en el análisis de delitos relacionados con el



narcotráfico y su incidencia en los índices de seguridad del país. Algunos de estos son el Observatorio de Drogas de Colombia del Ministerio de Justicia y el Centro de Recursos para el Análisis de Conflictos. El Ministerio de Defensa, por su parte, cuenta con varios centros de análisis y pensamiento especializados en estudios de seguridad y posconflicto, y su incidencia en la seguridad del hemisferio. Están dedicados principalmente al análisis de delitos en temas de seguridad de acuerdo al papel que cumple cada Fuerza. Algunos de ellos son el Centro Regional de Estudios Estratégicos en Seguridad; el Centro Internacional Marítimo de Análisis contra el Narcotráfico; el Observatorio del Delito de la Policía Nacional y el Observatorio de Equidad de Género, Seguridad y Fuerza Pública de la Escuela Militar de cadetes General José María Córdova (Ejército Nacional).

## La situación en Colombia

El origen principal del tráfico ilícito de drogas por vía aérea hacia países vecinos es la alta producción de hoja de coca en Colombia. Según el Informe Mundial sobre las Drogas de la ONU (2020), el país continúa como el mayor productor de cocaína del mundo, con la connotación de que el consumo interno ha aumentado. A pesar de que se registra una tendencia a la reducción de los cultivos de coca en el mundo, en Colombia se presentó una densidad de 143.000 hectáreas en el 2020. Dicha densidad de cultivos ilícitos tiene un potencial de producción aproximado a las 1.228 toneladas anuales de cocaína (2020).

Un estudio del Departamento de Estado de los Estados Unidos, a su vez, indica que la cifra de hectáreas revelada por la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) solo llega a la mitad, y que las hectáreas cultivadas de coca en Colombia en el 2017 ascendieron a 171.000, lo que representa un incremento del 17 % respecto al 2016. Lo cual no solo indica el desmesurado crecimiento de los cultivos ilícitos, sino que la estadística se ha duplicado en los últimos años (2017).

Según el Centro Internacional Marítimo de Análisis contra el Narcotráfico de la Armada Nacional (Cimcon), el 90 % de la droga producida en Colombia se transporta fuera del país por vía marítima; el 10 % restante de la cocaína —unas 40 toneladas—, a través de encomiendas, microtráfico, consumo interno o exportada por medios aéreos (2018).

A pesar de que el Estado colombiano ha hecho enormes esfuerzos para disminuir la producción de cocaína con diferentes estrategias de interdicción, han sido infructuosos por los cambios de las políticas antidrogas. Mientras la demanda de drogas crece en el mundo, la eficacia de las políticas antidrogas se ven obstaculizadas por la falta de corresponsabilidad entre todos los actores involucrados frente a la oferta y la demanda (Observatorio de Drogas de Colombia, 2015).

La mayor dificultad para erradicar el tráfico ilegal de drogas por vía aérea tiene que ver con la falta de cooperación de países vecinos para enfrentar este flagelo. Según la DIDAA, Venezuela es uno de los principales orígenes de los corredores de tráfico de drogas que se desplazan hacia el Caribe, Europa y África. A través del corredor Caribe, anualmente son detectadas más de 120 aeronaves ilegales (trazas patrimoniales) que tienen su origen especialmente en Venezuela. El transporte de la droga se realiza a través de corredores terrestres y fluviales desde territorio colombiano, y es introducida al vecino país por la frontera, hasta pistas ilegales de los Estados de Apure y Zulia principalmente, desde donde son enviadas a países como Honduras, Guatemala y México.

Así mismo, la DIDAA sostiene que, en Colombia, en los últimos años se ha evidenciado una reducción del 97 % en la detección de trazas territoriales al interior del espacio aéreo colombiano, gracias a la efectividad de estrategias de vigilancia aérea, interceptación o neutralización de aeronaves que provocaron un aumento exponencial de movimientos desde países vecinos como Venezuela hacia Centroamérica. Esta dinámica implica que las trazas solo sobrevuelan aguas patrimoniales sin ingresar a territorio colombiano (Trazas Sospechosas Patrimoniales, TSP). En otras palabras, una de las principales áreas de análisis para las instituciones públicas del país tiene que ver con el impacto del tráfico ilegal de drogas por vía aérea en Colombia, como un factor de riesgo para la seguridad nacional.

## Los corredores ilegales del hemisferio

La razón fundamental del tráfico ilegal de drogas a través de México es que Estados Unidos es el primer consumidor del mundo. Según la organización InSight Crime, el paso de estas se da por medio de túneles y caletas en los vehículos que diariamente cruzan la frontera, y recientemente, se ha incrementado el uso de aeronaves ligeras y artefactos no tripulados tipo drones,

que transportan pequeñas cantidades de droga sin ser detectados por las autoridades norteamericanas, generalmente en los estados de California, Arizona y Nuevo México, donde según la Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza durante el 2018 se detectaron cerca de 70 vuelos ilegales. Las ventajas de estos artefactos radican en su bajo costo, fácil manipulación y baja detección debido a su limitada velocidad y alcance. Las mafias del narcotráfico con mayor injerencia en la frontera México-EE. UU. y que estarían detrás de esta modalidad, son los carteles mexicanos de Sinaloa, Juárez, Tijuana y los Zetas.

La Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza de los Estados Unidos publicó otra modalidad que consiste en la utilización de aeronaves tipo ultraliviano o de fumigación, debido a que son prácticamente indetectables gracias a su pequeño tamaño y por la baja altura en que vuelan para cruzar la frontera. De acuerdo con las autoridades de la aduana norteamericana, estos vuelos pueden llegar a transportar hasta 80 kilos de droga en trayectos cortos que no superan las 30 millas de distancia entre México y Estados Unidos. Por esta razón, las autoridades norteamericanas han venido desplegando una estrategia para contrarrestar las actividades del narcotráfico y la inmigración ilegal mediante la instalación de radares 3D de última generación, cámaras infrarrojas y sensores de movimiento que detectan cualquier desplazamiento ilegal en la zona de frontera.

### **El corredor de Centroamérica**

Por su ubicación geográfica, Centroamérica es el puente entre las zonas de producción y el principal consumidor de drogas. El tráfico ilegal está concentrado en Guatemala, Nicaragua y Honduras. Este último recibe el 90 % de vuelos ilegales que salen de Venezuela y tienen por destino el departamento Gracias a Dios, en la región selvática de La Mosquitia, un área de 16.630 kilómetros cuadrados con características geográficas óptimas para el tráfico ilegal de aeronaves. Hay presencia reducida de fuerzas de seguridad y limitados medios de interdicción; es poco habitada y el terreno es apto para la construcción de pistas ilegales controladas por organizaciones al servicio del narcotráfico.

Allí, las mafias reciben los cargamentos de drogas que luego son transportados vía terrestre hacia México. Se estima que unas 90 toneladas de droga son transportadas anualmente de manera ilícita en 200 vuelos, que,

en promedio, cada uno transporta 400 kilos. El principal corredor aéreo ilegal se encuentra en el Mar Caribe entre Venezuela y Centroamérica. La narcoactividad se ha venido trasladando a Suramérica a través de un corredor ilegal que tiene su origen en Perú y Bolivia, hacia países como Paraguay y Argentina, donde finalmente la droga es enviada a Europa y Asia. Según la UNODC durante el 2019 en la zona andina se ha evidenciado un notable crecimiento en la densidad de hoja de coca en Perú y Bolivia, que, unidos, suman cerca de 80.000 hectáreas de coca; la mitad de los cultivos existentes en Colombia.

La actividad ilegal ha aumentado debido a la falta de políticas públicas necesarias para contrarrestar el uso de aeronaves con fines ilícitos o Ley de Derribo. De acuerdo con la organización Scielo, las mafias del narcotráfico se aprovechan del área de triple frontera —Brasil, Argentina y Paraguay— para evitar la acción de las autoridades en una vasta región caracterizada por extensas áreas montañosas y deshabitadas. Solo la región El Chaco, en Paraguay, cuenta con 250.000 kilómetros cuadrados de territorio caracterizado por su difícil acceso y baja presencia de fuerzas gubernamentales de seguridad. En esta región se abastecen una gran cantidad de aeronaves ilegales provenientes en gran medida de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), y en tránsito hacia pistas clandestinas en Argentina.

Otro factor que complejiza la situación, es la precariedad de medios aéreos de países como Argentina y Paraguay, que imposibilita una acción eficiente contra el tráfico ilícito de drogas. Según InSight Crime a lo largo del corredor ilegal entre Perú y Argentina se registran 40 vuelos ilegales al mes, con una capacidad de entre 400 y 500 kilos de droga cada uno. Así, mensualmente se transportan 20 toneladas de cocaína y marihuana hacia Argentina, y desde allí, son enviadas a Europa, en especial, por vía marítima a los puertos de España y Portugal.

## La simetría armamentística

La creciente carrera armamentista en la región es otro factor de desestabilización para la seguridad nacional. El desequilibrio en materia armamentística genera asimetrías entre los países, lo cual afecta la seguridad y el orden regional.

Según el Instituto Internacional de Estudios para la Paz de Estocolmo (SIPRI, 2015), el gasto militar en América Latina y el Caribe ha aumentado

un 90 % en los últimos 5 años, y, de acuerdo con el Global Report (2015), la compra de armamento en la región alcanzó en ese año 67.000 millones de dólares en gasto en defensa, liderado por Brasil, México y Venezuela. A pesar del descenso en el precio del petróleo que ha desacelerado el presupuesto destinado a la defensa en el mundo, la proyección es que los países latinoamericanos continuarán adquiriendo armamento a gran escala, lo cual aumenta la asimetría entre los Estados, a pesar de la ausencia de amenazas que justifiquen la necesidad de su compra.

Sin embargo, la principal preocupación radica en la inestabilidad política y económica de los gobiernos que ostentan la capacidad de armamento altamente peligroso, sin las condiciones óptimas de protección y correcto uso debido a la corrupción, inseguridad y tráfico ilegal de armas, entre otros. En el caso de Venezuela, por ejemplo, según el Índice Global de Potencia de Fuego publicado por el Observatorio Global Firepower (GFP), el alto índice de gasto militar lo posicionó en el puesto 41 de 131 países con el mayor gasto en defensa del mundo en el 2016.

## La institucionalidad

De acuerdo con el artículo 217 de la Constitución Nacional (1991):

La Nación tendrá para su defensa unas Fuerzas Militares permanentes constituidas por el Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea. Las Fuerzas Militares tendrán como finalidad primordial la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional.

Con el fin de dar cumplimiento a ese mandato, el Ministerio de Defensa ha establecido diferentes planes como parte de uno de los ejes estratégicos misionales de las FF. MM. y tiene como objetivo garantizar la defensa de la soberanía y la integridad territorial para lograr unas FF. MM. sólidas, fortalecidas y modernizadas.

De ese modo, la FAC cumple un papel determinante en el control del espacio aéreo a través de la misión típica de Defensa Aérea para garantizar la soberanía nacional. Adicionalmente, desde el 2003 la FAC tiene un convenio de interdicción aérea con el Gobierno de EE. UU. — Air Bridge Denial, ABD por sus siglas en inglés —, por el que recibe asistencia técnica y operativa en la lucha contra el tráfico de drogas por vía aérea.

En esa línea, la Defensa Aérea son todas aquellas operaciones activas y acciones pasivas que se conducen para prevenir, contrarrestar, neutralizar o minimizar los daños que pueda causar un ataque procedente del aire contra los centros vitales de la nación, la población civil, sus recursos y las FF. MM., para negar el empleo ilícito del espacio aéreo (Manual de Defensa Aérea, 2010).

A su vez, el Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MADBA) establece que la Defensa Aérea se subdivide en tres operaciones tipo:

- *Intercepción o neutralización de aeronaves*: son operaciones defensivas en las que se emplea un sistema de armas para interceptar o neutralizar un aeronave considerada como amenaza. Los sistemas de armas pueden ser: aire-aire como aeronaves caza o tierra-aire como baterías antiaéreas, MPADS (por su nombre en inglés, Man Portable Air-Defense System), entre otros (MADBA, 2013).
- *Patrulla aérea de combate*: son operaciones defensivas ejecutadas regularmente con aviones de caza, los cuales permanecen volando y efectuando patrullajes sobre una zona para evitar ataques de aeronaves enemigas. Generalmente se utilizan para proteger de ataques aéreos los centros vitales de la nación o posiciones de las propias fuerzas, ya sea que se encuentren en la tierra o en el agua (MADBA, 2013).
- *Vigilancia aérea y alerta temprana*: son operaciones defensivas ejecutadas por aeronaves equipadas con sensores radar y otros equipos especiales para vigilar el espacio aéreo y efectuar alerta temprana (MADBA, 2013). Estas operaciones hacen parte integral del sistema de Defensa Aérea y se enfocan en detectar amenazas en el aire.
- *Escolta aérea*: son operaciones defensivas en las cuales unas aeronaves en vuelo protegen a otras, que, por su misión, son vulnerables al fuego enemigo (MADBA, 2013).

Así mismo, la función de control del espacio aéreo está dividida en las operaciones defensivas y ofensivas en función de mantener el control del espacio aéreo de la nación. Esta es condición esencial para la supervivencia y la libertad de acción que garantiza la defensa y la soberanía nacional, y, por ende, cumplir con las restantes funciones institucionales: aplicar, multiplicar, apoyar la Fuerza y las operaciones no relacionadas con la guerra.

También es pertinente presentar algunas definiciones que facilitan el entendimiento de esta investigación:

- *Traza hostil*: según el Manual de Defensa Aérea (2010), es el registro de la violación del espacio aéreo nacional por parte de una aeronave con fines presuntamente ilícitos o la indicación de una amenaza por parte de un aerodino contra las aeronaves de la FAC o contra la población civil, centros vitales o unidades militares.
- *Traza sospechosa patrimonial*: es el sobrevuelo efectuado por una aeronave presuntamente con fines ilícitos cuya proyección de vuelo atraviesa la zona económica exclusiva o mar patrimonial del país (200 NM).

Entonces, el papel de la Especialidad de Defensa Aérea en la FAC ha sido esencial en las últimas tres décadas como un sistema que integra todas las capacidades de la Fuerza para salvaguardar la soberanía nacional. La operación de los sistemas de alerta temprana, como son los radares y las aeronaves plataformas de seguimiento cercano, permiten la obtención de información de interés como matrículas de aeronaves, corredores ilegales de vuelos sospechosos, estructuras delictivas, sistemas de Defensa Aérea enemiga, entre otros, que requieren de una observación y análisis que permita generar artículos académicos para la formulación de estrategias en función de contrarrestar principalmente el tráfico ilegal aéreo.

Teniendo en cuenta que la función primordial de la Defensa Aérea es la protección de las fuerzas amigas y de los recursos vitales del país, se requiere analizar las potenciales amenazas que pueden llegar a vulnerar la seguridad nacional desde el punto de vista de la perspectiva aérea en el ámbito regional.

En este orden de ideas y considerando que la misión de la FAC es ejercer y mantener el dominio del espacio aéreo y conducir operaciones aéreas para la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional, el orden constitucional y el logro de los fines del Estado, dentro del Plan Estratégico Institucional Fuerza Aérea (2010), se constituye en un imperativo la necesidad de proponer la creación de un mecanismo de análisis, observación y generación de conocimiento sobre la situación actual y la evolución de las potenciales amenazas que puedan afectar el cumplimiento de la misión institucional.

## Metodología

El enfoque cualitativo utilizado para el estudio o análisis del presente estudio de caso permitió abordar contextos relacionados con diversas áreas de la sociología, debido a su pertinencia para evaluar tendencias sociales, comportamientos particulares en organizaciones, orientaciones políticas, entre otros. Por tratarse de un instrumento de análisis y reflexión para la generación de conocimiento a través de la identificación de experiencias o procesos relacionados con la seguridad y la defensa, este enfoque permitió una mayor comprensión de la actual situación del flagelo de la lucha contra las drogas por vía aérea. Esta aproximación, según Stake (1995) incluye documentos, archivos, entrevistas y observaciones directas sobre el fenómeno abordado.

La adopción de la operación positiva mediante el estudio de caso N6786M como un ejemplo de efectiva utilización de los medios aéreos, se abordó como un instrumento de análisis y reflexión para la identificación, documentación y diseminación de lecciones aprendidas de tipo operativo, con el fin de facilitar y mejorar el flujo y uso del conocimiento proveniente de esas actividades relacionadas directamente con la interdicción de esta amenaza. Para Yin (1993), un estudio de caso de este tipo puede ser usado en cualquier disciplina para dar respuesta a las preguntas del problema de investigación que se requiere resolver. Por su naturaleza intrínseca, este permite comprender mejor dicho caso, para afirmar o profundizar la teoría o el fenómeno abordado en torno a las diferentes variables que involucran ese delito.

Los documentos producidos por las tripulaciones y pilotos fueron una fuente valiosa de datos cualitativos que ayudaron a comprender el fenómeno central del estudio. Además, permitieron conocer antecedentes del ambiente, experiencias, vivencias, datos previos y situaciones operativas relacionadas con el problema de investigación, en este caso, los procedimientos que permitieron la inutilización de una aeronave ilegal, como lo sostiene Hernández *et al.* (2014).

Para el presente estudio, la revisión documental se obtuvo de fuentes primarias y directas como libros, revistas científicas, periódicos, diarios, documentos operativos e informes técnicos (misiones cumplidas) de la Fuerza Aérea y de otros observatorios de instituciones públicas y privadas.

Otra técnica de investigación cualitativa fue la entrevista como una manera de intercambio de información entre el investigador y los actores



pertenecientes al campo de interés seleccionado para tal fin. El tipo de entrevista adoptada fue la semiestructurada y abierta, de acuerdo con el rigor impuesto por el entrevistador.

La información recopilada se clasificó en diferentes categorías requeridas para conformar el observatorio propuesto, por lo tanto, a través de la adopción de premisas particulares, se llegó a conclusiones generales que permitieron encontrar las características más pertinentes de acuerdo con la necesidad de cada elemento a subsanar.

Por último, el proceso de observación cualitativo fue esencial para determinar los diferentes contextos, ambientes físicos y expresiones visuales de las personas que hacen parte del área del campo a investigar, los cuales pueden aportar datos valiosos a la investigación. Así mismo, se identificaron hechos relevantes, patrones sociales y culturales evidenciados por los entrevistados y demás miembros del contexto en el que se desarrollaron las entrevistas.

## La investigación

De acuerdo con la DIDAA, el tráfico ilegal de drogas a través del uso de aeronaves ilegales se evidenció en el 2017 con la detección de cinco trazas hostiles que ingresaron al país provenientes de Centroamérica. A pesar de que en todos los casos se utilizaron pistas ilegales en la costa Atlántica, solo una traza se presentó en la costa Pacífica utilizando la playa como pista de aterrizaje.

Por medio de un proceso inductivo, se tomó como referente esta operación positiva de Defensa Aérea, por la cercanía con las fuentes de información disponibles para hallar los aspectos particulares inmersos en este caso, que permitan comprender las características de la amenaza aérea y centralizar la observación en determinadas áreas críticas de interés para la fuerza pública. Cabe anotar que este es un ejemplo de operación aérea contra el accionar de las organizaciones delictivas que ponen en riesgo el espacio aéreo y, por ende, la seguridad nacional.

Como se describe en la figura 1, con el propósito de obtener la información necesaria para dar respuesta a la pregunta de investigación, se utilizaron tres técnicas cualitativas de recolección de datos. Primero se desarrolló la observación del entorno operativo alrededor de los medios aéreos utilizados durante esta operación y luego se hizo una revisión documental del

archivo operacional sobre los protocolos utilizados por las tripulaciones, con el fin de hallar los factores contribuyentes.

Una vez hallados dichos factores ilegales se identificaron los principales observatorios académicos afines, en materia de seguridad y defensa del país. Mediante entrevistas a expertos se halló un modelo común de observación y análisis que tuviera la capacidad de abordar dichos temas y contribuyera a formular la propuesta para la creación de un Observatorio de Defensa Aérea.

La observación se realizó mediante la consulta a diferentes analistas de los principales centros académicos y observatorios especializados en temas de drogas, seguridad y defensa, en los que, por un espacio de seis meses, se identificaron las experiencias que los participantes aportaron como ideas valiosas para proponer un proceso pertinente de observación y análisis. Allí se hizo una valoración interpretativa a una población limitada de espacios académicos, con el fin de comprender las experiencias y vivencias de un entorno específico como datos de valor, para entender la dinámica de un observatorio en seguridad y defensa y, de esta manera, proponer la creación de un espacio académico de similares características para la FAC.



**Figura 1.** Metodología de la investigación

Fuente: elaboración propia con base en Hernández et al. (2014).

Partiendo de que en la investigación cualitativa la muestra no es determinante por su bajo rigor probabilístico, inicialmente se identificó la población de centros educativos que poseen centros de investigación orientados

a la seguridad y defensa, y se definió cada observatorio como una unidad de análisis a investigar. La muestra es intencional y flexible, ya que, a medida que se iba desarrollando el proceso de observación y recolección de datos, se identificaron nuevos elementos aportados por los expertos y otros participantes. La muestra también es de carácter homogéneo debido a que los observatorios poseen un mismo perfil o características similares por estar orientados al ámbito de la seguridad y la defensa.

## El caso de estudio

El objeto de estudio de esta investigación es un caso táctico de tipo traza hostil, que, por tratarse de una violación directa a la soberanía nacional, obliga a desarrollar una operación de Defensa Aérea de alta complejidad, en la que se ponen a prueba las capacidades operativas del Sistema de Defensa Nacional. Estos vuelos ilegales son un riesgo permanente que debe enfrentar a diario la Defensa Aérea, por lo que es pertinente hacerles un seguimiento y análisis para hallar acciones de mejora tendientes a contrarrestar dichos actos delictivos.

El sistema de Defensa Aérea ha definido varias clasificaciones a las trazas que son detectadas diariamente por la vigilancia del espacio aéreo —en este caso, por los radares militares y civiles del país que se encuentran integrados al Centro de Comando y Control de la FAC—. Este centro integra los principios doctrinarios de unidad de mando, control centralizado y ejecución descentralizada, con el fin de desarrollar operaciones aéreas para el cumplimiento de la misión institucional. En consecuencia, estos casos son de gran relevancia para la Defensa Aérea, ya que implican poner en marcha los protocolos y procedimientos para contrarrestar la amenaza sin incurrir en daños colaterales o la pérdida de vidas inocentes.

En general, estos casos ocurren en área de frontera, lo que reduce la capacidad de operación de las aeronaves debido a las limitaciones en distancia y capacidad de reabastecimiento de combustible, que permite acelerar la toma de decisiones en función de conocer la identidad de todas las aeronaves en vuelo detectadas por el sistema, las cuales, por sus características, requieren de una acción diferencial en cada caso.

Una traza se cataloga como hostil al tratarse de una aeronave ilegal que claramente viola el espacio aéreo nacional, al ingresar al país sin autorización para llevar a cabo actividades ilícitas. Estas trazas implican la

utilización inmediata de un avión militar equipado con un radar de detección (Plataforma de Seguimiento Cercano) y aviones de combate, con el fin de adelantar los protocolos de interceptación e inutilización de la amenaza.

Según la DIDAA, durante el 2017 se presentó una traza hostil en la zona de jurisdicción del Comando Aéreo de Combate n.º 7. Por sus características y complejidad debió ser sometido a los protocolos de Defensa Aérea que implicaban el uso de armas para neutralizar la aeronave ilegal si esta no atiende las instrucciones de las aeronaves interceptoras.

## Acceso al campo

Con el fin de tener acceso a la información operativa de la traza hostil N6786M, se hizo la gestión de dicho movimiento ilegal ante el Comando Aéreo de Combate n.º 7, por ser la unidad aérea encargada de desarrollar operaciones aéreas en el occidente colombiano y, por consiguiente, tener la jurisdicción en el área donde se registró este hecho.

Para obtener la documentación del archivo operacional se direccionó la búsqueda de información al Grupo de Combate N.º 71<sup>[2]</sup> en el que se encontró la descripción de los hechos que condujeron a la inutilización de la aeronave ilegal. También se observó el proceso operacional y se entrevistó a las tripulaciones de las aeronaves interceptoras participantes, con el fin de determinar los procedimientos tácticos tenidos en cuenta durante dicha operación.

## Recolección de datos

Este proceso se realizó mediante tres técnicas cualitativas de recolección de datos: primero la observación; segundo la revisión documental de los archivos operacionales relacionados con el objeto de estudio (operación positiva), que permitió hallar los aspectos inherentes del problema planteado, y, la tercera, la entrevista semiestructurada realizada a expertos e integrantes de los observatorios que proporcionaron la información para hallar

---

2 Este corresponde al área operativa de la Base Aérea de la FAC, denominada Comando Aéreo de Combate n.º 7 ubicado en la ciudad de Cali Valle.

un modelo de observatorio pertinente con base en las relaciones comunes de sus opiniones.

La recolección de datos inició con la información suministrada por el personal operativo que participó directamente en la operación de inutilización de la aeronave ilegal. Ellos permitieron hallar los factores contribuyentes o inherentes a este hecho, que son susceptibles de análisis e intervención por parte de la institución. Una vez identificados estos aspectos, se encontró un modelo pertinente de observación y análisis, por medio de varias visitas de campo a diferentes observatorios afines. Se invitó a un grupo de analistas y expertos, los cuales poseían una notable experiencia en la formulación de estrategias para la lucha contra las drogas y a quienes se les realizó una entrevista semiestructurada con preguntas abiertas y específicas que permitieron describir la organización y la dinámica en general, de un observatorio en temas de seguridad, defensa y lucha contra las drogas.

La entrevista quedó estructurada con seis preguntas principales, las cuales se realizaron mediante elementos coincidentes entre las partes, tomando como soporte el Manual para la Creación de Observatorios Nacionales sobre Criminalidad y Violencia de la Organización de Estados Americanos (OEA). Las tres primeras preguntas fueron sobre estructura, líneas de investigación y modelo de observación y análisis; las dos siguientes, sobre financiación y aspectos jurídicos de los centros de investigación y, finalmente, una pregunta abierta denominada otros elementos, en la que cada participante daba su opinión o recomendación adicional para la creación de un observatorio. El cuestionario no fue sometido a un comité de ética por cuanto su contenido no evidenciaba un riesgo de fuga de información privilegiada, razón por la cual no se requirió consentimientos informados sobre la utilización de la información.

Los entrevistados fueron:

- El director del Centro de Estudio sobre Seguridad y Drogas.
- El director del Observatorio de Seguridad y Defensa.
- El director del Instituto de Estudios Estratégicos de la Universidad Militar Nueva Granada.
- El asesor del Centro Regional de Estudios Estratégicos en Seguridad de la Escuela Superior de Guerra.
- El asesor del Instituto de Estudios Estratégicos (IEGAP).

**Tabla 1.** Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnica	Instrumento	Orientación	Proceso de análisis
Observación	Guía de observación	Centros académicos de investigación y observatorios	Cuadro comparativo
Revisión documental	Guía de revisión documental	· Órdenes de vuelo · Misiones cumplidas · Informe de operación	Resumen operativo
Entrevistas	Cuestionario	· Expertos en temas de seguridad y defensa · Tripulantes de vuelo	Triangulación

Fuente: *elaboración propia.*

## Revisión documental

Mediante la revisión documental relacionada con la traza hostil N6786M se analizaron varias fuentes de información que recopilaron todo el historial de eventos ocurridos en dicha operación:

- Órdenes de vuelo (aeronaves interceptoras y seguimiento cercano).
- Análisis del movimiento ilegal (Escuadrón Defensa Aérea 714).
- Informe de la traza hostil.
- Videos y fotografías.

Dentro de la documentación analizada se encuentran los informes de la operación (misión cumplida) presentados por los pilotos de las aeronaves interceptoras tipo AH-60 Arpía, AC-47, A-29 Súper Tucano y SR-560. Allí, se relatan los hechos desde la alerta a las aeronaves por parte del CCOFA hasta la consolidación del área por parte de las fuerzas de superficie (Armada Nacional).

## Entrevistas

Se llevaron a cabo entrevistas con el personal operativo que participó directamente en la operación de inutilización de la aeronave ilegal, lo cual permitió identificar los factores contribuyentes al hecho. Los entrevistados fueron:

- Piloto avión AC-47.
- Piloto helicóptero Arpía.

- Pilotos aeronaves interceptoras A-29.
- Oficial director de Misión Plataforma SR-560.

## Observación

Se realizó a través del registro de anotaciones de carácter temático sobre las diferentes ideas, percepciones y conclusiones de los tripulantes respecto a los diferentes aspectos relacionados con la geografía, meteorología y *modus operandi* de las organizaciones delictivas.

El proceso de análisis fue acorde con el enfoque metodológico cualitativo con el que se recogió la información, que, en términos de Latorre *et al.* (2021), se caracteriza por el significado del mundo social construido y reconstruido continuamente por sus actores, y la manera como reconocen, viven, sienten y experimentan el mundo. La recolección y el análisis se efectuaron simultáneamente, teniendo en cuenta que, a medida que se obtenían datos, se realizaba su respectivo análisis a través de la identificación de los temas que se agrupaban en categorías.

Al realizar las entrevistas a los pilotos del Comando Aéreo de Combate n.º 7 que participaron en la operación de traza hostil, a los integrantes de los observatorios académicos, así como la revisión de varios documentos, se obtuvo conocimiento sobre esa realidad. El análisis de datos se hizo a través de la comparación constante de las respuestas y de la información con el fin de hallar aspectos comunes, diferencias y coincidencias conceptuales, técnicas y procedimentales. El propósito fue identificar la necesidad del observatorio, así como su estructura y funcionalidad.

La búsqueda de información para el presente estudio de caso se adelantó en dos fases principales. En la primera se trató de analizar la información operativa obtenida sobre el desarrollo de la operación de la traza hostil N6786M suministrada por el Grupo de Combate n.º 71. Esta fuente de información es coherente con el propósito del estudio de caso, en tanto los datos fueron obtenidos del archivo operacional (revisión documental) y directamente de las tripulaciones participantes en dicha operación (entrevista).

La segunda fase se desarrolló con la asesoría de varias instituciones públicas y privadas como el IEGAP (UMNG), el Centro Cress (ESDEGUE) y el CESSED (Uniandes), que, por su afinidad a la labor de análisis de la problemática de la lucha contra las drogas, significaban una fuente confiable de obtención de datos relacionados con el objeto de estudio.

## Traza hostil N6786M

El tema central de la presente investigación radica en la obtención de información operativa relacionada con la traza hostil registrada el 6 de agosto del 2017, donde se evidenciaron múltiples factores relacionados con el uso del espacio aéreo nacional con fines ilícitos, los cuales sirvieron de referente para hallar un modelo pertinente de observatorio desde el punto de vista de varios expertos en temas relacionados con la lucha antidrogas.

Los propósitos e interrogantes del presente estudio de caso se orientaron principalmente al hallazgo de los aspectos de carácter ilícito, relacionados con la utilización de una aeronave ilegal proveniente de fuera del país, que tenía como fin el transporte de drogas ilegales desde una región inhóspita del pacífico colombiano.

### Contexto operacional

El 6 de agosto del 2017 el Sistema de Defensa Aérea de la Fuerza Aérea detectó una traza sospechosa proveniente de Centroamérica por el Océano Pacífico y con rumbo hacia espacio aéreo colombiano. El Centro de Comando y Control ordenó la reacción de una plataforma de seguimiento cercano tipo SR-560, que detectó un aeronave tipo Cessna C-210 matrícula N6786M dispuesta a aterrizar en una playa en el departamento del Cauca. De acuerdo con las bases de datos, la matrícula de la aeronave era falsa y no se tenía registro de su plan de vuelo en el área donde fue detectada, lo que confirmó su ilegalidad.

Se ordenó el despegue hacia el área de una aeronave AC-47 Fantasma, un elemento de aviones Súper Tucano A-29 (interceptores) y un helicóptero Arpía AH-60. De acuerdo con el protocolo de Defensa Aérea, se tuvo contacto radar con la aeronave ilegal antes de aterrizar en una playa cerca al municipio de Guapi, donde se efectuó el procedimiento de Fase 1 (intercepción) y Fase 2 (disparos disuasivos), sin obtener respuesta del piloto de la aeronave interceptada. Por consiguiente, se catalogó la traza como hostil y se procedió a la Fase 3, con el uso de la fuerza letal en tierra por parte de una de las aeronaves interceptoras (Convenio Air Bridge Denial, 2003). A pesar de que en el momento se alertó a la Armada Nacional para que procediera a consolidar el área de la operación, por condiciones meteorológicas solo fue posible acceder al lugar el día siguiente. Allí se encontró



la aeronave incinerada, sin rastros de droga u otras evidencias que permitieran inferir el propósito del vuelo.

### **Grupo de Combate n.º 71-CACOM-7**

El Grupo de Combate n.º 71 es el encargado del desarrollo de operaciones aéreas en el área de jurisdicción del suroccidente del país. Su misión es garantizar la seguridad de la región y dar apoyo a otras Fuerzas y la población civil, a través de misiones de reconocimiento aéreo, transporte de personal y de carga, evacuación aeromédica, ataque aéreo y Defensa Aérea. Desde esa base aérea se lanzaron las aeronaves para la operación de control del espacio aéreo que permitió neutralizar la amenaza.

### **Aeronaves participantes**

En esta operación participaron las aeronaves de combate AH-60 Arpía, AC-47 Fantasma y A-29 Súper Tucano, que cuentan con capacidad de armamento para aplicar la fuerza en cumplimiento de la operación interceptación y neutralización, que dejó inoperante en tierra la aeronave ilegal de matrícula falsa N6786M.

### **Tripulaciones participantes**

El perfil de los tripulantes está relacionado con sus capacidades operativas para operaciones de interdicción a través de la interceptación e inutilización de aeronaves ilegales.

### **Fuentes**

Las entrevistas se realizaron de manera abierta en el ambiente laboral y cotidiano de los pilotos y tripulantes de vuelo que participaron en la operación de Defensa Aérea, como un aspecto a favor de la investigación con el fin de obtener conceptos, percepciones, opiniones y experiencias vividas durante la ejecución de esta interdicción. Las preguntas se orientaron a los factores inherentes o asociados en torno al *modus operandi* de la aeronave ilegal durante su vuelo en espacio aéreo colombiano.

### **Recursos empleados**

A nivel institucional se contó con el apoyo de los oficiales y suboficiales tripulantes de aeronaves operativas, así como con la colaboración del equipo

de expertos analistas de la Universidad Militar Nueva Granada y Escuela Superior de Guerra.

## El protocolo

La detección de una aeronave sobrevolando sobre el Océano Pacífico, sin el respectivo plan de vuelo y reporte a las autoridades aeronáuticas ocasionó la reacción del Sistema de Defensa Aérea que catalogó dicha traza como sospechosa, sin embargo, por las características propias de un aeronave destinada al uso de transporte de sustancias ilícitas fue catalogada como traza hostil, lo que requirió la puesta en marcha del Protocolo de Defensa Aérea que llevó a la inutilización de la aeronave ilegal (N6786M). Como parte del análisis de esta operación surgieron varios aspectos que merecen atención particular con el fin de adoptar las medidas preventivas para evitar que una amenaza de este tipo se vuelva a presentar. Se identificaron factores operativos para establecer los procedimientos llevados a cabo durante la misión, los cuales dieron como resultado la inutilización de una aeronave ilegal.

El protocolo de interceptación adoptado para este caso se siguió de acuerdo a las normas internacionales del Anexo II de la Convención sobre Aviación Civil celebrada en 1944, por la Organización de Aviación Civil, la cual definió las siguientes tres fases de interceptación:

### Fase 1. Señales visuales y radiotelefónicas

Se harán intentos por establecer contacto por radio con la aeronave interceptada y, de ser necesario, mediante señales visuales para determinar la identidad del piloto de la aeronave interceptada.

### Fase 2. Disparos disuasivos

Disparos de advertencia para demostrar al piloto de la aeronave interceptada que tiene que cumplir con las órdenes de la aeronave interceptora.

### Fase 3. Uso de la fuerza

Procedimientos de comunicaciones por radio para advertir a la aeronave interceptada que se deberá disparar contra ella si se niega a obedecer. La fuerza utilizada no deberá exceder el mínimo necesario para inutilizarla,

empezando con un nivel de fuego mínimo para persuadir a la aeronave interceptada. El nivel de fuerza podrá aumentarse si la aeronave continúa negándose a obedecer las instrucciones dadas por la aeronave interceptora.

En el presente estudio de caso, la traza ilegal hizo caso omiso a todos los intentos por establecer la identidad e intenciones del vuelo ilegal. Fue necesario el uso de la fuerza letal que dio como resultado su inutilización en tierra. De acuerdo con las entrevistas a las tripulaciones participantes en la operación, se establecieron los siguientes factores asociados a esta dinámica ilegal:

- *Factores contribuyentes.* Como resultado del análisis, descripción e interpretación de los datos obtenidos de los tripulantes participantes, se hallaron varios factores relacionados con el contexto en que se registró la traza hostil N6786M.
- *Factores geográficos.* Significaron un desafío para las aeronaves interceptoras por la distancia desde su base de lanzamiento. Por tratarse del suroccidente del país —municipio de Guapi—, las características del terreno pueden favorecer posibles vuelos ilegales al estar en un área montañosa, en frontera y con baja presencia de fuerza pública. El relieve y las condiciones atmosféricas allí son aprovechadas por narcotraficantes para incrementar sus finanzas con cultivos ilícitos y con la ubicación de grandes laboratorios para el procesamiento de alcaloides. Al ser área boscosa de clima tropical, las condiciones climáticas son muy variables e inestables, debido a la constante humedad que ocasionan las constantes lluvias y tormentas eléctricas.

La operación de aeronaves ilegales pequeñas para el transporte de drogas desde pistas ilegales, se ha detectado en los últimos años en la Costa Pacífica. Por lo tanto, se requiere ubicar los segmentos de costa que ofrecen una mayor longitud de aterrizaje a este tipo de aeronaves. Para determinar esta variable también se deben tener en cuenta las áreas de baja cobertura radar y las tablas de mareas que determinan la mayor extensión de superficie terrestre para aterrizajes en la playa.

- *Narcotráfico.* La organización delictiva involucrada en este movimiento ilícito tiene la capacidad de realizar vuelos ilegales desde Centroamérica hacia Colombia, lo cual sugiere una relación directa

con carteles transnacionales encargados del trasiego de la droga hacia Norteamérica. En Colombia se debe identificar la estructura ilegal encargada de coordinar el acopio y la logística para el transporte de la droga y su respectiva comercialización.

Según el reporte de la *Apreciación de Situación del 2017 del Grupo de Inteligencia del Comando Aéreo de Combate n.º 7*, se tenía conocimiento que en el área de Guapi existían vínculos entre mafias de narcotráfico con exintegrantes de algunas estructuras de la guerrilla como son la *Columna Móvil Miller Perdomo*, el *Frente Urbano Manuel Cepeda Vargas* y *Frente 30 de las FARC*, que no se integraron al proceso de paz adelantado con el Gobierno nacional. Adicionalmente, se habla de la presencia de individuos que se identifican como integrantes del extinto grupo *EPL (Pelusos)*, que estarían reclutando a las disidencias de las *FARC* para unirlos al negocio ilícito del narcotráfico.

Así mismo, *Apreciación de Situación 2017* describía los corredores de movilidad y la ubicación de ríos utilizados por los narcotraficantes hasta el Océano Pacífico y cómo se les facilitaba cruzar esta zona inhóspita de la región del río Naya, debido a que les permite desarrollar abiertamente sus actividades ilícitas. Sobre este mismo sector se ubican grandes extensiones de cultivo de hoja de coca y laboratorios para el procesamiento de alcaloides, los cuales son controlados por disidencias de las *FARC* desde el municipio de López de Micay (Cauca) hasta Buenaventura (Valle). La droga producida en la región del Naya está siendo transportada por el río del mismo nombre hacia la Costa Pacífica, desde donde se envía a través de vuelos ilegales y lanchas rápidas.

- *Cultivos ilícitos.* El registro de vuelos ilegales para el transporte de drogas está directamente relacionado con las regiones de mayor concentración de cultivos de coca. El aumento de la densidad de cultivos ilícitos en el occidente del país tiene un efecto directo en el incremento de la oferta de cocaína, principalmente desde los departamentos de Cauca y Nariño. Esto puede incidir en un aumento de vuelos ilegales hacia la región. Según el *Censo de Cultivos de Coca del 2020*, publicado por el *Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos*, los departamentos de Nariño, Cauca y Putumayo constituyen la mayor densidad de los cultivos de hoja de coca del país. Adicionalmente, existen condiciones de vulnerabilidad muy fuertes que limitan las alternativas de intervención y facilitan el accionar de grupos armados ilegales.

- *Otros factores.* El *modus operandi* que se ha observado en el país en las dos últimas décadas ha evidenciado otras áreas críticas en las que se deben orientar las líneas de investigación de un observatorio: minería criminal, financiación de grupos armados organizados, presencia de carteles transnacionales, inmigración ilegal, lavado de activos, homicidios, deforestación, tráfico ilegal de armas y actividades relacionadas con el uso de aeronaves ilegales para comercialización de drogas —como el gomeleo y robo de aeronaves legales—, corrupción aeroportuaria, uso de pistas ilegales, reclutamiento de pilotos para el servicio del narcotráfico, entre otros.

Los resultados obtenidos de la observación de los centros de conocimiento afines a temas de seguridad y defensa se consolidaron mediante temas como funcionamiento, estructura física, procesos internos, líneas de investigación, publicaciones, entre otros aspectos, para hallar un modelo común y pertinente que sirviera de referencia para elaborar la propuesta de un Observatorio de Defensa Aérea, como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Comparativo de observatorios existentes en Colombia

	Centro de Estudio sobre Seguridad y Drogas (CESED)	Asesor Observatorio de Seguridad y Defensa (CREES)	Director Instituto de Estudios geográficos y Asuntos Políticos (IEGAP)
<b>Categoría</b>	UNIANDES	ESDEGUE	UMNG
<b>Funciones del observatorio</b>	Elaborar medidas o índices en temas de seguridad para medir eficacia (indicadores).	Observación de amenazas, conflictos, temas de seguridad y defensa.	Generar conocimiento de situaciones coyunturales a nivel interno y externo del país en materia de seguridad y posconflicto.
<b>Líneas de investigación</b>	Enmarcadas en el costo – beneficio de políticas de lucha contra las drogas.	Ocho Líneas de investigación de la ESDEGUE en DD. HH., logística, ciber guerra y seguridad y defensa.	Dos líneas de investigación: un frente externo sobre geopolítica y geoestrategia y un frente interno sobre seguridad y defensa.
<b>Informes y medios de difusión</b>	Boletines de la Facultad de Economía sobre drogas y conflicto / Redes sociales	Difusión de boletines a través del website de la ESDEGUE y portal académico Issue.com	Los boletines se distribuyen sobre los estudiantes de la universidad y se envían a instituciones académicas externas.
<b>Financiación</b>	A través de donaciones de financiadores que solicitan estudios respecto a determinados temas.	No se necesitan recursos porque la investigación se hace a través de pasantes y los boletines se publican de manera digital sin costo.	La financiación del observatorio depende de la universidad; sin embargo, los boletines y libros que se producen no tienen ningún costo.
<b>Aspectos legales</b>	Deben existir acuerdos de confidencialidad y compromisos éticos de protección a la información.	Se tienen políticas de exclusión en temas políticos.	Se cuenta con un protocolo de manejo de información reservada de acuerdo al tipo de información que se maneja.
<b>Otros elementos</b>	El Centro debe tener una ubicación definida con un director visible y con una publicación o estudio claro a difundir.	Se debe definir el público o población al que se va a enfocar el observatorio, los recursos disponibles y el capital humano con que cuenta el observatorio.	Se debe definir el equipo de trabajo compuesto mínimo por un politólogo, un internacionalista y un abogado.

Continúa

	Director Observatorio de Seguridad y Defensa (Centro de Estudios Estratégicos en CREES)	Asesor Observatorio IEGAP	Propuesta Observatorio en Seguridad
<b>Categoría</b>	ESDEGUE	UMNG	Elementos coincidentes
<b>Funciones del observatorio</b>	Observación del entorno nacional e internacional para analizar posibles amenazas y generar estrategias en materia de seguridad.	Analizar el entorno nacional como internacional para generar análisis e investigaciones sobre asuntos de seguridad que sirvan de referencia para las políticas de gobierno.	Un observatorio hace observación y análisis sobre temas que permitan elaborar propuestas para la formulación de políticas en materia de seguridad y defensa.
<b>Líneas de investigación</b>	Las líneas de investigación de la ESDEGUE sobre seguridad y defensa se definen en áreas generales de investigación, posteriormente en variables y finalmente en líneas de investigación.	El observatorio solo apoya una de las líneas de investigación del Instituto IEGAP.	El observatorio posee una o dos líneas de investigación orientadas a la seguridad y defensa.
<b>Informes y medios de difusión</b>	El observatorio genera un boletín quincenal, que, al consolidarlo, genera un documento de trabajo; estos a su vez conforman un estudio más grande en relación a un tema de seguridad y defensa.	La difusión se hace de manera digital a instituciones académicas a nivel nacional e internacional.	El observatorio hace difusión de informes periódicos que al consolidarse forman estudios más estructurados y completos.
<b>Financiación</b>	La ESDEGUE como órgano superior del observatorio financia las actividades de investigación, publicaciones y trabajo de campo.	La financiación depende de la UMNG que a su vez sostiene al IEGAP y este al Observatorio SPECTO.	Un observatorio no requiere obligatoriamente recursos económicos porque la planta de personal puede ser soportada por una institución pública, además la producción de boletines se puede hacer de manera digital sin costo.
<b>Aspectos legales</b>	Se tiene una cláusula de confidencialidad para la protección de la información.	Se maneja un formato de confidencialidad para proteger la información de carácter restringido.	Se maneja una cláusula de manejo de información de acuerdo a lo ordenado por la institución a la que depende el observatorio.
<b>Otros elementos</b>	Se debe definir el equipo de trabajo de investigadores y hacer parte de un semillero de investigación.	Definir una misión, visión, objetivos y el producto a alcanzar como resultado de investigación.	El observatorio está orientado a principalmente a instituciones públicas y académicas. Tendrá un recurso humano, una sede definida y una población a la que está orientada sus resultados.

Fuente: *elaboración propia*.

## Hallazgos

A continuación, se describen los aspectos concluyentes presentados en la tabla anterior, para organizar la estructura de un Observatorio de Defensa Aérea derivados del proceso de investigación.

## Componentes de un observatorio

### *La organización*

Se define principalmente por la misión de la institución y sus objetivos, los proyectos a desarrollar y un equipo de trabajo representado por expertos e investigadores que dan a conocer a la opinión pública sobre hechos

relevantes en materia de seguridad. El objetivo común de estos espacios está orientado a integrar información de diferentes fuentes o sectores responsables en la formulación de políticas públicas, en torno a los delitos cometidos por actores armados no estatales, insurgencia y terrorismo, entre otros.

Se pudo establecer que la estructura fundamental de un observatorio se resume en tres partes esenciales: área misional, área de observación, análisis e investigación y área de publicaciones, como se presenta en la figura 2.

 CATEGORÍAS	 Universidad del Rosario	 O.D.C. OBSERVATORIO DE DROGAS DE COLOMBIA	 UNODC	 Observatorio de Política Criminal
<b>Área misional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación, seguimiento y análisis de actores armados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión realidad de las drogas</li> <li>Formulación de políticas, planes y programas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento sobre naturaleza, alcance y tendencia de la problemática de las drogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecimiento institucional de las políticas públicas contra la criminalidad</li> </ul>
<b>Líneas de investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insurgencia</li> <li>Grupos terroristas</li> <li>Tráfico de drogas y armas</li> <li>Crimen organizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo y oferta de drogas</li> <li>Criminalidad asociada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecimiento institucional</li> <li>Prevención del consumo</li> <li>Mitigación e inclusión</li> <li>Tratamiento y rehabilitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rama judicial</li> <li>Seguridad ciudadana</li> <li>INPEC</li> <li>Salud</li> </ul>
<b>Publicaciones</b>				

**Figura 2.** Estructura fundamental de observatorios en Colombia

Fuente: *elaboración propia.*

Las investigaciones realizadas por estos observatorios indican que su función principal es proveer información objetiva, oportuna y confiable para brindar comprensión a la realidad nacional e internacional sobre el problema de la seguridad, la defensa y la lucha contra las drogas (UNODC, 2020).

En el caso del Observatorio de Drogas de Colombia, su modelo de generación radica en el análisis de información para la generación de estrategias y políticas tendientes a abordar de manera integral la problemática de las drogas. Entre ellas se encuentran:

- Estudios e investigaciones.
- Bases de datos.
- Sistemas de alerta temprana.
- Referenciación geográfica.

En cuanto a los estudios e investigaciones, el Observatorio de Defensa Aérea desarrolla diferentes metodologías para analizar factores como la producción, tráfico y consumo de drogas, así como los delitos conexos a esta problemática. De manera adicional, a través de bases de datos se integra la información de las Naciones Unidas, Fuerzas Militares, Ministerio de Justicia, entre otros, con el fin de contribuir a la formulación y ajuste de políticas, la toma de decisiones y el mejoramiento de estrategias sobre la base de los indicadores respecto al ciclo sistémico del narcotráfico.

Dichos estudios e investigaciones se realizan con diferentes metodologías para determinar problemáticas que amenazan la seguridad, la paz y las oportunidades de desarrollo en el país. En el caso de las Naciones Unidas, se desarrolló el proyecto del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos, que, a través de imágenes satelitales, realiza el monitoreo de la extensión de los cultivos ilícitos en Colombia. Así, los censos de cultivos de coca se constituyen en la fuente primordial para el desarrollo de estudios de la capacidad de producción de drogas en el país.

### *Las funciones*

Con base en la interpretación de la información en la categoría Estructura y Funciones del Observatorio, el elemento primario coincidente es el proceso de observación de entornos o amenazas, desde la perspectiva de la seguridad y la defensa, con el fin de generar análisis e investigaciones que sirvan de referencia para las instituciones públicas que enfrentan dichas problemáticas. Se busca generar debate y reflexión respecto a la manera más adecuada de enfrentar diferentes problemáticas que en la actualidad hacen parte del ámbito de la Defensa Aérea.



### *Líneas de investigación*

En cuanto a los elementos comunes de las líneas de investigación de cada observatorio, se pudo establecer que un instituto o centro de investigación puede tener varios observatorios; no obstante, este último podrá tener una o dos líneas de investigación que generalmente están orientadas hacia un entorno nacional y otro internacional.

El modelo de observación más pertinente para adoptar es el de enfocar la investigación desde áreas particulares a temas más generales, cuya sumatoria de resultados permite hallar evidencias concluyentes sobre el área de interés sujeta de observación y seguimiento.

### *Artículos académicos y medios de difusión*

Por medio de la observación y análisis de las áreas o temas definidos en las líneas de investigación de los observatorios y centros de investigación, se elaboran artículos académicos de análisis con una determinada periodicidad, de tal manera que, al concentrar la atención en un mismo tema de interés, al final de un determinado periodo se consoliden todos los resultados en un solo estudio que obtenga aspectos más concluyentes y acertados respecto al objeto de investigación. En la mayor parte de los casos, los estudios analizan comportamientos por espacios de un año, con el fin de determinar las diferentes tendencias de las problemáticas que mensualmente son objeto de seguimiento y estudio.

### *Financiación*

Los observatorios que dependen de entidades públicas generalmente solo requieren apoyo en capital humano, por ello, no incurren en costos económicos significativos, ya que el personal que lo integra depende directamente de la institución. Así mismo, los artículos se difunden de manera digital por medios virtuales, por lo que no es necesario el uso de recursos logísticos que impliquen un alta inversión económica.

### *Área jurídica*

Los observatorios deben tener cláusulas de confidencialidad y actas de compromiso respecto al manejo y protección de información reservada. Se requieren controles por parte del nivel directivo sobre las normas de publicación y aprobación de los contenidos antes de ser publicados, teniendo en cuenta que se excluyen todos los aspectos con énfasis políticos.

## Asertos

Un observatorio es un subcomponente de un instituto o centro de investigación en temas de seguridad y defensa. Por tanto, tales instituciones pueden tener uno o varios observatorios, que, a su vez, se encargan de analizar una o múltiples líneas de investigación.

El proceso de investigación, principalmente el análisis de la información, en el caso de la traza hostil y los hallazgos, hacen posible registrar los siguientes asertos:

Posterior al análisis de la información operacional de la traza hostil, se concluye que la oportuna reacción de las aeronaves se logró gracias a la eficiente alerta temprana de los radares de Defensa Aérea. Por las características de velocidad y altura se pudo precisar que se trataba de un aeronave pequeña tipo monomotor, cuyo propósito principal podría tratarse del transporte de drogas desde Centroamérica. Debido al sobrevuelo a baja altura se presumía que la aeronave ilegal se dirigía a aterrizar en un campo no preparado (pista ilegal) sobre la playa, como es un *modus operandi* característico en esta región.

Otro aspecto operativo concluyente es la correcta ejecución del protocolo de Defensa Aérea, el cual es obligatorio para llegar a ejecutar la inutilización de una aeronave hostil, toda vez que se agotaron los intentos de establecer comunicación a través de medios radiotelefónicos y visuales sin obtener respuesta de la aeronave ilegal.

No obstante, los tripulantes de las aeronaves operativas concluyen que se deben analizar las variables que intervienen en estos casos, como la relación de este vuelo con el creciente incremento de cultivos ilícitos en el departamento del Cauca, las estructuras ilegales en el occidente colombiano, la influencia de carteles transnacionales en la región, entre otros.

Otro factor determinante tiene que ver con la percepción de las tripulaciones frente a estos casos, ya que perciben que aparentemente se está actuando de manera reactiva debido a que no se tienen áreas de interés o zonas críticas en las que, por periodo, se deba concentrar el seguimiento y la observación de los factores de riesgo antes de que se registren estas actividades ilícitas por vía aérea.

Por último, se puede deducir que si se hubiera hecho un seguimiento previo, a través de un observatorio a los diferentes factores que confluyen en la región, se hubiera podido lograr una mayor anticipación a los

hechos y, por ende, una mayor claridad de los actores ilegales que intervinieron en este hecho.

### *La estructura y funcionamiento a partir de observatorios afines*

Los observatorios académicos y centros de análisis e investigación de entidades académicas públicas y privadas poseen estructuras y dinámicas similares en relación con el proceso de observación, análisis y difusión de artículos académicos en materia de seguridad, defensa y lucha contra las drogas.

Los elementos sugeridos de manera particular en los observatorios referenciados fueron un observatorio en seguridad y defensa debe tener una organización definida con un recurso humano disponible, una ubicación determinada y una publicación o estudio a desarrollar como producto de investigación.

Se debe tener claro el público o población al cual se va a enfocar el observatorio, o hacia dónde van dirigidos los resultados a través de una estructura estratégica (organigrama) clara en cuanto a su misión, visión, objetivos y líneas de investigación. Finalmente, el observatorio debe orientarse fundamentalmente a instituciones públicas y académicas relacionadas con el sector defensa.

La cooperación académica entre instituciones educativas también es un imperativo esencial en la formación de conocimiento a través de redes que se complementen entre sí, en función de unir esfuerzos para la comprensión de la dinámica ilegal aérea.

## **La propuesta: Observatorio de Defensa Aérea**

La importancia de un espacio académico para la Fuerza Aérea radica en la necesidad de abarcar de manera analítica los múltiples riesgos a los que está expuesto el Sistema de Defensa Aérea Nacional, teniendo en cuenta las crecientes amenazas emergentes que surgen a menudo en el país con el fin de fomentar la recolección, el procesamiento y el análisis de datos en temas de Defensa Aérea para generar artículos académicos que coadyuven a comprender las diferentes problemáticas, y aumentar la capacidad operativa de la institución para enfrentarlas.

Al crear el observatorio con capacidad de abarcar diversos temas asociados al tráfico ilegal de drogas por vía aérea y generar artículos académicos

sobre el uso de aeronaves ilegales y sus delitos conexos en el ámbito nacional y transnacional, se pretende contribuir a la formulación de políticas por parte de entidades públicas para reorientar los esfuerzos institucionales en materia de lucha contra las drogas por vía aérea y, de esta manera, aumentar la capacidad de análisis y la toma de decisiones en materia de Defensa Aérea, para así, fortalecer su contribución a la defensa de la soberanía y el control del espacio aéreo.

A continuación, se presenta la propuesta detallada del Observatorio de Defensa Aérea:

### **Misión**

El Observatorio de Defensa Aérea promueve el estudio académico a través de un modelo de observación, análisis y publicación de artículos académicos que sirven como referente para la FAC y otras instituciones públicas y privadas, en la lucha contra las drogas por vía aérea y la comprensión de amenazas a la Defensa Aérea en el contexto nacional y hemisférico.

### **Visión**

Para el 2030 el Observatorio de Defensa Aérea será reconocido como un centro de estudios geoestratégicos e investigación interdisciplinaria que, a través de una plataforma virtual, genere conocimiento en cuanto a la evolución de las amenazas a la Defensa Aérea a nivel hemisférico y global.

### **Objetivo**

Observar y analizar problemáticas asociadas al tráfico ilícito de drogas por vía aérea, con el fin de generar artículos académicos en materia de Defensa Aérea que sean referentes para la formulación de políticas y estrategias por parte de instituciones públicas y privadas.

### **Organización**

Como resultado del proceso de investigación que buscaba hallar un modelo de observatorio apropiado y pertinente de acuerdo con las necesidades de la institución, este funcionará de acuerdo a una estructura compuesta por tres divisiones principales: administrativa, observación y análisis, y publicaciones.



**Figura 3.** Organigrama Observatorio de Defensa Aérea

Fuente: elaboración propia.

### Área administrativa

Como se observa en la figura 3, el área administrativa se encarga de la administración del talento humano del observatorio y de la gestión logística de los recursos necesarios para su funcionamiento.

El observatorio estará integrado mínimo por un oficial de la Especialidad de Defensa Aérea, preferiblemente con formación académica en geopolítica o relaciones internacionales. Las funciones y los perfiles de desempeño de cada área se ajustan a la experiencia y conocimientos adquiridos en la mencionada especialidad.

### Área de observación y análisis

El proceso de observación y análisis efectuado sobre las diferentes áreas de interés definidas en las líneas de investigación, se consolida de acuerdo con los temas de interés que determine la dinámica ilegal del momento. Por lo tanto, es necesario analizar la tendencia del tráfico ilegal aéreo así como su relación con las amenazas emergentes que se puedan presentar y estén directamente relacionadas con esta problemática.

La principal fuente de información serán las Apreciaciones de Situación de la Dirección de Defensa Aérea, así como los informes de movimientos ilegales, medios de comunicación, entre otros. Sin embargo, se requiere crear una red de intercambio de información con otros observatorios y entidades públicas y privadas, orientadas al estudio de aspectos relacionados con los factores asociados al tráfico de drogas por vía aérea.

## *Líneas de investigación*

El proceso de observación y análisis del observatorio se desarrollará en dos líneas de investigación:

- a) *Tráfico ilegal de drogas por vía aérea en el contexto nacional*  
El cual buscará analizar la tendencia y evolución del tráfico de drogas por vía aérea y su relación con otros factores conexos, como la densidad de cultivos ilícitos, la minería criminal y la deforestación.
- b) *Amenazas a la seguridad hemisférica*  
Estará orientada al seguimiento de las amenazas externas al país de tipo convencional, en relación con la adquisición de capacidades armamentistas, que, por sus características, pongan en riesgo la seguridad nacional.

## **Área de publicaciones**

Los artículos académicos elaborados por el observatorio iniciarán un proceso de edición y publicación a través de archivos en formato PDF, los cuales serán aprobados por la Dirección del Observatorio para ser cargados en una plataforma digital como [www.issuu.com](http://www.issuu.com). Esta plataforma permite la consulta de todas las organizaciones académicas nacionales e internacionales. Issuu permite la visualización de material digitalizado, como libros, documentos, revistas y periódicos, entre otros. La plataforma se fundó en Dinamarca en el 2006 y tiene capacidad de almacenar 30 millones de publicaciones para ser consultadas por más de 100 millones de lectores. Esta aplicación permite la publicación de documentos de manera gratuita que pueden ser compartidos y consultados en cualquier parte del mundo. Además, cuenta con espacios de retroalimentación (foros) que garantizan la interacción del observatorio con los lectores para evaluar la pertinencia de los contenidos ofertados.

## *Artículos*

El texto argumentativo para estructurar los artículos o boletines periódicos de difusión seguirán un modelo que corresponde a la tipología textual de escritura académica actual y que contribuye a la conformación de políticas públicas que buscan contrarrestar el accionar delictivo del narcotráfico por vía aérea.

La dinámica de este modelo de observación y análisis consiste en estudiar periódicamente los temas comunes dentro de las líneas de investigación del Observatorio de Defensa Aérea, de tal manera que se consoliden los artículos en un tiempo determinado, y, a su vez, se integre toda la información en un estudio o documento mayor de análisis que sirva como proyecto del observatorio para cumplir con su objetivo principal. La estructura principal del boletín estará definida directamente por sus líneas de investigación principales.

## Consideraciones finales

La importancia de la creación de un Observatorio en Defensa Aérea radica en la necesidad de analizar la información obtenida en relación con el tráfico ilegal de drogas dentro y fuera del país, desde un enfoque académico con el fin de plantear posibles soluciones a dicha problemática.

La formulación de políticas públicas para fortalecer la lucha contra las drogas por vía aérea requiere de espacios para análisis de amenazas emergentes derivadas del alto potencial de producción de drogas de Colombia y los delitos conexos que este flagelo conlleva.

El *modus operandi* a través de la utilización de aeronaves para actividades ilegales relacionadas principalmente con el narcotráfico es un flagelo que afecta la seguridad nacional del país, por lo tanto, es necesario abordar este tema de manera holística desde el punto de vista de todas las variables que hacen parte del problema.

## Agradecimientos

Doy gracias primeramente al Todopoderoso y a mi familia, Andre, Ana y Sara por ser de valiosa inspiración para el presente trabajo. A mi director técnico TC Erwin Andrés Castro y tutores metodológicos Beatriz Ruiz Lara y Omaira Hurtado (Ph. D.) por su invaluable ayuda.

## Referencias

ABD, USA. (2003). *Air Bridge Denial. Convenio Bilateral de Interdicción Aérea*. Fuerza Aérea Colombiana.

- Abeyratne, R. (2014). *Convention on International Civil Aviation. A Commentary*, Cham.
- Angulo, N. (2009). ¿Qué son los observatorios y cuáles son sus funciones? *Innovación educativa*, 9(47), 5-17.
- Arévalo, B. (2014). Grupo de Memoria Histórica (GMH). ¡Basta ya! Colombia: Memorias de guerra y dignidad. Bogotá: Imprenta Nacional, 2013. *Historia Caribe*, 9(24), 235-242.
- Beltrán, I., & Salcedo-Albarán, E. (2007). Entornos generosos para el crimen: Análisis del narcotráfico en Colombia. *Borrador de Método (Grupo Transdisciplinario de Investigación en Ciencias Sociales)*, (49), 1-21. <https://n9.cl/poqwo>
- Cárdenas-Santamaría, M. (2007). Economic Growth in Colombia: a reversal of “fortune”? *Revista Ensayos Sobre Política Económica*; 23(53), 220-259. <https://doi.org/10.32468/Espe.5305>
- CIMCON. (2018). *Centro Internacional Marítimo Contra el Narcotráfico. Análisis anual 2018*. Armada de Colombia. <https://cimcon.armada.mil.co/>
- Defensoría del Pueblo. (2018). *Informe especial: economías ilegales, actores armados y nuevos escenarios de riesgo en el posacuerdo*. Defensoría del Pueblo. <https://www.defensoria.gov.co/public/pdf/economiasilegales.pdf>
- Emmerich, N. (2009). *Globalización, Estado y Narcotráfico*. Anteo.
- ESDEGUE. (2018). *Centro Regional de Estudios Estratégicos en Seguridad (CREES)*. Escuela Superior de Guerra. <http://www.esdegue.mil.co>
- ESMIC. (2018). *Observatorio de equidad de género, seguridad y Fuerza Pública*. Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. <http://www.esmic.edu.co>
- Espinosa, R., & Gutiérrez, M. I. (2008). *Guía metodológica para la replicación de observatorios municipales de violencia*. Universidad del Valle.
- Fiscalía General de la Nación. (2021, febrero 6). *Corrupción y narcotráfico*. Fiscalía General de la Nación. <https://www.fiscalia.gov.co/colombia/hechos-concretos/corrupcion-y-narcotrafico/>.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2010). *Plan Estratégico Institucional 2030*. Fuerza Aérea Colombiana. <http://fac.mil.co>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2010). *Plan Estratégico Institucional Fuerza Aérea 2010 (PEI)*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.fac.mil.co/planeacion/planes-estrategicos-sector-defensa-y-fuerza-aerea-colombiana>
- Fuerza Área Colombiana. (2013). *Manual de Doctrina Aérea Básica (MADBA)*. Fuerza Área Colombiana.
- Galindo, H. (2009). *Guerra y Violencias en Colombia*. CERAC.
- Global Firepower. (2018). *Defense budget by country. Global Firepower 2018*. Global Firepower. <https://www.globalfirepower.com/defense-spending-budget.php>
- GlobalFirepower. (2013). *World military strength ranking*. GlobalFirepower



- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación. Quinta Edición*. McGraw-Hill. [https://www.unodc.org/mexicoandcentralamerica/es/webstories/2020/06\\_26\\_Informe\\_Mundial\\_Drogas\\_2020.html](https://www.unodc.org/mexicoandcentralamerica/es/webstories/2020/06_26_Informe_Mundial_Drogas_2020.html)
- Iegap. (2018). *Observatorio Iegap*. Instituto de Estudios Estratégicos y Asuntos Políticos. <https://www.umng.edu.co/la-universidad/rectoria/iegap>
- InSight Crime. (2018). *Cinco ingenios de carteles de México para pasar drogas por frontera con EE.UU.* InSight Crime. <https://es.insightcrime.org/noticias/analisis/cinco-ingenios-carteles-mexicanos-pasar-drogas-frontera-estadounidense/>
- Insulza, J. M. (2012). *El problema de las drogas en las Américas*. OEA.
- Jácome, A. (2017). *Drogas y políticas públicas. Legalización o prohibición*. Universidad de la Sabana.
- Latorre, A., Del Rincón, D., & Arnal, J. (2021). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Ediciones experiencia.
- López-Vélez, P. A., Méndez-Ortiz, E. L., Riaño-Otálora, P. A., Merino, C., & Rocha Jiménez, D. (2015). *Concepto, modelo y metodología del Observatorio de Innovación Social*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Magiera, M. (2019). SIPRI Yearbook 2018. Armaments, Disarmament and International Security and Report from the 3rd Meeting of the Consortium of Academic Departments of Strategic (and Security) Studies. *Przeegląd Strategiczny*, 9(12), 415-422.
- Mejía, D. (2011). *Políticas Antidroga en Colombia: éxitos, fracasos y extravíos*. Universidad de los Andes.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2003). *Política de Defensa y Seguridad Democrática*. Presidencia de la República. <http://www.oas.org/csh/spanish/documentos/colombia.pdf>
- OACI. (2002). *Anexo II. Convenio sobre Aviación Civil Internacional*. Organización de Aviación Civil Internacional. [https://www.icao.int/publications/documents/7300\\_cons.pdf](https://www.icao.int/publications/documents/7300_cons.pdf)
- Observatorio de Drogas de Colombia. (2015). *Lineamientos para un nuevo enfoque de la política de drogas en Colombia*. Ministerio de Justicia. <https://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES/ArtMID/4214/ArticleID/5983/Lineamientos-para-un-nuevo-enfoque-de-la-pol237tica-de-drogas-en-Colombia-Documentos-T233cnicos>
- ODA. (2018). *Observatorio de drogas ilícitas y armas*. Universidad del Rosario. <https://www.urosario.edu.co/ODA/El-ODA/>
- ODC. (2018). *Observatorio de drogas de Colombia*. Ministerio de Justicia. <http://www.odc.gov.co/>
- ONUDC. (2020). *Informe Mundial sobre Drogas*. ONUDC. [https://www.unodc.org/mexicoandcentralamerica/es/webstories/2020/06\\_26\\_Informe\\_Mundial\\_Drogas\\_2020.html](https://www.unodc.org/mexicoandcentralamerica/es/webstories/2020/06_26_Informe_Mundial_Drogas_2020.html)
- Páez, C. (2016). *Cuatro décadas de guerra contra las drogas ilícitas: un balance costo-beneficio*. Centro de Pensamiento Estratégico-Ministerio de Relaciones Exteriores-Análisis Latinoamericano.

- Querubín, P. (2003). *Crecimiento departamental y violencia criminal en Colombia*. Universidad de los Andes.
- Rocha-García, R. (2011). *Las nuevas dimensiones del narcotráfico en Colombia*. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, UNODC.
- SIMCI & UNODC. (2020). *Informe Mundial sobre las Drogas 2020 de la UNODC*. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.
- Stake, R. E. (1995). *Investigación con estudio de casos*. Morata.
- UNODC. (2020). *Delincuencia organizada transnacional*. Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. <https://www.unodc.org/toc/es/crimes/organized-crime.html>
- US Government. (2013) *Convenio ABD (Air Bridge Denial) de Interdicción Aérea entre Colombia y el Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica* [Documento PDF]. <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/108854.pdf>
- Yin, K. (1994). *Case Study Research. Design and Methods*. Sage.
- Youngers, C. (2005). *Drogas y democracia en América latina*. Biblos.

## Capítulo 4

---

# Líneas de acción como estrategia para mitigar y reducir la accidentabilidad ART Scan Eagle

Diana del Pilar Aponte Castro\*  
Andrés Mauricio Palacios Silva\*\*

---

\* Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: dianaapontecastro@gmail.com; diana.aponte@fac.mil.co

\*\* Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: palaciosandres@hotmail.com

## CÓMO CITAR

Aponte, D., & Palacios, A. (2021). Líneas de acción como estrategia para mitigar y reducir la accidentabilidad ART Scan Eagle. En R. Mezú (Ed.), *Gaviotas de luces. Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia* (pp. 147-180). Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

**Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 17**

**GAVIOTAS DE LUCES**

*Un aporte desde la investigación formativa  
a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia*

### **CAPÍTULO 4.**

**Líneas de acción como estrategia para mitigar  
y reducir la accidentabilidad ART Scan Eagle**

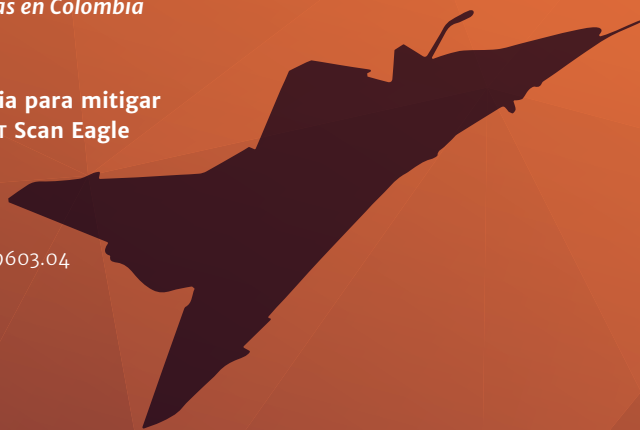
ISBN: 978-958-53696-0-3

E-ISBN: 978-958-53696-1-0

<https://doi.org/10.18667/9789585369603.04>

Bogotá, Colombia

Noviembre, 2021



## RESUMEN

La reducción efectiva de los eventos no deseados en la operación de las aeronaves remotamente tripuladas (ART) Scan Eagle en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), está directamente conectada con el valor institucional de la seguridad operacional, por lo que desde el 2013 hasta el 2016 se aplicó la metodología de la investigación, análisis, valoración y selección de datos mediante la cual se ha logrado identificar los accidentes e incidentes que se presentaron; así como permitió analizar las causas y los factores de la accidentabilidad de las aeronaves, arrojando como resultado el impacto e incidencia de cada uno de los factores que están inmersos de manera directa o indirecta en la ocurrencia de los eventos no deseados en la operación de dichas aeronaves, donde el factor humano tuvo el 36 % de incidencia, seguido del factor técnico con el 33 % y el factor operacional con el 31 %. Para contribuir a la mitigación y reducción de los eventos no deseados en seguridad operacional, este artículo propone cuatro líneas de acción como estrategia para la toma de decisiones, que permitan contribuir de manera directa al aumento de las pautas de calidad vigentes en la institución, de acuerdo con el Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial, que implica una acertada toma de decisiones al ejecutar las operaciones aéreas de las Scan Eagle permitiendo que estas aeronaves operen de manera más segura y eficiente.

## PALABRAS CLAVE

Accidentalidad; incidentes; aeronaves remotamente tripuladas; eventos no deseados; Scan Eagle; seguridad; operaciones aéreas.

La aviación militar en el mundo ha mostrado una gran evolución con el pasar de los años. El uso de tecnología de vanguardia en las operaciones aéreas ha marcado la diferencia en el teatro de operaciones. Un adelanto de esa tecnología fue la creación de lo que hoy se conoce como Aeronaves Remotamente Tripuladas (ART), que tienen como fin principal reducir la pérdida de vida de los pilotos militares en el teatro de operaciones y su exposición a misiones con elevados riesgos por causas meteorológicas, topografía del terreno, amenazas terroristas y sistemas integrados de defensa aérea, entre otros.

Las ART son un nuevo mecanismo disponible en el medio aeronáutico, basado en el uso de tecnología de última generación que permite que, desde una estación remota en tierra se controle la aeronave sin necesidad de tener un piloto a bordo. Esta característica la hace una tecnología muy deseable en un ambiente aeronáutico, por su aplicación y operación en la aviación civil y militar.

Para estar a la vanguardia en el empleo de nuevas tecnologías en las operaciones aéreas y como estrategias enfocadas a combatir las amenazas del conflicto armado interno y las intimidaciones emergentes, la FAC adquirió las ART en el 2005, con una cesión del Gobierno de los Estados Unidos a través de la Oficina de Asuntos Regionales (ORA). Su empleo se enfocó en la realización de misiones de reconocimiento, inteligencia y vigilancia en diferentes partes del territorio colombiano para el desarrollo de operaciones militares.

El empleo de estas aeronaves en diferentes operaciones aéreas permitió reducir el accionar de grupos terroristas al margen de la ley, incluso sirvieron en la vigilancia de oleoductos en diferentes partes del territorio colombiano, como lo presenta el estudio realizado por el Ministerio de Defensa (MINDEFENSA) en el 2016, que analiza la implementación y eficacia de la política de seguridad del Gobierno. De acuerdo con los lineamientos del comandante de la FAC, estas aeronaves se estarían proyectando para su operación en misiones del posconflicto en Colombia por su versatilidad (FAC, 2016).

En el 2010 se inició la operación del Scan Eagle en misiones relacionadas con el conflicto armado interno en Colombia. La FAC demostró la eficacia de las aeronaves con un número significativo de resultados operacionales, pero al mismo tiempo se vio reflejada la alta accidentabilidad y el incremento de los eventos de seguridad (IGEFA, 2015). Al revisar la operación de

las ART Scan Eagle desde el 2013 hasta el 2016 —desde el punto de vista de seguridad en las operaciones aéreas— se identificó la ocurrencia de 104 eventos que impactaron de manera negativa y afectaron directamente la seguridad (IGEFA, 2015). A partir de la llegada de los sistemas ART se ha recibido en la institución 77 aeronaves, de las cuales el 40 % se ha accidentado; el mayor número de accidentes sucedidos ocurrieron en la primera fase de implementación de los sistemas ART (IGEFA, 2015).

Ante tal evidencia y teniendo en cuenta que la FAC se concentra en generar nuevas estrategias y lineamientos para la reducción de la ocurrencia de estos eventos, y así mantener altos índices y estándares de seguridad en las operaciones aéreas, se debe investigar, analizar y formular lineamientos de forma eficaz con el fin de plantear posibles cursos de acción que contribuyan al mejoramiento continuo en las operaciones aéreas y en las diferentes misiones de la FAC. Asimismo, esto debe posibilitar la toma de decisiones a la Jefatura de Operaciones Aéreas y a la Dirección de ART, orientadas a la mitigación y reducción de estos accidentes e incidentes en las operaciones de las ART Scan Eagle (Manual de Calidad de la FAC, 2016).

En ese sentido, lo que se plantó analizar en esta investigación es cuáles fueron los lineamientos necesarios como estrategia en la toma de decisiones para mitigar y reducir las causas de accidentabilidad en la operación de las ART Scan Eagle, con el fin de que sean más seguras y eficientes para la FAC, a partir de la identificación y análisis de los Eventos de Seguridad Operacional (EVESOS) de operación desde el 2013 hasta el 2016.

Este artículo pretende ilustrar e identificar los eventos no deseados en seguridad que le han ocurrido a los Scan Eagle de la FAC desde el 2013 hasta el 2016, para contribuir en la creación de nuevas herramientas en la escuela de ART, partiendo de unas líneas de acción como estrategia en la toma de decisiones y, simultáneamente, fortalecer la doctrina operacional de la Dirección de ART y la Jefatura de Operaciones Aéreas a fin de mitigar el riesgo y reducir la accidentabilidad en la operación de estas aeronaves.

Esta es una investigación cualitativa, con un enfoque descriptivo transversal. Además de esta introducción y de las consideraciones finales, este artículo se desarrolla en tres partes. En la sección siguiente se elabora el marco teórico, conceptual y legal para la investigación. Posteriormente se presenta la metodología de investigación a partir de la recopilación y análisis de los EVESOS en las operaciones de las ART Scan Eagle

en el periodo mencionado. Por último, se analizan los resultados a través de la metodología HFAC y la realización taxonómica de la información, en la que se obtienen datos relevantes para la construcción de los lineamientos propuestos.

## La estrategia y las decisiones

Mintzberg (1998) menciona unas pautas desde el planeamiento de una estrategia y cómo debe focalizarse en el cumplimiento de una meta, contemplando una serie de estrategias, las cuales son unas líneas de acción más concretas para poder llevarlas a su éxito final. Por eso se hace referencia a

Estrategia militar: planes de acción diseñados para alcanzar la victoria en un conflicto bélico teniendo en cuenta diferentes variables. Estrategia empresarial: patrones o estamentos que una empresa debe asumir para lograr los mayores beneficios. Estrategias de enseñanza y aprendizaje: técnicas que ayudan a mejorar el proceso educativo (p. 83).

Según Hernández (2014), todas las decisiones que se tomen son diferentes de acuerdo con el momento, modo, tiempo y lugar, por ende, sus consecuencias también. Al momento de tomar decisiones se debe tener en cuenta su influencia en la organización y el nivel jerárquico al que está orientada. Desde este planteamiento las decisiones se pueden definir así:

- Decisiones estratégicas: tomadas por los altos mandos o directivos (comando y jefaturas en la FAC). Se enfocan en las relaciones entre la institución y su entorno. Tienen gran influencia debido a que afectan de manera directa a la organización; estas son a largo plazo y se relacionan directamente con el desempeño de la empresa, por lo que necesitan gran análisis y juicio.
- Decisiones operativas: tomadas por el personal del nivel más bajo de la organización, relacionadas con las actividades del día a día de la empresa (grupos de combate, tácticos y operativos).
- Decisiones tácticas: enfocadas al personal del nivel medio de la organización; pueden ser repetitivas en el tiempo (unidades, grupos aéreos y componentes aéreos de la FAC).

## Las Aeronaves Remotamente Tripuladas

Para establecer las estrategias que faciliten la toma de decisiones y que estas acciones, a su vez, impliquen la mitigación de la accidentabilidad de las aeronaves no tripuladas, se debe entender cómo funciona e interactúa una ART. Estos son algunos de los conceptos más relevantes:

- Para la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés), una aeronave no tripulada (UAV, por sus siglas en inglés) “es aquella operada sin la posibilidad de directa intervención humana desde el interior o en la aeronave” (FAA, 2016, part. 23).
- Según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2015, p. 8), los drones son considerados como “aeronaves de ala fija o rotatoria que no requieren de un piloto a bordo para su operación”. El término para este caso en particular solo hace énfasis en la aeronave y no a todo el sistema necesario para su uso y empleo, ejemplo: antenas de comunicación, sistema de control y navegación, *software*, etc. Debido a ello, la OACI mediante la Circular 328 del 2005, da origen a la nueva designación para dichas aeronaves y crea el nombre de los Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS, por sus siglas en inglés) (p. 23).
- La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia (UAEAC) hace referencia al término de RPA que “es una aeronave pilotada a distancia que cuenta con su estación o estaciones conexas de pilotaje a distancia, los enlaces requeridos de mando y control, y cualquier otro componente según lo especificado en el diseño de tipo (Subconjunto de UAS)” (Aerocivil, 2015, p. 6).

Las aeronaves que se vuelan desde sitios remotos deben tener una clasificación y distinción (Austin, 2010):

- Aeronave radio controlada de aeromodelismo: su uso es únicamente deportivo y debe permanecer a la vista del operador para poder guiarlo.
- Dron: vuela fuera del alcance visual de su operador, no tiene capacidad de toma de decisiones y solo vuela según la ruta y misión previamente programadas. No posee medios de comunicación con otras aeronaves



y los datos del vuelo solo se pueden analizar cuando el dron llega de nuevo a su punto de recuperación.

- UAV/RPAS/ART: tiene capacidad de toma de decisiones en tiempo real, gracias a la comunicación directa con su controlador por los diferentes dispositivos que tienen abordo, cámara, sensores, etc.

De acuerdo con la clasificación mundial de las ART (NATO, 2010), descrita en la OACI, se clasifican así:

**Tabla 1.** Guía de clasificación para las ART en el mundo

Clase	Categoría	Empleo	Altitud de operación	Radio de alcance	Comandante principal	Plataforma
Clase I (menor a 150 kg)	Pequeño >20 Kg	Unidad táctica (emplea sistema de lanzamiento)	Superior a 5K pies AGL	50 km (línea de vista)	BN Regt, BG	Hermes 90 Luna
	MINI 2-20Kg	Sub unidad táctica (lanzamiento manual)	Superior a 3K pies (línea de vista)	25 km (línea de vista)	Coy-Sqn	Aladín DH3 DRAC Eagle Raven Scan Skylark StrixT-Hawk
	MICRO <2 Kg	Táctico (un solo operador)	Superior a 200 pies AGL	5 Km (línea de vista)	PI, Sect	Black widow
Clase II (150 Kg a 600 Kg)	Táctico	Formación táctica	Superior a 10.000 pies AGL	200 Km (línea de vista)	Teatro COM	Aerostar Hermes 450 View 250 Ranger Sperwer
Clase III (más de 600 Kg)	Ataque/ Combate	Estratégico/ Nacional	Superior a 65.000 pies	Ilimitado (fuera de la línea de vista)	Teatro COM	
	Hale (alta altitud/ prolongada persistencia)	Estratégico/ Nacional	Superior a 65.000 pies	Ilimitado (fuera de la línea de vista)	Teatro COM	Global Hawk
	Male (altitud media/ prolongada persistencia)	Teatro operacional	Superior a 45.000 pies MSL	Ilimitado (fuera de la línea de vista)	JTF COM	Predator B Predator A Harfang Heron TP Hermes 900

Fuente: *Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO (2010)*.

Las ART Scan Eagle de fabricación americana (empresa Insitu-Boeing), se clasifican como un UAV clase 1 categoría mini y sus características principales son:

- Techo operacional de 19.400 pies.
- Velocidad crucero de 60 nudos.
- Altura de operación de 5.000 pies *above ground level* (AGL).
- Rango de alcance de 60 millas (100 km) por línea de vista (LOS), posee una cámara.
- Electro óptico e infrarroja Alticam 600-6.000, resolución 640 x 480, Zoom 36X.
- Sistema de navegación por sistema de posicionamiento global (GPS).
- Sistema de despegue a través de un lanzador.
- Sistema de aterrizaje que se realiza a través de enganche denominado *Skyhook* (portátil).

Es imperativo conocer cómo funcionan las ART y la interacción con cada uno de sus componentes. Todos los UAS tienen varios componentes comunes:

- Aeronave (UA): el avión y el equipo integrado (propulsión, aviónica, combustible, navegación y sistemas de comunicación a bordo).
- Carga útil: sensores, retransmisión de comunicaciones, armas y carga. La mayoría de las cargas útiles son sensores de imagen, como radar electroóptico (EO) / infrarrojo (IR), radar de apertura sintética (SAR) y radar de apertura sintética inversa (ISAR). Las cargas útiles de retransmisión de comunicaciones proporcionan la capacidad de extender transmisiones de voz y datos.
- Elemento humano: es crítico en el éxito del empleo de las ART, aunque son operadas con distintos grados de autonomía, todas requieren cierta interfaz humana en la misión. Para la mayoría de las ART, las tareas de personal primario incluyen piloto y operador de sensores (aeronaves y carga útil), mantenedor, comandante de misión y analista de inteligencia.
- Elementos de control: se denominan Pacart y Blart. De los Blart y Pacart de la FAC dependen el cumplimiento y la efectividad de la misión

de las ART. La interacción con ellos es vital para una operación segura y reducción de costos de mantenimiento de las ART. En cada uno de ellos están inmersos los riesgos para las operaciones (factor humano, técnico, operacional y ambiental).

- Comunicaciones: interacción del piloto con los ATC, externa e interna. Interacción de todos los componentes electrónicos de una ART (GSU, GPS, FLIR, etc.).
- Mantenimiento: operación en tierra y el soporte logístico.

## La seguridad

Las autoridades aeronáuticas del Estado colombiano están en la obligación de tener una entidad que regule el espacio y el tráfico aéreo, pues se debe dictar normas sobre el uso y la explotación de diferentes aeronaves, ya sea militares o de uso civil comercial. En Colombia es la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) para las aeronaves de uso comercial, y para la aviación de Estado está la FAC (Aerocivil, 2015). Estas entidades velan por que todos los procedimientos y acciones que se ejecuten garanticen la seguridad en el desarrollo de la operación según la reglamentación.

Las definiciones expuestas tienen una deficiencia al pretender detallar realidades y objetos perfectos, pero siempre existirán peligros inherentes en las operaciones de vuelo, donde estar en un ambiente totalmente libre de riesgo es casi imposible debido a la gran variedad de personas y factores que interactúan en ella.

La seguridad en las operaciones aéreas debe ser entendida como el conjunto de medidas, prácticas, métodos e iniciativas que tienen como objetivo principal identificar, analizar y conocer las causas de cada accidente aéreo, para hallar las fallas en los procedimientos operativos y de entrenamiento, con el fin de evitar su repetición. De acuerdo con OACI (2015), se entiende que la seguridad:

es el estado en que el riesgo de lesiones a las personas o daños a los bienes se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos (s. p.).

La OACI ha dispuesto la implementación de Sistemas de Gestión de Seguridad (SMS, por sus siglas en inglés) para disminuir la ocurrencia de accidentes e incidentes en la aviación. De acuerdo con el Documento 9.859 de la OACI se conoce como un “[...] estado donde la posibilidad de dañar a las personas o las propiedades se reduce y mantiene al mismo nivel o debajo de un nivel aceptable mediante el proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos de la seguridad” (OACI, 2015, p. 1). En inglés existe una diferencia clara entre los términos de seguridad en las operaciones aéreas *safety* y la seguridad física *security*.

El objetivo de la seguridad en las operaciones aéreas es crear medidas de seguridad que eviten que un accidente se materialice. Esto se enmarca en planes, programas y estrategias que se convierten en valores de la organización, inciden en el comportamiento y conciencia de su recurso humano. El único objetivo es ejecutar las operaciones o actividades sin accidentes o mitigar los riesgos en que se pueda incurrir.

En relación con el modelo de James Reason se puede analizar que los accidentes dentro de la aviación suceden por la combinación o unión de las llamadas fallas activas y condiciones latentes. El tema de la seguridad en las operaciones aéreas es pertinente porque la especialización de los operadores de los sistemas ART, en misiones de reconocimiento e inteligencia, merece la atención adecuada para garantizar el éxito operacional.

El SMS en las operaciones aéreas está definido por la OACI, como un enfoque sistemático que incluye a las estructuras de una organización para que estas tengan la obligación de generar políticas y procedimientos necesarios en pro de la seguridad. Según Drucke (2014), “lo que no se mide, no se controla, lo que no se controla, no sirve”. Basados en este enunciado se mide el desempeño, el rendimiento y el monitoreo que debe ejercerse sobre la gestión en seguridad de la FAC, para encontrar desviaciones, errores (variabilidad del proceso de gestión de seguridad) y oportunidades de mejora a favor del sistema de aviación.

La gestión de seguridad se basa en la recolección y análisis continuo de datos operacionales diarios. Esta vigilancia permite identificar y corregir carencias y deficiencias que no se previeron. De allí surgen las recomendaciones de seguridad, basadas en la información obtenida y formuladas con la intención de prevenir futuros accidentes o incidentes (OACI, anexo 13) y para mejorar los procesos, ya sea en su método o con el apoyo de nuevas herramientas tecnológicas (innovación).

La OACI en su anexo 13, capítulo I, define accidente como

[...] todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave que, en el caso de una aeronave tripulada, ocurre entre el momento en que una persona entra a bordo, con la intención de realizar un vuelo, y el momento en que todas las personas han desembarcado, o en el caso de una aeronave no tripulada, que ocurre entre el momento en que la aeronave está lista para realizar un vuelo y el momento en que se detiene, al finalizar el vuelo, y se apaga su sistema de propulsión principal (p. 23).

Los accidentes son el resultado de uno o más errores sucesivos, los cuales se pueden clasificar en lo que hoy se denominan factores humanos, técnicos, operacionales y organizacionales. En aviación, los accidentes se producen por la materialización de los riesgos asociados a la operación de un equipo bajo unas condiciones determinadas. Tomando el modelo de queso suizo del psicólogo James Reason, se evidencia que para evitar un accidente deben existir barreras o defensas latentes y activas que impidan o mitiguen la materialización del mismo (Gaitán, 2015). La FAC ha establecido el programa de prevención de accidentes orientado a identificar y suprimir los peligros, así como disminuir los riesgos propios de la operación de la institución (IGEFA, 2015).

De esta manera surgen diferentes clases de acciones encaminadas a disminuir situaciones catalizadoras de eventos no deseados, por un lado, están las acciones correctivas, referentes a toda acción tomada a eliminar o prevenir las causas primarias y contribuyentes de un accidente de aviación (para la FAC las acciones correctivas se registran en el documento denominado Informe final de investigación de accidente aéreo: Forma FAC 3-414T-1). Por otro lado, están las acciones preventivas, las cuales, de acuerdo con el Manual de Seguridad Aérea de la FAC, son acciones enfocadas para eliminar la causa de un potencial accidente. En la FAC las acciones preventivas se registran en el documento denominado Informe Riesgo de Operación (IRO), Forma FAC 3-400T, que hoy se denomina SRV.

De acuerdo con el sistema de gestión de seguridad, los riesgos se mitigan analizando la evaluación de posibilidad de ocurrencia y calificación de impacto de que estos se materialicen (OACI, anexo 13). En consecuencia, “la gestión del riesgo, como método lógico y sistemático para el establecimiento del contexto, identificación, análisis, evaluación, tratamiento,

monitoreo y comunicación de los riesgos asociados con cualquier actividad, función o proceso, debe posibilitar a la entidad minimizar pérdidas y aumentar oportunidades” (p. 8), siendo este interactivo y sistemático, de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana (NTC 5254, 2004).

## Los peligros

La OACI define que los peligros son las condiciones con un potencial de causar muerte o lesiones al ser humano, daño a equipo o estructuras, pérdida de material o reducción de la capacidad de realizar funciones prescritas. Se dividen en tres categorías básicas:

Peligros naturales: condiciones meteorológicas o sucesos climáticos violentos; condiciones meteorológicas adversas; acontecimientos geofísicos; condiciones geográficas y eventos ambientales: incendios, actividades de fauna silvestre e infestación por insectos o plagas. Peligros técnicos: aeronaves y componentes, sistemas, subsistemas y equipo conexo de aeronaves; instalaciones, herramientas y equipo conexo de la organización e instalación de sistemas, subsistemas y equipo conexo externos a la organización. Peligros económicos: se presentan a causa del ambiente social y político en el que se realizan las operaciones relacionadas con la prestación de servicios (Fluctuaciones de la economía y presupuesto para adquisición de material y equipo) (OACI, 2015, p. 30).

## La FAC y las ART

La FAC actualmente tiene aeronaves ART Scan Eagle, Hermes y Nighth Eagle, en los diferentes sitios de operación: La Macarena, Orito, Tibú, Barranquilla, Caman y Saravena. El Scan Eagle, construido por Insitu, es un UAV de 1,19 m de largo por 3 m de ancho y con 19 kg de peso. Está impulsado por un motor de pistón (1,5 HP), una velocidad aproximada de 70 kt, por 15 h de vuelo aproximadamente (Insitu, 2015, p. 2).

De acuerdo con el Manual de Entrenamiento de Vuelo FAC 3-56 0-Marpt, en el desarrollo de las operaciones aéreas con las aeronaves no tripuladas, se requiere de la participación directa del siguiente personal:

- Mantenedores de ART: en su gran mayoría son suboficiales de mantenimiento.
- Operadores de ART: desarrollan actividades de la operación aérea, provienen de diferentes especialidades de la FAC.

Para contar con personal idóneo de mantenedores y operadores es necesario establecer un Plan de Instrucción y Entrenamiento (PIE), el cual, de acuerdo con el Manual de Entrenamiento de Vuelo FAC 3-56 0-Marpt, se encarga de la capacitación impartida al personal autorizado por el comando de la FAC, con el fin de que obtengan la autonomía de los cargos de tripulante de vuelo en el sistema Scan Eagle. Asimismo, se desarrolla y aplica por la Escuela de Entrenamiento Básico de Aeronaves Remotamente Tripuladas (Ebart) del CACOM-3, siguiendo los lineamientos establecidos por la FAC en la gestión de la doctrina.

Cuando las ART Scan Eagle están involucrados en las operaciones, se hace referencia a las siguientes misiones definidas por la FAC (MAMAE, 2016), así:

- Función: multiplicar las fuerzas. Incremento efectivo del poder aéreo de combate de la propia fuerza y de las demás fuerzas armadas.
- Misión típica: inteligencia aérea. Planeamiento, búsqueda, procesamiento y retroalimentación de la información sobre amenazas actuales o potenciales que pueden afectar la supervivencia.
- Operación tipo: vigilancia y reconocimiento técnico. Emplear sensores a bordo de aeronaves o satélites para la búsqueda de información sobre amenazas.
- Operación tipo: vigilancia y reconocimiento visual. Empleo de aeronaves que no tienen sensores a bordo, pero a través de un método de búsqueda visual se obtiene información, ya sea de amenazas o información significativa para el planeamiento.

## El marco legal

Las ART militares como civiles deben operar bajo lineamientos establecidos por las entidades competentes, que para este caso es la OACI, puesto que comparten el mismo espacio aéreo, teniendo en cuenta que cada vez se emplean más ART con fines comerciales.

La OACI menciona en la Circular n.º 328 del 2011 a los UAS como un nuevo elemento del sistema aeronáutico que los Estados y la industria aeroespacial tienen el reto de comprender, por lo que deben integrarlos en espacios aéreos no segregados para la operación segura entre aeronaves. Asimismo el Convenio sobre aviación civil internacional (también llamado Convenio de Chicago por el lugar de su firma, el 7 de diciembre de 1944) trata los derechos y restricciones de los Estados contratantes (191 en la actualidad) para un desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional.

Respecto a las aeronaves sin piloto, según OACI (2015), en su artículo 8, “ninguna aeronave capaz de volar sin piloto volará sin él sobre el territorio de un Estado contratante, a menos que se cuente con autorización especial de tal Estado y de conformidad con los términos de dicha autorización”. Así mismo, plantea que “cada Estado contratante se compromete a asegurar que los vuelos de tales aeronaves sin piloto en las regiones abiertas a la navegación de las aeronaves civiles sean controlados de forma que se evite todo peligro a las aeronaves civiles” (OACI, 2015). Diferentes Estados miembros han avanzado en la elaboración de regulaciones provisorias en las operaciones de UAV.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos, según Tvaryanas *et al.* (2005), elaboró un mapa para el uso y empleo de los sistemas de aeronaves no tripuladas, con el fin de limitar las misiones para estas aeronaves. En correspondencia con Pinilla (2008), es claro que estas aeronaves se deben emplear como plataformas aéreas a fin de ejecutar ataques de larga distancia y combate aire-aire. Para poder cumplir estas misiones, los UAV deben ser de tipo HALE (High Altitude Long Endurance) que operan con un prolongado tiempo de vuelo.

Además, la enmienda 13 del anexo 13 del Convenio de la OACI establece las definiciones de accidente e incidente para incluir a los sistemas de aeronaves no tripuladas y determina la necesidad de un programa de seguridad que permita la notificación y el análisis de incidentes de seguridad de las RPAS.

De igual forma, la OACI en su Documento n.º 9.859 legaliza y estandariza la clasificación y evaluación de los riesgos que están inmersos en la operación aérea, los cuales pueden afectar la operación de los UAV: ambientales, económicos, tecnológicos, actuaciones y condiciones no seguras, además, agrega que cualquier riesgo tiene dos aspectos que se deben analizar: gravedad y probabilidad de ocurrencia.



Por otro lado, la reglamentación de Referencia del Departamento de transportación de la FAA, en mención a la certificación y operación de pequeñas aeronaves tipo Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV, por sus siglas en inglés), establece que se debe:

(1) garantizar la seguridad de las aeronaves y el uso eficiente del espacio aéreo; y (2) regular el vuelo de las aeronaves con el propósito de navegar, proteger e identificar las aeronaves y la de proteger a los individuos y las propiedades en la tierra (FAA, 2014, pp. 3-4).

Así mismo, la sección n.º 107 de la FAA de Estados Unidos establece que, para operar un UAV, una persona debe poseer una licencia de piloto de UAV o estar bajo la supervisión de otra que tenga la licencia. Esto implica que la persona autorizada puede tomar el control del UAV inmediatamente.

Por otra parte, la reglamentación del 3 de septiembre del 2009, de la Organización del Tratado del Atlántico del Norte (Otan) estandariza a todos los países integrantes sobre el uso y los requerimientos mínimos que se deben tener para la operación segura de los UAV. Establece un conjunto básico de normas de aeronavegabilidad sobre el diseño y la construcción de UAV militares, y es a partir de este documento que se crea el Manual RPAS AN/507, que regula las normas y prácticas de operación de las aeronaves remotamente tripuladas.

El artículo 217 de la Constitución Política de Colombia (1991) indica “la Nación tendrá para su defensa unas fuerzas militares permanentes constituidas por el Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea. Las fuerzas militares tendrán como finalidad primordial la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional” y el Decreto 2.937 (2010) reconoce a la FAC como “autoridad aeronáutica en la aviación del Estado y ente coordinador ante la autoridad Aeronáutica Civil Colombiana, mediante el mismo se constituye el Comité Interinstitucional de la Aviación de Estado” (Juriscol, 2010), con lo cual se expresa el liderazgo y responsabilidad que debe mantener la FAC en materia aeronáutica en el Estado.

Asimismo, el Decreto n.º 2937 (2010) establece que la FAC desde su función constitucional coordina junto con la Aeronáutica Civil las actividades que las regulan, con el objeto de preservar la seguridad en las operaciones aéreas y homogeneizar y armonizar procedimientos entre la fuerza pública y otras entidades que desarrollan la aviación del Estado.

La FAC tiene como funciones principales el control del espacio aéreo, la aplicación, multiplicación y el apoyo de la fuerza. Posee responsabilidades colaterales como la vigilancia del mar, la guerra antisubmarina, proveer fuerzas para el transporte aéreo de tropas, abastecimientos y equipo en distintas operaciones, entre las cuales se resalta el uso y aplicación de las aeronaves remotamente tripuladas, entre esas las ART Scan Eagle (FAC, 2016).

Asimismo en el Plan Estratégico Institucional 2011-2030 de la FAC, el alto mando doctrinario establece qué se pretende lograr en la Fuerza y cómo se quiere, determina la estrategia para lograrlo, los recursos, el horizonte temporal y espacial. Por eso la FAC realiza diversas acciones teniendo en cuenta sus objetivos como institución del Estado, con el fin de cumplir los planes de gobierno y desarrollar misiones y operaciones aéreas utilizando recursos aplicados y enfocados a las amenazas actuales, lo que permite establecer una política de seguridad para la Nación. Las misiones de combate de la FAC no solamente involucran la entrega de armamento, también de vigilancia e inteligencia, ya que son misiones principales que cumplen las ART Scan Eagle, las cuales deben desarrollarse dentro de un marco legal según las políticas del alto mando, entre las cuales se encuentra la seguridad aérea (MADBA, 2013).

La FAC desarrolla misiones típicas (acciones) y operaciones tipo (tareas), por lo que se establece que el poder aéreo y espacial no está restringido a funciones o misiones particulares. Esta cuenta con elementos para mantener el control del aire y realizar misiones ofensivas, las cuales neutralizan o destruyen Fuerzas Aéreas enemigas y misiones defensivas, e identifica y destruye el poder aéreo enemigo (MADBA, 2013).

El Plan Estratégico Institucional, en su objetivo específico n.º 5 de seguridad, establece afianzar la seguridad en las operaciones aéreas y “disminuir tan bajo como sea practicable los factores de riesgo operacional, entendiéndose por Seguridad Operacional, lo relativo a la Seguridad Aérea y la Seguridad Ocupacional” (PEI 2011-2030). Este objetivo es imperativo a la investigación, teniendo en cuenta que la seguridad es una cultura que se ha afianzado en la institución y es exigible a todos los miembros de la FAC y aplicable en todas sus actividades.

La Directiva COFAC n.º 022 del 2015 fija los parámetros de operación de los sistemas ART en la FAC y la Disposición n.º 001 del 11 de febrero del 2011 reglamenta el Manual de Gestión de Seguridad Aérea Operacional. La actuación de seguridad frente a los factores de riesgo busca mantener el

estado normal de las operaciones aéreas, gestión de las operaciones e inteligencia aérea, gestión de las operaciones logísticas y gestión de la educación aeronáutica en cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea.

La Aerocivil, por su parte, creó la Circular Reglamentaria n.º 002 del 2008 (Aerocivil, 2015), la cual normaliza las RPA para usos diferentes a los recreativos y deportivos, dejando un antecedente en el ámbito nacional, al ser la primera vez que se crea una norma en el empleo de las RPA a fin de garantizar y afianzar la seguridad en las operaciones en vuelo.

## La investigación y el análisis

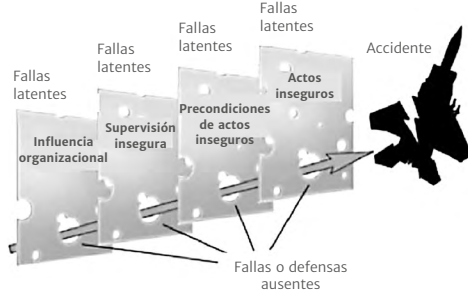
Este artículo se basa en una investigación cualitativa sobre los EVESOS que ocurren durante la operación aérea de las ART Scan Eagle de la FAC. La metodología de investigación de este trabajo es la descriptiva transversal, teniendo en cuenta que se realizó la recolección de información de un periodo definido, por lo que se formuló un diagnóstico y sugirió una acción posterior. Se elaboró un trabajo descriptivo para determinar la frecuencia en los incidentes y accidentes de las ART de la institución durante los últimos cuatro años, con el uso de la taxonomía HFACS y la técnica de observación que permite saber dónde se originan los errores o acciones que causan un accidente o incidente en cualquier fase de vuelo, por lo que se identificaron todos los factores latentes que intervinieron en estos sucesos.

## Taxonomía HFACS

En apoyo al planteamiento de líneas de acción como estrategias para la toma de decisiones que ayuden a mitigar la accidentabilidad en las operaciones de las ART Scan Eagle, es importante analizar y clasificar los eventos de seguridad hallados para lo cual se empleó la taxonomía definida en la actualidad por la FAC en la ocurrencia de eventos, denominada HFACS. Esta se basa en el modelo del queso suizo de James Reason, una metodología que describe cuatro niveles de falla (actos inseguros, condiciones previas para actos inseguros, supervisión insegura e influencia organizacional), que, a su vez, están divididos en 17 factores contribuyentes del error operacional.

En el modelo de queso suizo, las defensas de una organización contra el fracaso se modelan como una serie de barreras representadas como rebanadas de queso. Los agujeros en las rebanadas significan debilidades en partes

individuales del sistema y están variando continuamente de tamaño y posición a través de las cortes. El sistema produce fallos cuando un agujero en cada rebanada se alinea momentáneamente; esto permite que un peligro pase a través de los agujeros en todas las rebanadas, lo que conduce a un fallo.



**Figura 1.** Modelo del queso suizo de James Reason

Fuente: *Wiegmann y Shappell (2003)*.

El enfoque analítico del modelo de Reason (1990), junto con el de Thompson (2005), hacen semejanza a las rebanadas de un queso al representar las defensas que tiene un sistema para prevenir que un peligro se convierta en un accidente. Cada rebanada tiene vulnerabilidades representadas por los agujeros. Los agujeros en las defensas surgen por dos motivos: fallas latentes y activas. Las fallas activas son los actos cometidos por aquellos que tienen contacto directo con el sistema, es decir, la tripulación. Las fallas latentes son los patógenos residentes que son inevitables en un sistema, los cuales surgen de decisiones tomadas por todos los niveles de la administración. Cuando los agujeros en las defensas se alinean, la trayectoria del accidente ocurre y se permite que un peligro cause un accidente.

El método de HFACS, basado en el modelo de Reason, describe cuatro niveles de falla:

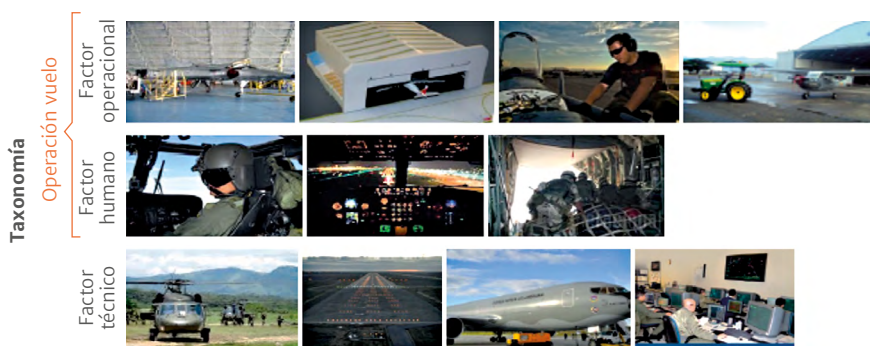
- Actos inseguros: asociados directamente con los operadores y mantenedores de las ART. Se clasifican en errores y violaciones (Reason, 1990). Los errores se originan cuando el individuo es incapaz de prever el resultado y una violación es romper las normas voluntariamente.
- Condiciones previas para actos inseguros: se refiere que facilitan la ocurrencia del error. Este nivel se compone de factores ambientales, condiciones y prácticas no estándar, estas se refieren a estados mentales o físicos para la operación.

- Supervisión insegura: dentro de esta categoría se encuentran los siguientes elementos: supervisión inadecuada, planeación inadecuada de operaciones, falla para corregir problemas y violaciones de supervisión. Básicamente en este nivel se encuentran las personas encargadas de vigilar y dirigir las operaciones.
- Influencia organizacional: Está compuesta por tres elementos: manejo de recursos, clima organizacional y procesos organizacionales. Este nivel se refiere a las decisiones tomadas por el alto mando de la organización, las cuales tienen una repercusión directa en los otros niveles del modelo HFACS.

Rasmussen (1982) divide el error en tres categorías: habilidad, decisión y percepción. Las violaciones las divide en rutinarias y excepcionales.

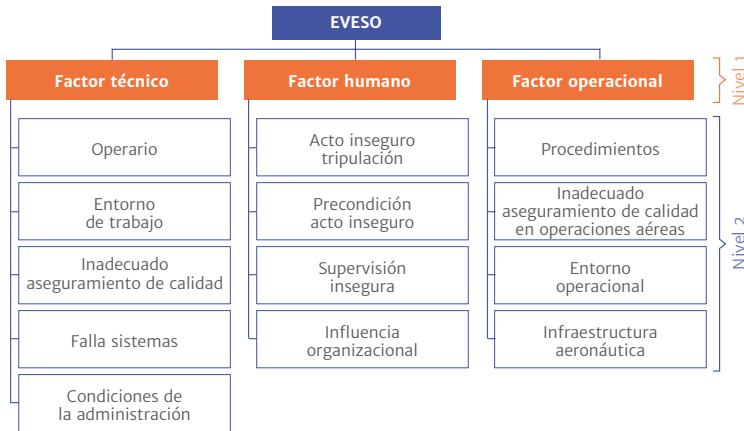
- Condiciones previas para actos inseguros: facilitan la ocurrencia del error, como factores ambientales, condiciones y prácticas no estándar (estados mentales y físicos).
- Supervisión insegura: supervisión inadecuada, planeación inadecuada, falla para corregir problemas y violaciones de supervisión.
- Influencia organizacional: manejo de recursos, clima organizacional y procesos organizacionales. Se refiere a las decisiones tomadas por el alto mando de la organización.

Por otra parte, la taxonomía de códigos que define varios aspectos del error humano (Reyes, 2009) para la institución está representada así:



**Figura 2.** Taxonomía HFACS empleada por la FAC

Fuente: QRH Dirección Seguridad Operacional FAC (2015).



**Figura 3.** Taxonomía de eventos seguridad nivel 1 y 2

Fuente: QRH Dirección Seguridad Operacional FAC (2015).

Los EVESOS son clasificados en seis grupos de acuerdo con el daño presentado: Accidente (pérdida total de aeronave), Reles (suceso con intención de volar, recuperable-lesionados, referente al daño en aeronave con lesionados), Recil (suceso con intención de volar, recuperable-ilesos, referente al daño en aeronave sin lesionados), Evot (evento operacional en tierra, ocasionado por las debilidades en algunas áreas del soporte en tierra entre las cuales se encuentra el desconocimiento de procedimientos, falta de procedimientos, falta de ética y bajo compromiso con la seguridad y fatiga del personal), Noper (Novedad Operativa) e Info (Informativo de Seguridad Operacional).

De manera simultánea, los EVESOS se clasifican por los factores que los originan: el factor humano incluye causas como acto inseguro, tripulación, precondición y supervisión insegura; el factor técnico se basa en las fallas técnicas de los componentes físicos de la aeronave, falla de sistemas, inadecuado aseguramiento de la calidad, operario, entorno de trabajo y condiciones de la administración, y el factor operacional se origina en el entorno operacional, en relación con el sistema de aviación, entorno, tipo de misión, planeación, ejecución y retroalimentación de la misión, la infraestructura aeronáutica y el inadecuado seguimiento de los procedimientos.

Asimismo la seguridad con enfoque proactivo y predictivo es el modelo actual en la FAC y a través del cual se enmarca el análisis de las variables identificadas mediante el estudio estadístico y comparativo de la información de los 104 EVESOS ocurridos desde el 2013 hasta el 2016.

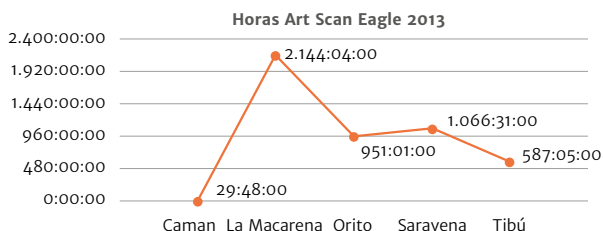
Para llevar a cabo el análisis de esta información se realizó una base de datos por cada año de observación, elaborada por los investigadores, en la cual se identifican los EVESOS en el trabajo de campo en las diferentes áreas y teatros de operación de las ART y, además, se obtuvo otros datos relevantes como en qué base de lanzamiento de ART (Blart) se presentaron, descripción del evento, número de horas voladas y la fecha del accidente.

La distribución se determinó usando los cuatro niveles básicos de la taxonomía HFACS y mediante la estadística descriptiva se efectuó el análisis de variables nominales como se observa a continuación.

## 2013

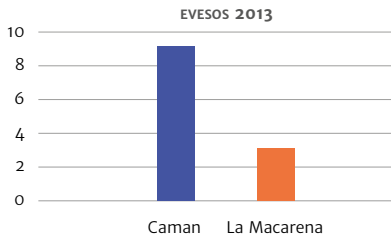
Fue el año de introducción de análisis de factores de accidentabilidad desde el punto de vista de seguridad en las operaciones aéreas de las ART Scan Eagle en la FAC, por ese motivo todo era experimental y relativamente nuevo. Se contó con un programa de implementación para la formación de tripulación y equipo de mantenedores, quienes fueron preparados por la casa fabricante de las aeronaves.

Se volaron 4.802 horas en las áreas de operación de La Macarena, Caman, Orito, Saravena y Tibú. Se presentaron 12 EVESOS oficialmente reportados, de los cuales se clasificaron diez Noper y dos Info. Como apenas se estaba iniciando con la recolección de datos se dejó un sinnúmero de eventos por reportar, por desconocimiento e inexperiencia, pues no se contaba con directrices claras en cuanto a los procedimientos y aplicaciones sobre la investigación de accidentes de este tipo de aeronaves. Se identificó una tasa de accidentabilidad de 4,18 accidentes por cada 10.000 horas de vuelo, cifra muy alta en relación con la normativa de una empresa de aviación, aún más, para una institución garante de la seguridad en Colombia.



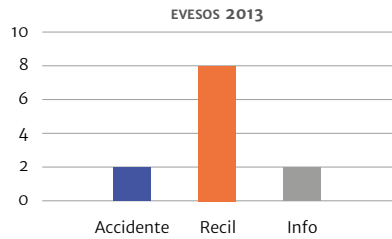
**Figura 4.** Horas voladas por Blart, 2013

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.



**Figura 5.** EVESOS por Blart, 2013

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.



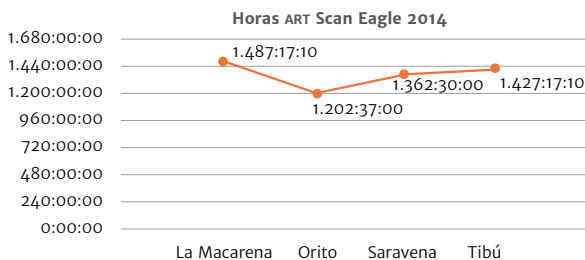
**Figura 6.** EVESOS vs. clasificación, 2013

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.

Se determinó que de los 12 EVESOS de los Scan Eagle en la FAC, el 69 % se debieron a factores humanos, el 19 % a factores técnicos y el 12 % a factores operacionales. Por otra parte, mediante la taxonomía de la metodología de análisis y clasificación, se estableció que el factor humano de la influencia organizacional tuvo una participación del 44 %, seguido del 21 % por supervisión insegura, 12 % por precondiciones para actos inseguros y 23 % de actos inseguros.

## 2014

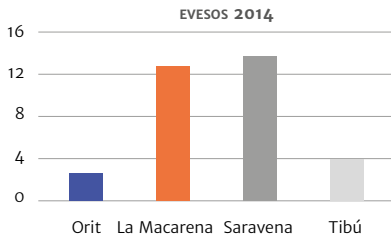
Se voló un total de 5.696 horas en las áreas de operación de La Macarena, Orito, Saravena y Tibú. Se presentaron 34 EVESOS, de los cuales se clasificaron diez accidentes y 24 Noper. Así, se identificó un incremento del 300 % de los EVESOS, respecto a los del 2013 y una tasa de accidentabilidad de 12,54 accidentes por cada 10.000 horas de vuelo. Aquí se incluyeron dos factores nuevos a las investigaciones de accidentes: la fatiga de material y la confiabilidad de las aeronaves debido a las rupturas de los Wind Lets.



**Figura 7.** Horas voladas por Blart, 2014

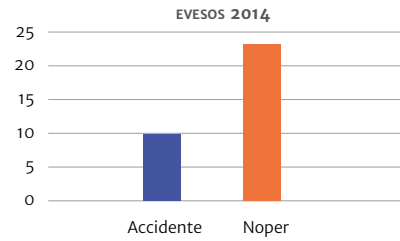
Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.





**Figura 8.** EVESOS por Blart, 2014

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.



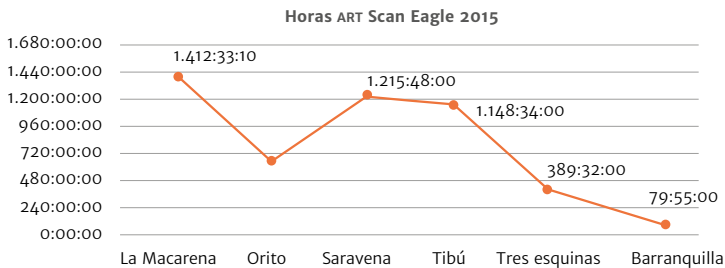
**Figura 9.** EVESOS vs. clasificación, 2014

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.

Se determinó que de los 34 EVESOS del 2014 un 53 % correspondieron a factores humanos, 18 % a factores técnicos y 29 % a factores operacionales. Esto permitió establecer dentro de la taxonomía de la metodología de análisis y clasificación de factores humanos que el 32 % fue por influencia organizacional, 22 % supervisión insegura, 18 % por precondiciones de actos inseguros y 28 % por actos inseguros.

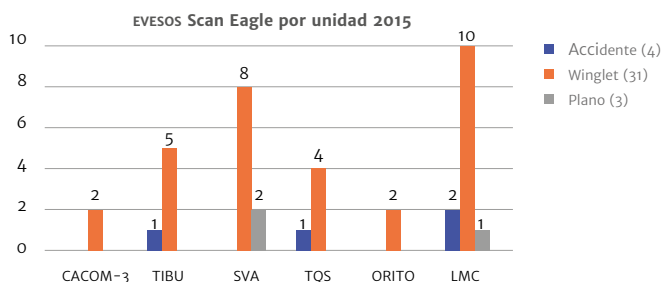
## 2015

Se volaron 5.449 horas en las áreas de operación de La Macarena, Orito, Saravena, Tibú, CACOM-6 y CACOM-3. Se presentaron 38 EVESOS, de los cuales se clasificaron cuatro accidentes y 34 Noper. Hay un incremento del 30 % con respecto al 2014 y una tasa de accidentabilidad de 14,54 accidentes por cada 10.000 horas de vuelo.



**Figura 10.** Horas voladas por Blart, 2015

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.



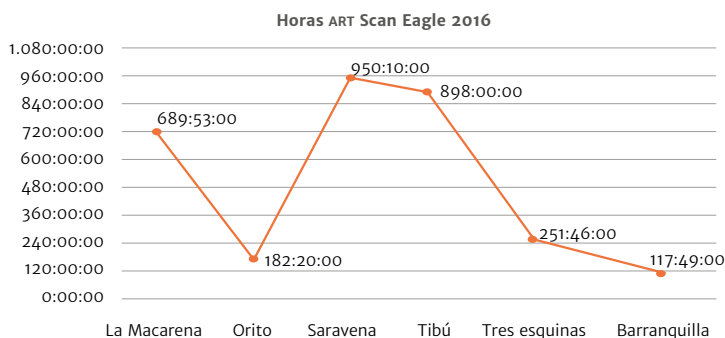
**Figura 11.** EVESOS por Blart, 2015

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.

Los accidentes por factores humanos fueron un 23 %; factores técnicos, 45 %; factores operacionales, 17 %; y factores ambientales, 15 %. A fin de establecer dentro de la taxonomía de la metodología de análisis y clasificación de factores humanos que la influencia organizacional tuvo una participación del 45 %, seguida por supervisión insegura del 21 %, precondiciones para actos inseguros 12 % y por actos inseguros del 22 %.

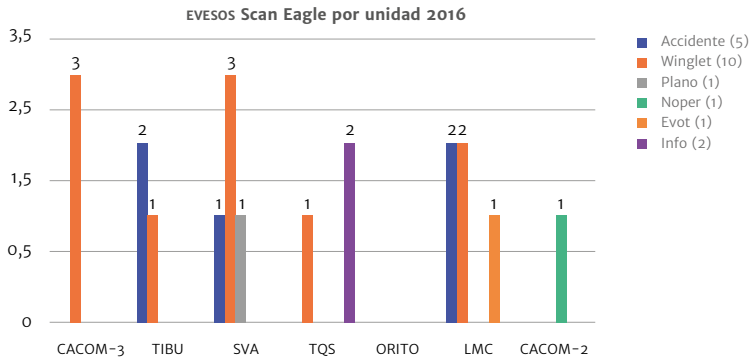
## 2016

Se voló un total de 5.480 horas en las áreas de operación de La Macarena, Orito, Saravena, Tibú, CACOM-6 y CACOM-3. Se presentaron 20 EVESOS, de los cuales se clasificaron en cinco accidentes, diez rupturas de Winglets, tres Noper y dos Info. Hubo una reducción significativa de la ocurrencia de los EVESOS y una tasa de accidentabilidad de 3,17 accidentes por cada 10.000 horas de vuelo.



**Figura 12.** Horas voladas por Blart, 2016

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.

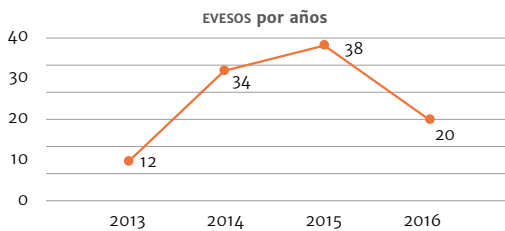


**Figura 13.** EVESOS por Blart, 2016

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.

Los EVESOS del 2016 fueron del 32 % por factores humanos; factores operacionales, 13 %; factores ambientales, 17 %; y factores técnicos, 38 %. Para establecer dentro de la taxonomía de la metodología de análisis y clasificación de factores humanos, la influencia organizacional fue de 44 %, seguida por 21 % de supervisión insegura, 12 % por precondiciones para actos inseguros y 23 % de actos inseguros.

El comportamiento desde el 2013 hasta el 2016 referente a eventos en ART permite determinar un periodo crítico entre el 2014 y 2015, donde se incrementaron los EVESOS en casi 300 %. Desde el punto de vista de análisis HFACS, se evidencia que los factores técnicos, operacionales y humanos estuvieron inmersos, pero el de mayor ocurrencia fue el humano.



**Figura 14.** EVESOS vs. año (2013-2016).

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el trabajo de campo.

En resumen, los eventos ocurridos en la operación durante el periodo estudiado en la FAC, están clasificados por factor operacional, técnico y humano, su influencia en la organización está determinada así:

**Tabla 2.** Factores involucrados en los EVESOS ART desde el 2013 hasta el 2016

Factor	Frecuencia	Porcentaje
Operacional	32	31 %
Técnico	35	33 %
Humano	37	36 %

Fuente: *elaboración propia.*

Al ser más representativo el factor humano, en relación con lo que plantean Wiegmann (1999) y Shappell (2001) respecto a que está inmerso entre el 70 % y 80 % de los accidentes de aviación, es importante para la FAC analizar una estrategia de excelente toma de decisiones por los diferentes niveles de jerarquía, que enfrente de manera directa los factores de mayor incidencia involucrados en los accidentes e incidentes en la operación de las ART Scan Eagle.

Al analizar los 104 eventos no deseados ocurridos en la operación de las ART Scan Eagle de la FAC desde el 2013 hasta el 2016 desde el HFAC versión 7.0, se pudo determinar el porcentaje de afectación en cada uno de los cuatro niveles:

**Tabla 3.** Niveles de fallas en los EVESOS de ART desde el 2013 hasta el 2016

Influencia organizacional	Supervisión insegura	Precondiciones para actos inseguros	Actos inseguros
Procesos operacionales 76,7 %	Planeación inadecuada de trabajo 53,2 %	Factores ambientales 43 %	Errores de decisión 48 %
Gestión de recursos 23,3 %	Falla en corregir errores conocidos 21,3 %	Ambiente físico 23,8 %	Errores del operador 32 %
	Violaciones de supervisión 10 %	Ambiente tecnológico 19 %	Violaciones 11,2 %
	Supervisión inadecuada 15,5 %	Estado mental adverso 14,2 %	Violaciones excepcionales 8,8 %

Fuente: *elaboración propia.*

Para la Dirección de ART de la FAC el talento humano es el recurso más importante de las operaciones aéreas. A partir del 2005 la FAC adquirió los sistemas ART, los cuales fueron donados por la misión americana. Desde el 2012 se evidencia un crecimiento acelerado de la capacidad tecnológica, al consolidarse la estructura organizacional con la creación de la Dirección de ART que dependía de la Jefatura de Operaciones Aéreas<sup>1</sup> mediante

1 La dirección de ART actualmente pertenece al Comando de Operaciones Aéreas (COA).

Disposición n.º 603 del 2013 a fin de liderar el control y manejo operacional de estas aeronaves.

**Tabla 4.** Operadores de ART Scan Eagle por especialidad

Operadores de ART Scan Eagle por especialidad · 2016	
Pilotos	10
Navegantes	4
Administración	11
Mantenimiento	34
Inteligencia	7
Abastecimiento	2
Telecomunicaciones	4
<b>Total</b>	<b>72</b>

Fuente: *elaboración propia.*

En ese mismo año con la estructuración de la organización para la operación de las ART, es necesario asignar operadores de otras especialidades o personal del cuerpo extraordinario con conocimientos en ingeniería o electrónica, pero no en aviación, lo cual podría configurar una amenaza a la seguridad por los escasos conocimientos en este tema, al interactuar en espacios aéreos segregados y no segregados. Además de las responsabilidades que se asumen al operar aeronaves tripuladas y las consecuencias penales que acarrea un accidente que involucre la vida de una persona.

El equipo que integra el cuerpo de vuelo en la FAC corresponde a oficiales y suboficiales con altos conocimientos en aviación, regulaciones aéreas, aerodinámica y seguridad que cumplen sus funciones como tripulantes de las aeronaves del Estado. La FAC asumió en el periodo 2006–2012, correspondiente a la I fase de implementación de este sistema, la operación sujeta a personal de diferentes perfiles a los requeridos y sin ningún tipo de entrenamiento básico en aviación, lo cual arrojó un balance de pérdidas de aeronaves bastante elevado, debido a la ausencia de conocimientos en materias aeronáuticas y a la falta de capacitación o entrenamiento de los operadores. El primer paso se presenta con la creación de una dirección que se especializaría en el manejo de la operación de estas aeronaves, avanzando así en la en la capacitación del recurso humano que las opera. Posteriormente la FAC, en consecuencia de la creación de la dirección de ART, dio origen a la escuela básica de ART.

## Revisión documental

Durante la fase de investigación en campo, al realizar la revisión de cada uno de los procesos desde el planeamiento de la misión, alistamiento de aeronave, cumplimiento de requerimiento, retroalimentación e incluso la fase de curso de tierra, se determinó una situación crítica para la operación de las ART Scan Eagle. (En relación con la Forma FAC 4.282T, por ser información sensible y de carácter clasificado no será anexa ni expuesta en este documento de acceso público).

## Consideraciones finales

Durante el trabajo de campo se analizaron los incidentes y accidentes en la operación de las ART Scan Eagle desde el 2013 hasta el 2016. Fueron 104 eventos entre Infos, Recil y Noper. Se logró determinar que el periodo analizado fue la época en la que más horas volaron este tipo de aeronaves (19.335 h), debido a su participación e inclusión en las operaciones de inteligencia, reconocimiento y vigilancia en contra de los grupos al margen de la ley. Se materializaron 16 accidentes que resultaron en la pérdida total de las aeronaves equivalente a 4.800 millones de pesos. 2014 y 2015 fueron los periodos más críticos, pues se presentaron 34 y 38 EVESOS, respectivamente, con un incremento aproximado del 300 % en el 2013.

Los factores de la accidentabilidad de los Scan Eagle están relacionados con:

- La falta de una especialidad de vuelo específica y diseñada solo para ART. Es imperativo asignar o crear una especialidad con capacitación y entrenamiento continuado.
- Los errores de toma de decisión en la tripulación se relacionan principalmente con ejecución de tareas rutinarias, inadecuada o nula evaluación de los efectos de sus acciones y variación en los procedimientos, que podrían relacionarse con fallas en la percepción, que no se presenta como un elemento aislado de carácter sensorial sino asociado a una decisión inadecuada o estado mental inadecuado, como prisa y fatiga.
- Se estableció que los factores más influyentes de la accidentabilidad en las operaciones están definidos por el factor humano (36 %), el factor técnico (33 %) y el factor operacional (31 %). Asimismo se evidencia

que hay errores, falencias y violaciones en las fases de vuelo en tierra. En lo que tiene que ver con el factor humano se cuentan: selección y entrenamiento de operadores, errores en el trabajo en equipo, habilidades neurocognitivas, percepción visual, vigilancia y atención, procesamiento espacial, memoria, razonamiento, desempeño cognitivo, personalidad, destreza del piloto, problemas de automatización, retroalimentación del operador y atención canalizada.

Con la taxonomía de los EVESOS de las ART Scan Eagle de la FAC se evidencian los riesgos operacionales más predominantes:

- La falta de supervisión en las operaciones aéreas relacionada con una planeación inadecuada de la operación al seleccionar personal con limitada experiencia para ejecución de misiones sensibles y una evaluación deficiente del riesgo.
- Déficit presupuestal, que impide contar con los recursos físicos necesarios para cumplir las tareas y deficiencias en la administración del talento humano al seleccionar personal sin experiencia o sin el nivel de entrenamiento requerido.
- Errores de procedimiento por falta de conocimiento y de prácticas organizacionales al ejecutar acciones no establecidas.
- Errores en el aseguramiento de calidad en mantenimiento por la planeación inadecuada de la operación y la administración del recurso humano. Podrían existir sobrecargas laborales que lleven al operario a trabajar bajo presión, obviar pasos en la lista de chequeo o cometer errores en los procedimientos, extralimitarse en sus funciones, exceder los tiempos de servicio, tomar decisiones ligeras sin medir los efectos y tener prácticas rutinarias inseguras.
- Violaciones o prácticas que van en contra de lo establecido por manuales y órdenes permanentes, como la aplicación incorrecta de procedimientos de lista de chequeo para el lanzamiento, operación y captura de la aeronave.

Ante esta evidencia se proponen cuatro líneas de acción como estrategia en la toma de decisiones para la reducción y mitigación de los riesgos en las operaciones aéreas de las ART Scan Eagle, basadas en el Manual de Doctrina Aérea Básica y en el Manual de Calidad de la FAC que permitirán el

correcto y eficiente uso de estas aeronaves con el fin de mantener los estándares de seguridad en las operaciones aéreas para reducir los EVESOS:

### **1. La creación de la especialidad de ART como estrategia empresarial y toma de decisión a nivel estratégico**

Es indispensable la creación de la especialidad de ART, pues desde la implementación en el 2005 nunca se contempló que el personal de operadores fuera del cuerpo de vuelo; fueron personas de otras especialidades como inteligencia, quienes operaron estas aeronaves. Al no tener personal con la capacitación de vuelo se presentaron muchos incidentes y accidentes. Según Ordoñez *et al.* (2017), la gestión humana y la gestión del conocimiento están estrechamente relacionadas, puesto que:

requiere de personal altamente cualificado y con un entrenamiento especial para alcanzar los resultados exitosos que se han evidenciado hoy día con estas aeronaves, siendo necesario un punto de vista holístico en la gestión humana, lo cual induce a la organización a crear procesos que involucren y proyecten al personal de oficiales que operan los sistemas ART (s. p.).

Para tal fin se debe crear dentro del cuerpo de vuelo “especialistas de vuelo”, oficiales operadores de ART, lo que implicaría la modificación del artículo 1.º Decreto 1.495 (2002) de MINDEFENSA, para permitir el reconocimiento de los oficiales operadores de ART y comandantes de misión aérea como tripulantes de la FAC y modificar el Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (Minev) FAC 6.2-0, en el capítulo 10, Cargos de vuelo, numeral 10.1 – Definiciones, 10.1.1, Tripulante de vuelo. Esto permitirá mejorar la actitud combativa, la identidad y la motivación de los oficiales operadores de ART que desempeñan funciones como tripulantes de vuelo y que hacen parte del cumplimiento del proceso misional de la Jefatura de Operaciones Aéreas, ya que no existe en la especialidad de vuelo la designación de operador de ART.

### **2. Nueva tarjeta de riesgo como estrategia empresarial y toma de decisión a nivel táctico y operacional**

Con la implementación de una nueva tarjeta de riesgo en la ejecución de operaciones con los sistemas ART se mejora de manera explícita



la identificación de todos los riesgos inmersos en la operación aérea, y se evita lo que ocurre en la actualidad, donde el personal que realiza la tarjeta de riesgo al finalizar y analizar los riesgos les arroja riesgo medio, sin importar la pericia o experiencia del personal, lo que impide una correcta toma de decisiones al momento de evaluar los riesgos.

### **3. Procedimientos e instructivos como estrategia empresarial y toma de decisión a nivel táctico**

Dar estricto cumplimiento a los procedimientos establecidos en el Manual FAC 4.1.1.0, Manual de Mantenimiento Aeronáutico (MAMAE). Esto garantizará el mantenimiento correcto de las ART e indicará la forma de corregir y controlar las anotaciones realizadas (tarea que normalmente se cumple en todas las aeronaves de la FAC), para evitar errores y que la misma persona que realiza la anotación de mantenimiento sea quien la corrige.

### **4. Implementación del SMS como estrategia para una buena comunicación en los ámbitos militar y empresarial, que ayude a la toma de decisiones los contextos estratégico, operativo y táctico**

Esta se enfoca en los procesos y procedimientos que requieren adoptar las personas involucradas con las aeronaves para la operación de vuelo, con la única finalidad de aumentar los niveles de seguridad en la organización a través de la implementación del SMS, con una comunicación efectiva, eficiente y en tiempo real que ayude a la toma de decisiones en las operaciones aéreas.

Además de proponer estas líneas de acción, es necesario mencionar varios problemas de investigación que pueden ser objeto de estudio en un futuro:

- El efecto de la inadecuada toma de decisiones de comandantes en los resultados operacionales, en la credibilidad y pérdida de confianza de sus subalternos y en la unidad de mando.
- La capacitación de los comandantes de escuadrón y comandantes de misión aérea para desarrollar su competencia de toma de decisiones, con el fin de fortalecer el nivel profesional en el personal, mejorar los resultados de la operación y el clima organizacional.

- La posibilidad de un programa de pregrado de EMAVI en ciencias militares, con temas de revisión y sistematización de evolución de estrategia FAC, que analice diferentes niveles estratégicos, operacionales y tácticos, así como desde los aspectos militares, organizacional y de aprendizaje.

## Referencias

- Aeronáutica Civil de Colombia. (2015, 3 de septiembre). *Circular 002, Requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones de RPAS*. <https://dernegocios.ueexternado.edu.co/comercio-electronico/requisitos-generales-de-aeronavegabilidad-y-operaciones-para-operaciones-para-rpas/>
- Austin, R. (2010). *Unmanned Air Systems UAV Design, Development and Deployment*. John Wiley & Sons.
- Aeronáutica Civil de Colombia. (2020, 1.º de septiembre). *Aeronáutica Civil de Colombia, regula el uso de drones comerciales en Colombia*. Mintransporte.
- Aeronáutica Civil de Colombia. (2018, 21 de octubre). *Sistema de gestión de seguridad operacional. Aerocivil*. <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion-aerea/sistema-de-gestion-de-seguridad-operacional>
- Convenio Sobre Aviación Civil Internacional. (2006). *Directors general of civil aviation conference on a global strategy for aviation safety*. International Civil Aviation Organization. [https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Directors General of Civil Aviation Conference on a Global Strategy for Aviation Safety \(DGCA-06\)/Annex13attE\\_sp.pdf](https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Directors%20General%20of%20Civil%20Aviation%20Conference%20on%20a%20Global%20Strategy%20for%20Aviation%20Safety%20(DGCA-06)/Annex13attE_sp.pdf)
- Constitución política de Colombia [Const.] (1991). Legis.
- Federal Aviation Administration. (2016, diciembre). *UAV Sighting Report*. FAA. [https://www.faa.gov/uas/resources/public\\_records/uas\\_sightings\\_report/](https://www.faa.gov/uas/resources/public_records/uas_sightings_report/)
- Fuerza Aérea Colombiana. (2016). *Funciones y Responsabilidades FAC*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.fac.mil.co/es/conozcanos/mision-vision-y-funciones>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2016). *Manual de Mantenimiento, Aplicabilidad del Aseguramiento de Calidad de la FAC en sus procesos de mantenimiento*. Fuerzas Militares de Colombia; Fuerza Aérea Colombiana. <https://es.scribd.com/document/419858300/Fac-Manual-Mantenimiento-Fac-2016>.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2015, junio). *Informe y Análisis de la accidentalidad de la FAC diferentes aeronaves desde el año 2013 al 2015*. [https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Planes/informe\\_final\\_plan\\_de\\_accion\\_2016\\_fac.pdf](https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Planes/informe_final_plan_de_accion_2016_fac.pdf)

- Fuerzas Militares de Colombia. (2013). *Manual De Doctrina Básica y Aérea Espacial*. Fuerzas Militares de Colombia; Comando Fuerza Aérea Colombiana. [https://esufa.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/fac-0-e\\_mabda\\_2013.pdf](https://esufa.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/fac-0-e_mabda_2013.pdf)
- Gutiérrez, G. (2014, 3 de marzo). *Teoría de la toma de decisiones. Definición, etapas y tipos*. <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-toma-de-decisiones-definicion-etapas-y-tipos/>
- Joint Air Power Competence Centre. (2010). *Strategic Concept of Employment: For Unmanned Aircraft Systems in NATO*. Joint Air Power Competence Centre. [http://www.japcc.org/wp-content/uploads/UAS\\_CONEMP.pdf](http://www.japcc.org/wp-content/uploads/UAS_CONEMP.pdf)
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (1998). *Strategy safari: A guided tour through the wilds of strategic mangament*. Simon and Schuster.
- Ordoñez, C., Báez, A., & Belén, H. (2017). *Plan estratégico gestión del talento humano de oficiales de Aeronaves remotamente tripuladas* [Tesis de grado, Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. <http://repositorio.crai-fac.com/handle/20.500.12963/471>
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2015). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional*. Organización de Aviación Civil Internacional. <https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/biblioteca-tecnica/Gestin%20de%20Seguridad/Documento%20OACI%209859%20-%20tercera%20edici%C3%B3n%202013.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2011). *Unmanned Aerial Systems*. Organización de Aviación Civil Internacional. [http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328\\_en.pdf](http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf)
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2016). *UAS Toolkit Home*. ICAO. <https://www.icao.int/safety/UA/UASToolkit/Pages/default.aspx>
- Presidencia de la República. (2010, 5 de agosto). Por el cual se designa a la Fuerza Aérea Colombiana como autoridad aeronáutica de la aviación de Estado y ente coordinador ante la autoridad Aeronáutica Civil Colombiana y se constituye el Comité Interinstitucional de la Aviación de Estado. [Decreto 2397 del 2010]. DO: 47-793. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1503047>
- Presidencia de la República. (2002, 19 de julio). Por el cual se reglamentan algunas disposiciones del Decreto-ley 1790 de 2000. [Decreto 1495 de 2002]. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1297863>
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University.

- Shappell S.A., & Wiegmann D.A. (2000). *The Human Factors Analysis And Classification System (HFACS)*. Scholarly Commons. <https://commons.erau.edu/publication/737>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2015, septiembre). *Vehículos aéreos no tripulados, drones y sus sistemas*. Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial. <https://issuu.com/quioscosic/docs/drones/10>
- Thompson, W. T., Tvaryanas, A. P., & Constable, S. H. (2005). US military unmanned aerial vehicle mishaps: Assessment of the role of human factors using human factors analysis and classification system (HFACS). *Terra Health, Inc. and the 311th Performance Directorate Performance Enhancement Research Division*. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA435063>

## Capítulo 5

---

# Análisis del comportamiento físico de tripulaciones y su impacto en la toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas

Óscar Fernando Arias Suárez\*

---

\* Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: oscar.arias@fac.mil.co

## CÓMO CITAR

Arias Suárez, O. F. (2021). Análisis del comportamiento físico de tripulaciones y su impacto en la toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas. En R. Mezú (Ed.), *Gaviotas de Luces. Un aporte desde la investigación formativa a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia* (pp. 181–239). Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.

**Colección Ciencia y Poder Aéreo N.º 17**

**GAVIOTAS DE LUCES**

*Un aporte desde la investigación formativa  
a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia*

### **CAPÍTULO 5.**

**Análisis del comportamiento físico de tripulaciones y su impacto  
en la toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas**

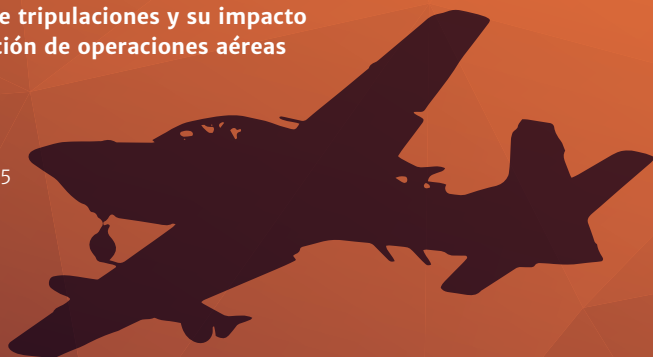
ISBN: 978-958-53696-0-3

E-ISBN: 978-958-53696-1-0

<https://doi.org/10.18667/9789585369603.05>

Bogotá, Colombia

Noviembre, 2021



## RESUMEN

---

La presente investigación aborda la posibilidad de mejorar los procesos de toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas, a partir del desarrollo de una herramienta tecnológica que permite la adquisición de señales biomédicas con el propósito analizarlas para establecer diversos comportamientos de las tripulaciones, mediante su interpretación desde el área de medicina aeroespacial, y así validar, a través de procesos de simulación, la relación entre la variabilidad de las señales biomédicas y la conducta y desempeño de las tripulaciones, detectando factores determinantes cuando se requiera tomar decisiones en operaciones aéreas en tiempo real, y, además, mejorando la seguridad operacional. En la actualidad, las señales biomédicas pueden ser empleadas para verificar el estado de salud y condición física de una persona; no obstante, y bajo el análisis e investigación realizados en este trabajo, también se concluye que pueden ser empleadas para mejorar procesos de toma de decisiones. Lo anterior, estableciendo comportamientos de las tripulaciones, las reacciones biomédicas de sus cuerpos y la interpretación de especialistas en el área de medicina de aviación, lo cual puede llegar a determinar factores cuando se requiera tomar decisiones en operaciones aéreas en tiempo real, coadyuvando al mejoramiento de la seguridad operacional.

## PALABRAS CLAVE

---

Biométrica; doctrina; mando y control; modelos; seguridad operacional; señales; toma de decisiones.

Es común que se empleen tecnologías de información y comunicaciones en la toma de decisiones tanto en ámbito militar como civil: análisis estadístico, *forecasting*, minería de datos, lógica difusa, diagramas de optimización, entre otros, son herramientas que permiten analizar todas las variables para determinar y calcular riesgos en ese proceso.

En ese sentido, Pilar (2011) asegura que “la formulación objetiva de un problema de toma de decisiones es complicada por las imprecisiones e incertidumbres inherentes, que crean un ambiente difuso para el tomador de decisiones” (p. 19). Por ello, esta investigación tiene como propósito establecer una herramienta que les permita a los comandantes que planean y programan operaciones aéreas reducir la incertidumbre y su riesgo inherente, basándose en el análisis del comportamiento de variables fisiológicas de sus tripulaciones.

Entre 1995 y el 2007 en Colombia se presentó un 72,72 % de fallas de buen criterio de las tripulaciones, un 18,18 % por circunstancias imprevistas superiores a su capacidad y un 9,09 % en la elección de un área inadecuada para despegue, aterrizaje o rodaje (Montoya & Roldan, 2007). Esto evidencia no solo la necesidad de optimizar la fabricación, mantenimiento o diseño de equipos tecnológicos en la aeronave, sino también, de analizar el factor humano para mejorar la toma de decisiones en las operaciones con una herramienta que, además, mejore la seguridad operacional.

Se requiere de un apoyo tecnológico con herramientas que monitoreen el estado físico y mental de las tripulaciones, y analicen su comportamiento en vuelo y en diferentes situaciones. De ese modo se crearán perfiles que identifiquen el tipo de tripulaciones requeridas para las operaciones. Este sistema proyectaría la integración de la medicina aeroespacial en los Centros de Comando y Control, así, no solo se evaluarían las variables de terreno y enemigo, sino también se observaría el comportamiento de las tripulaciones propias para generar medidas de apoyo.

Esta investigación plantea el desarrollo de un sistema de transmisión con redes militares de radiofrecuencia, compuestas por equipos de comunicaciones que operan en la banda del espectro electromagnético de VHF/FM, precisamente por la posibilidad con que cuenta la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) de poseer una red de estaciones en tierra y en las aeronaves, que por la altura y ubicación con la que operan garantizan la línea de vista (*Line of sight*, LOS), propia de las transmisiones en esta banda del espectro radioeléctrico —con el cual es posible transmitir señales biomédicas o datos

fisiológicos de tripulaciones o pacientes de evacuaciones aeromédicas a distancia— para su análisis y monitoreo, permitiendo la creación de perfiles que indiquen al comandante el diseño de operaciones aéreas y la reducción del riesgo e incertidumbre debidos al factor humano.

El sistema propuesto tiene un componente de *hardware* (dispositivos electrónicos y sensores) que facilita la obtención y transmisión de señales biomédicas extraídas del cuerpo de cualquier individuo a evaluar. Un componente de transmisión y recepción de las señales obtenidas con los radios militares de las aeronaves de la FAC —que son comunes con otras Fuerzas Armadas (FF. AA.) en Colombia— y que aprovecha la banda de VHF/FM del espectro de radiofrecuencia. Así mismo, un bloque de procesamiento de estas señales, mediante una interfaz de usuario adecuada, hace posible su visualización y toma de decisiones.

## Brecha en el proceso de toma de decisiones

Para cualquier comandante es indispensable tener herramientas de toma de decisiones; sin embargo, son muy pocas las que se han desarrollado con el propósito de apoyar la planeación y ejecución de operaciones aéreas. La información se obtiene de la doctrina y de la estrategia, del proceso de planeamiento y ejecución que finaliza en planes de guerra, campaña y operaciones. A estos, se suma información de inteligencia, alistamiento y estado de aeronaves, tipo de armamento, puntos de tanqueo y posibles pistas para recuperación de aeronaves y tripulaciones.

Aun así, son escasos los análisis del comportamiento de las tripulaciones en operaciones aéreas, los cuales, en su mayoría, se efectúan posterior a su desarrollo cuando se han presentado novedades o en la revisión después de la acción (RDA). De igual forma, los estudios presentados se enfocan en mejorar la seguridad operacional, mas no en su desempeño en la misión. Revisando la doctrina fundamental de la FAC, en el Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MADBA, 2013), este no proyecta modelos de toma de decisiones.

Los procesos militares de toma de decisiones (PMTD) para el diseño, seguimiento y ejecución de las operaciones no tienen en cuenta el desempeño o respuesta física de los hombres, sean de tierra, mar o aire, que cumplen las misiones. Esta información permitiría catalogar y proyectar capacidades de manera precisa frente al tipo de misión a cumplir.



El Manual de Estado Mayor y Mando Conjunto (MEMMC) de las FF. MM. propone una secuencia de acciones en el proceso militar de toma de decisiones, pero no habla del empleo de herramientas que soporten esa toma en la doctrina:

**Tabla 1.** Proceso militar de toma de decisiones

Primer paso	Recibo de la misión
Segundo paso	Análisis de la misión
Tercer paso	Desarrollo de los cursos de la acción
Cuarto paso	Análisis de los cursos de la acción
Quinto paso	Comparación de los cursos de la acción
Sexto paso	Aprobación de los cursos de acción
Séptimo paso	Elaboración de planes y órdenes

Fuente: *Fuerzas Militares de Colombia (2004)*.

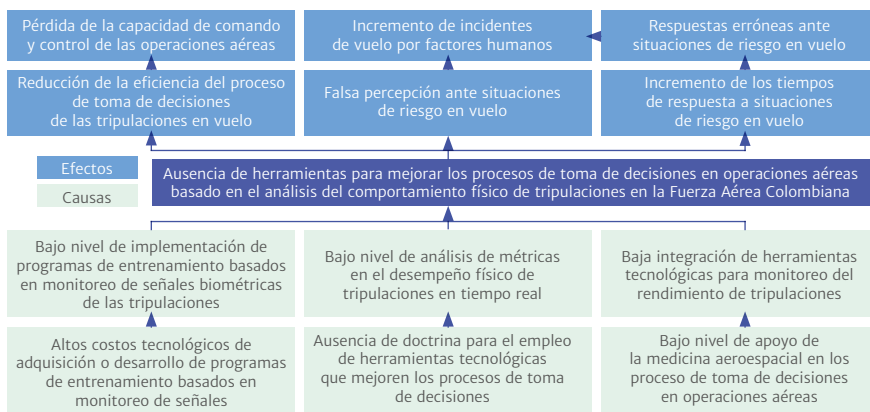
Además, hay una baja integración de herramientas tecnológicas que faciliten el análisis o la obtención de información respecto a los individuos. Entre estas herramientas se encuentran sistemas de obtención, trasmisión y análisis de señales fisiológicas, con lo cual se pueden analizar y monitorear desempeños y comportamientos.

Aunque sistemáticamente se realizan controles médicos y físicos a las tripulaciones, pocas veces se integran a desarrollos que establezcan el desempeño de las tripulaciones en tiempo real y evita que se usen para mejorar su rendimiento y nivel de seguridad y acierto.

El alto costo o la dificultad de adquisición de tecnología —que permita desarrollar sistemas de monitoreo de tripulaciones y que apoye el proceso de toma de decisiones, entrenamiento, selección de pilotos, tripulantes y el seguimiento a programas de seguridad en vuelo— también entorpece el proceso.

Dichas causas han generado varios efectos: la reducción de la eficiencia en el proceso de toma de decisiones; la falta de percepción ante situaciones de riesgo en vuelo, y, por ello, elección de respuestas erróneas; el incremento en los tiempos de respuesta a situaciones de riesgo, entre otros.

Dicho lo anterior, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo mejorar el proceso de toma de decisiones para la ejecución de operaciones aéreas basado en el análisis del comportamiento físico de tripulaciones de la FAC?



**Figura 1.** Árbol de problemas

Fuente: *elaboración propia.*

## Antecedentes

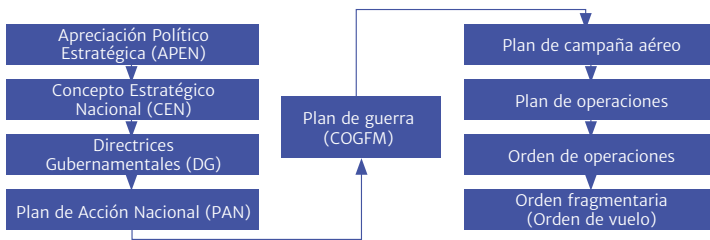
Uno de los referentes doctrinarios de la FAC es el MADBA, el cual contiene los fundamentos para el desarrollo de la estrategia del poder aéreo y espacial en Colombia, en cabeza de la FAC:

La Nación tendrá para su defensa unas Fuerzas Militares permanentes constituidas por el Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea. Las Fuerzas Militares tendrán como finalidad primordial la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional (Constitución Política, 1991, art. 217).

En el Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial de la FAC se evidencia el proceso de planeamiento y ejecución para las FF. MM., que incluye el planeamiento proyectado para la FAC, que va desde el nivel estratégico (apreciación político estratégica de la Nación —APEN—; formulación del concepto estratégico Nación —CEN—; emisión de directrices gubernamentales —DG— y plan de acción nacional —PAN—) hasta las órdenes fragmentarias de nivel táctico (Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial, 2013). A partir de allí se genera el plan de guerra que determinará acciones, directrices, instrucciones y demás órdenes para emplear el poder militar a fin de preservar, proteger o alcanzar los intereses nacionales (FAC, 2013). De acuerdo con lo establecido en el Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial de la FAC, del plan de guerra se deriva el plan de campaña, definido como:

[un] conjunto de prescripciones y normas emitidas por el comandante de una Fuerza Institucional, comandante Funcional, o el comandante del Teatro de Operaciones para el uso apropiado de los recursos de la respectiva Fuerza o teatro, con el propósito de alcanzar los objetivos estratégicos principales establecidos en el Plan de Guerra. En este nivel se encuentra el Plan de Campaña Aéreo el cual puede ser elaborado por el Comando de la Fuerza Aérea o por el Comando Funcional Aéreo (MADBA, 2013, p. 23).

El planeamiento (figura 2) establece los objetivos para una acción militar. Es ahí cuando la proyección de herramientas para la toma de decisiones le facilita al comandante su accionar, al minimizar el riesgo y disminuir la incertidumbre de las múltiples variables, pero no menciona el proceso de toma de decisiones que apoya la planeación de las operaciones aéreas a nivel táctico.



**Figura 2.** Secuencia del proceso de planeamiento

Fuente: MADBA (2013, p. 30).

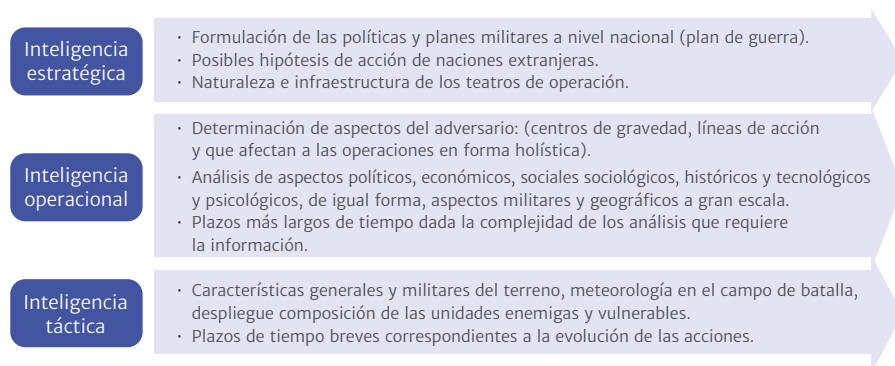
Aunque no hay investigaciones para mejorar este tema en la FAC, sí existen antecedentes para aplicar en la fase de análisis y descripción del proceso de toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas. Es el caso de los trabajos desarrollados que emplearon aplicaciones TIC, con el fin de mejorar el proceso de toma de decisiones, por ejemplo: “Diseño de una aplicación digital para la virtualización del primer paso del proceso militar para la toma de decisiones en una unidad táctica del Ejército de Colombia” de Gallardo (2015) y “Modelo para la toma de decisiones militares. Una nueva opción para el ámbito gerencial” de Forero (2012). También se incluye el análisis y revisión de modelos que se emplean en la toma de decisiones en entornos civiles, como lo expuesto por Lozano y Muñoz (2012) en “Algunos modelos de toma de decisiones” y “Herramientas para la gestión y toma de decisiones” de Jorge Pilar (2012).

En estos procesos se encuentra el PMTD usado por el Ejército Nacional, que ha generado doctrina en este ámbito. El Manual Básico de Liderazgo plantea el proceso de toma de decisiones desde la definición y comprensión de quien debe tomarlas —es decir, el ser humano—, desde una dimensión biológica, social y psicológica, con un componente espiritual, dimensiones en las que se encuentran las emociones. Goleman (1997) afirma que además del intelecto, las emociones lo guían cuando se trata de enfrentar momentos difíciles y tareas demasiado importantes. De modo que:

Cuando se trata de dar forma a nuestras decisiones, a nuestras acciones, los sentimientos cuentan tanto como el pensamiento y a menudo más [...] es decir, la emoción es tan importante para el pensamiento eficaz, tanto en la toma de decisiones acertadas como en el simple hecho de permitirnos pensar con claridad (FF. MM., 2014, p.15).

Entonces, ¿qué variables se requieren o son las adecuadas para tomar decisiones asertivas en el desarrollo de una operación aérea? Es necesario basarse en la información de inteligencia militar, entendida en los tres niveles: estratégico, operacional y táctico. Esta información es la base del diseño de las operaciones militares, por esa razón:

La inteligencia [es] una actividad continua en el tiempo, que a los niveles de decisión más elevados ha de ejercerse de forma activa desde la normalidad de la paz ya que, además de adelantarse al futuro, ha de evitar la sorpresa estratégica y alertar en tiempo oportuno a los sistemas de reacción (Asta, 2000, p. 453).



**Figura 3.** Niveles de la inteligencia militar

Fuente: Asta (2000, pp. 453-456).

Otros estudios, como el de Morillo (2008), han establecido el seguimiento de las señales fisiológicas como medio de revisión del comportamiento humano, incluso en enfermedades como el trastorno del sueño, y en la inducción al error que, en aviación, ha desembocado en accidentes aéreos. Es decir, las señales biomédicas pueden ser usadas para analizar eventos externos que inducen a respuestas fisiológicas en el ser humano.

Con los avances tecnológicos sobre desarrollos de vigilancia, respuestas oportunas a condiciones de salud, respuestas del ser humano a situaciones de conflicto o laborales diarias, la investigación también ha tenido puesta su mirada en la ayuda y fortalecimiento de modelos y herramientas que permitan pronosticar el comportamiento humano. Esta predicción permite conocer el desempeño de tripulaciones por parte de los comandantes de misiones de vuelo, al establecer un panorama de la misión con más variables que reduzcan la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

En la Universidad de Lund, Suecia, se desarrolló una norma de comunicación destinada al monitoreo y vigilancia de implantes médicos remotos, en los que se utiliza la banda de frecuencia entre 402 MHz y 405 MHz, que permite el desarrollo y control del sistema a distancias más lejanas de las que se venían utilizando, ofrece una velocidad de transmisión de datos de 600 Kbps y una tasa de error de bytes del 2% en enlace descendente, y 1% en enlace ascendente, en un enlace de estación base e implante remoto (Johansson, 2004).

Otra investigación se centra en la transmisión de datos de implantes mediante la técnica de modulación FSK —modulación por desplazamiento de frecuencia—. Esta ofrece una velocidad de transmisión de 2.083 Mbps, con tasas de error de bytes en la recepción del 0% y configurado en el intervalo de frecuencias de 4,17 MHz y 6,25 MHz (Jung *et al.*, 2007).

## La teoría

Según Clark (2008), un problema está bien estructurado cuando se dispone de toda la información y se establece una respuesta verificable. De lo contrario, se clasificarían como lo hace Schön (1995): desordenados y difíciles.

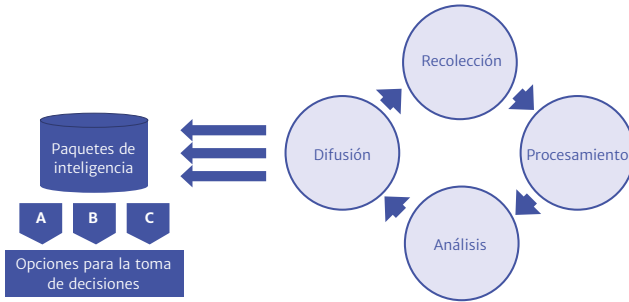
De la misma manera, son necesarios conceptos como el de mando tipo misión, que evolucionó por la necesidad de tomar decisiones tácticas en forma rápida, por lo complejo y lento de las comunicaciones desde el

Estado Mayor. Esta táctica prusiana alemana, conocida como *Auftragstaktik*, les daba iniciativa a comandantes subordinados (Carpenter, 2017). El concepto es aplicado en la FAC como “mando centralizado, ejecución descentralizada”. El comandante subordinado requiere herramientas para el proceso de toma de decisiones para la misión programada, sin contacto directo con su Estado Mayor. A lo que se suma la facilidad de establecer nodos de comunicaciones que impulsan a analizar los Centros de Operaciones Aéreas (AOC).

La planificación en los ejércitos abarca múltiples facetas; desde la determinación de su entidad, composición y misiones, hasta el establecimiento de posibles escenarios de intervención. Han de tenerse en cuenta datos conocidos y factores falsos referidos, especialmente a los riesgos o amenazas que presumiblemente tendrán que afrontar o evitar (Asta, 2000).

## Variables en el proceso de toma de decisiones

La información que suministra el ciclo de inteligencia también se cuenta entre los datos requeridos para el planeamiento de misiones (figura 4).

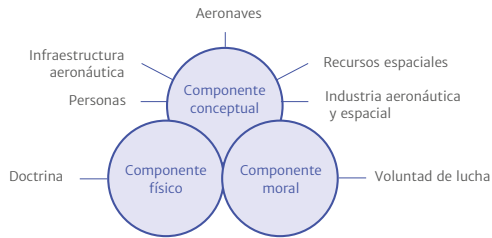


**Figura 4.** Ciclos de inteligencia

Fuente: *elaboración propia*.

Otra de las variables que impacta el proceso de toma de decisiones es la doctrina:

Cuando la doctrina no se basa en experiencias y no ofrece un punto de partida o nunca se ha puesto en práctica, resulta ser ineficiente para la toma de decisiones y, por consiguiente, para el cumplimiento de los objetivos (FAC, 2013, p. 46).



**Figura 5.** Componentes del poder aéreo y espacial

Fuente: FAC (2013, p. 61).

Cuando se analizan las variables en el proceso de toma de decisiones por parte de los comandantes, se reduce la incertidumbre y se minimiza el riesgo, lo cual se ve reflejado justamente en uno de los principios del poder aéreo: el balance, entendido como “la evaluación de los resultados esperados frente a los riesgos proyectados implica poseer información apropiada y a tiempo, con el fin de producir una decisión efectiva” (FAC, 2013, p. 64).

## Herramientas para la toma de decisiones

A continuación, se presentan algunas herramientas para la toma de decisiones tenidas en cuenta para esta investigación:

**Ábaco de Régnier:** concebido por el doctor François Régnier se usa para interrogar a los expertos y tratar sus respuestas en tiempo real o virtual, a partir de una escala de colores (Vásquez *et al.*, 2010). Según Godet (2000) y Mojica (2005), este reduce la incertidumbre, confronta el punto de vista de un grupo con el de otros y, a la vez, toma conciencia de la mayor o menor variedad de opiniones. Se guía por los tres colores del semáforo, más el verde y el rojo claro. El blanco permite el voto en blanco, y el negro, la abstención (Vásquez *et al.*, 2010).

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Absolutamente indispensable			
Indispensable			
Importante			
Poco importante			
Sin importancia			
Sin respuesta			
01. Meteorología			
02. Geografía, análisis del terreno			
03. Informes de inteligencia			
04. Doctrina			
05. Comportamiento de tripulaciones			

**Figura 6.** Ábaco de Régnier

Fuente: elaboración propia.

*Matriz de priorización:* permite crear criterios de evaluación jerarquizando los planes de acción con los que puede contar el comandante para establecer la mejor línea de acción, mediante el desglose de una serie de variables y el empleo de una base en escalas cualitativas apreciadas por paneles de expertos o grupos de trabajo. Combina elementos cualitativos con calificaciones subjetivas, que pueden ponderarse y calificarse para obtener votaciones y consensos. Sirve para cuantificar juicios, valores y puntos de vista de un grupo humano (Popper, 2008), tal como lo define Vásquez *et al.* (2010).

*Matriz de decisiones:* es la representación gráfica que facilita a un equipo o individuo identificar y verificar la proporción de la fuerza de las relaciones entre conjuntos de información (Alfaro, 2018). Es muy empleado en la toma de decisiones de proyectos para la estimación de soluciones alternativas y desarrollo de posibles soluciones. Para su elaboración se deben conocer estrategias, estados de la naturaleza, probabilidades y resultados o desenlaces. Una vez establecida la matriz, se aplican los siguientes criterios para tomar decisiones en situaciones de incertidumbre:

- Criterio optimista: se elige la estrategia que arroje el mejor resultado.
- Criterio pesimista o de Wald: se realiza la selección de la estrategia que presente el valor más grande entre los más pequeños existentes de todas las posibilidades planteadas, o el valor mínimo entre los máximos.
- Criterio de Laplace: cuando se desconocen las probabilidades de cada estado en la naturaleza, se le establece a cada uno la misma posibilidad.
- Criterio de Hurwicz: solo importan los valores más grandes, así como los más pequeños de cada estrategia, para lo cual se suma el mejor resultado de cada una ponderado el coeficiente de optimismo ( $\alpha$ ), con el más malo de los resultados de cada una realizando la ponderación con el coeficiente de pesimismo ( $1 - \alpha$ ). Cabe mencionar que, para este criterio, el coeficiente de optimismo es intrínseco a la persona que va a tomar la decisión.
- Criterio de Savage: es el más común de ser empleado por quienes temen equivocarse al tomar decisiones, por tanto, se genera una matriz nueva de desenlaces en términos de coste de oportunidad, para finalmente presentar lo que se deja de ganar por escoger una estrategia equivocada (Alfaro, 2018).



## Modelos propuestos para la toma de decisiones

Gámez (2007) plantea que “dado que la toma individual de decisiones no es un proceso simple, y que se encuentra condicionado por metas, características psicológicas y marcos de referencia de quien toma las decisiones” (p. 104). El apoyo de tecnologías de la información mejora el proceso porque:

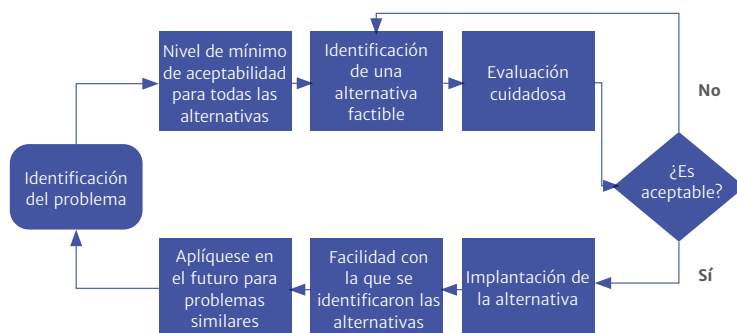
Los sistemas deben ser esbozados de forma tal que ofrezcan facilidades al momento de realizar la toma de decisiones, ofreciendo diferentes opciones para manejar y procesar la información, evaluarla, y presentarla de tal forma que apoye las características personales, permitiendo realizar variaciones en la medida en que los individuos aprenden y establecen sus prioridades. Los diseñadores de sistemas de información deben encontrar la forma de construir sistemas de información que apoyen la toma de decisiones en la institución (Gámez, 2007, pp. 104-113).

Para analizar los modelos de toma de decisiones, Gámez los agrupa en individuales —cuando se abordan desde el ser humano como eje central del proceso— y en institucionales —como colectivos o grupos establecidos dentro de políticas y normas— tales como las FF. MM.

En los modelos individuales presenta el racional —o modelo satisfactor—, que considera a quien toma decisiones como un sujeto enfocado y preparado para administrar. Se toma la primera alternativa que satisfaga las necesidades del problema planteado.

El modelo clásico de elección racional aplicado en economía en los años setenta sostenía que la persona elige la alternativa evaluando la probabilidad de cada resultado posible, determinando la utilidad de cada una y combinando estas dos evaluaciones. La opción elegida era aquella que ofrece la combinación óptima de probabilidad y utilidad (Kohan & Macbeth, 2008). Sin embargo, este modelo posee inconvenientes que no reducen la incertidumbre como se quisiera. Uno de ellos es que “las evaluaciones de probabilidad y riesgos de las personas no suelen estar de acuerdo con las leyes de la probabilidad” (Kohan & Macbeth, 2008, pp. 68-73). Trabajos como el de Paul Meehl (1954) permitieron dilucidar esto, teniendo en cuenta que comparó la predicción diagnóstica con métodos clínicos y estadísticos o actuariales, demostrando que el método estadístico obtenía mejores resultados (Meehl, 2015).

Por otra parte, Simon (1957) señaló que un total de racionalidad suponía que el modelo de elección racional era poco realista para el juicio humano. Propuso un criterio más limitado para la realidad del accionar, al cual llamó “racionalidad limitada”, el cual reconocía en el proceso mental humano limitaciones inherentes; las personas eligen y razonan racionalmente, pero solamente dentro de las restricciones impuestas por su búsqueda limitada y sus capacidades de cálculo.



**Figura 7.** Modelo de racionalidad limitada

Fuente: Gámez (2007).

De igual forma, el modelo de satisfacción expone una realidad finita, reducida y limitada dado que:

Afirma que las personas buscan satisfacción, es decir, eligen la primera opción disponible y que se encuentre orientada hacia su propósito u objetivo prioritario. Por tanto, considera que las personas evitan alternativas nuevas e inciertas, y en vez de esto, confían en reglas ciertas y probadas (Gámez, 2007, pp. 114-116).

Por último, dentro de estos modelos también es posible citar el psicológico, aquel en el que todos los individuos que realizan un proceso de toma de decisiones optan por lograr fines u objetivos, pero se diferencian en cuanto a la forma de recopilación y evaluación de la información requerida: “Los pensadores sistemáticos imponen un orden en percepción y evaluación. Los intuitivos usan modelos y perspectivas múltiples de evaluar información” (Gámez, 2007, p. 110).

Otra posibilidad de clasificación es aquella que se centra en las organizaciones, para lo cual se exponen los siguientes modelos:

- Modelo burocrático: parte del hecho que para una estructura u organización los problemas deben ser muy complejos para ser enfrentados como un todo, por esta razón, los divide y distribuye a diferentes áreas y grupos especializados. Cada área tiene procesos y procedimientos estándar para solucionar el problema (Gámez, 2007). En cierta forma, este modelo hace parte del proceso de toma de decisiones militares, en los cuales se recurre a los Procedimientos de Operación Estándar (SOP).
- Modelo político: en este se plantea que las decisiones son consecuencia de la relación dinámica de negociación y competición entre los colectivos de interés dentro de la institución y sus dirigentes. Al final de esta relación se puede observar que las acciones no son necesariamente racionales y que los resultados de esas acciones no son los que precisamente un individuo busca (Gámez, 2007).
- Modelo del bote de basura: las organizaciones son transitorias dado que tienden a desaparecer bajo los cambios de las condiciones del entorno, debido a la dificultad de adaptarse. La toma de decisiones se da dentro de un flujo de información con situaciones cambiantes, problemas y soluciones en tiempos cortos, asociados en forma aleatoria. Por ello se debe tener un grado de flexibilidad y proporcionar diversas opciones para el manejo de información y su evaluación; dar apoyo con una gran variedad de estilos, habilidades y conocimientos. Cambiar a medida que las personas aprenden y aclaran sus valores y contar con modelos múltiples analíticos e intuitivos para seguir alternativas y consecuencias (Gámez, 2007).

A la vez, se presentan estudios de modelos aplicados a la toma de decisiones, como el del mayor Williams (2011), integrante del Ejército de los Estados Unidos, quien expone que los procesos heurísticos en la toma de decisiones llevan a sesgos que afectan el resultado.

Si ahora se considera brevemente la naturaleza subjetiva de la guerra —los medios por los cuales la guerra debe ser librada—, más que nunca parecerá como un juego de apuesta. Desde el principio hay una interacción de posibilidades, probabilidades, buena y mala suerte que preparan el camino (Clausewitz, 1976). Por tanto, en todo el amplio espectro de relaciones y acciones humanas, la guerra es similar y tiene un componente parecido a un juego de cartas.

Este caos hace necesario que la organización o estructura de proyecciones supuestas en sus constructos mentales sean cuestionadas por parte de quienes tendrán a cargo la toma de decisiones, teniendo en cuenta que el proceso de regla empírica que se aplica en el proceso militar de toma de decisiones incrementa el conocimiento, pero, a su vez, presenta divergencias durante el proceso.

## Herramientas de tecnología como soporte de la toma de decisiones

Los desarrollos deben estar enfocados a entornos de simulación que aprovechen las herramientas tecnológicas de la FAC. Por ello se empleó como *software* para la adquisición de datos de señales fisiológicas un desarrollo en Labview<sup>®</sup>, una plataforma de programación y desarrollo para esbozar sistemas que contienen *hardware* y *software* para pruebas, control y diseño en ambientes simulados, reales o embebidos, basado en un entorno de programación visual. Ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación. Esa visualización hace que sea más fácil integrar *hardware* de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas (National Instruments, 2019).

Los programas desarrollados con Labview<sup>®</sup> son Instrumentos Virtuales (VIS) y provienen del control de instrumentos, aunque hoy en día se han expandido al control de todo tipo de electrónica y a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc. Un lema entre sus objetivos es el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no solo en ámbitos de pruebas, control y diseño) y el permitir la entrada a la informática de profesionales en cualquier otro campo. Se combina con todo tipo de *software* y *hardware*, tanto del propio fabricante, como de otros fabricantes (RICE University, 2019).

## Los conceptos

### El factor humano como variable en la toma de decisiones

La presentación y diseño de una herramienta que mejore la toma de decisiones en las operaciones aéreas debe incluir, además de psicología, la

medicina de aviación y la ingeniería electrónica, dado que se requiere tomar señales fisiológicas y tratarlas como eléctricas, que puedan ser transmitidas, monitoreadas e interpretadas, bajo parámetros de comportamiento.

Tal y como lo señala la doctora Lina Sánchez (2010) en su investigación *El estudio del factor humano en accidentes de aviación*: “Muchos pilotos que cumplen todos los parámetros de aptitud psicofísica establecidos se accidentan por factor humano” (p. 143). Se debe superar la forma tradicional de ejercer la medicina y la psicología, sustentada en la clínica, la evaluación psicofísica y la interpretación de pruebas y exámenes de laboratorio basada en modelos adquiridos durante la formación profesional acorde con exigencias del sistema de salud (Sánchez, 2010).

Es importante reforzar los modelos de la formación profesional de médicos y psicólogos de aviación con herramientas tecnológicas que beneficien la evaluación de resultados y el análisis del comportamiento de tripulaciones, con el fin de mejorar su calidad de vida y aportar al desarrollo doctrinario en el proceso de toma de decisiones.

El aspecto cultural también debe tenerse en cuenta. Las estadísticas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) identifican que la mayoría de los accidentes de aviación se presentan en el Caribe, Latinoamérica, Asia y África, en parte, por la falta de modelos de adaptación en cuanto a normas, técnicas y procedimientos de otras regiones. Helmreich (1994), citado en Sánchez (2010), menciona que muchos programas de entrenamiento para tripulaciones son importados y están desconectados de la cultura, lo que influye en la manera de actuar ante situaciones de crisis que afectan la capacidad para trabajar en equipo y la actitud hacia la automatización y la comunicación (Sánchez, 2010).

Por su parte, Maurino (1994), citado en Sánchez (2010), enfatiza en la necesidad de establecer el entrenamiento aeronáutico en el contexto donde la actividad se desarrolle, puesto que el adecuado manejo del riesgo varía en las regiones según percepción social, religiosa, moral, ética y valores sociales (Sánchez, 2010).

Así mismo, el grupo de ingeniería clínica de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina desarrolló un sistema de monitoreo de parámetros fisiológicos en forma remota. Es un sistema integral de telemedicina en la provincia de Córdoba, que tiene como finalidad el telediagnóstico, el monitoreo de pacientes alejados de los centros de atención, la interconsulta y

una base de datos con los parámetros de cada individuo para posteriores estudios (Juri, 2005).

Los parámetros son el electrocardiograma (ECG), la presión arterial y la oximetría de pulso, los cuales son adquiridos por una unidad portátil con canales de comunicación serie RS-232 y USB, que facilitan su conexión a una PC. Mediante un *software* de visualización se muestran los datos para su posterior transmisión vía TCP/IP, a través de la línea telefónica. En un futuro se intentará migrar el canal de comunicación a una plataforma inalámbrica, como pueden ser GPRS, wifi o Bluetooth (Juri, 2005). Este antecedente permite que se evalúe la adquisición de las señales fisiológicas y que se envíen en tiempo real para ser analizadas por personal capacitado y tomar decisiones basados en las conductas de las tripulaciones y sus respuestas funcionales.

Otro de los antecedentes en el estudio del error y la incidencia del factor humano en el mismo, lo realizan Wiegmann y Shapell (2003) en su libro *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis. The Human Factors Analysis and Classification System*, realiza una completa revisión de las perspectivas para el estudio del error humano. Esta constituye un muy buen marco de referencia respecto a los aportes generados al conocimiento de este fenómeno a través de la historia y permite aclarar el campo de acción de los profesionales de la salud y otras disciplinas (Sánchez, 2010).

Otro análisis del comportamiento del factor humano en aviación es el de Gary (2002), quien habla de la perspectiva conductual como el desempeño relacionado a la motivación y las experiencias vividas, en el que influyen los reconocimientos, premios o castigos que se adoptan con frecuencia como prácticas de seguridad dentro de las organizaciones. Una perspectiva de gran desarrollo y reconocimiento es la cognitiva, ampliamente utilizada en procesos de selección y entrenamiento que atribuye el error al piloto de acuerdo con esquemas mentales, percepción, atención, memoria, procesamiento de información y toma de decisiones (Strater, 2005).

El estudio del proceso de toma de decisiones desde esta perspectiva se complementa con desarrollos que integran el análisis de la mayor cantidad de información y pueden traducirse en patrones que descifren cómo es este proceso en el ser humano, sobre todo, en situaciones nuevas o de incertidumbre. Tales desarrollos se enfocan en el análisis del cambio de variables fisiológicas del ser humano, incluso en situaciones de temor o alegría.

En ese sentido, Sánchez (2010) identifica otra perspectiva que desarrolla el concepto de Crew Resource Management (CRM). Este manejo de recursos de cabina establece que en gran parte los errores de toma de decisiones o fallas inducidas por el factor humano se presentan en la relación establecida por piloto y tripulación. Esta teoría afirma que los errores y fallas son cimentados socialmente, y establece que en el aspecto psicosocial se ven las operaciones de vuelo como actividades sociales que encierran relaciones e interactividades en un amplio espectro de individuos.

La perspectiva predominante es la aeromédica. Un proceso que radica en la estimación y cuantificación de la condición física y mental para actividades de vuelo, con patrones o modelos aeromédicos establecidos en la normatividad internacional y nacional, que mejoran los procesos de prevención de accidentes debido al factor humano, sin embargo, tiene un alcance limitado (Orford & Silverman, 2008).

Al contar con las señales fisiológicas de las tripulaciones en tiempo real, se evalúa su comportamiento proactivo y no reactivo. Se evalúan cuando se presentan los factores que alteran las condiciones normales de las tripulaciones en desarrollo y ejecución de operaciones aéreas, y no, en evaluaciones posteriores, cuando las causas de los errores han desaparecido.

La biometría y el transporte de estas señales en tiempo real se han convertido en grandes aliadas de la medicina de aviación y psicología:

La telemetría es una poderosa herramienta para medir, monitorear y controlar remotamente variables en tiempo real. Esta tecnología facilita el transporte de datos adquiridos por un dispositivo a una estación distante para ser desplegados, guardados y analizados por personal especializado (Dodge, 2012, p. 68).

Las variables clínicas que generalmente se monitorean son frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura y presión arterial. Estas mediciones básicas determinan el funcionamiento de los órganos vitales del cuerpo y detectan problemas de salud (López *et al.*, 2015).

En el análisis del factor humano se incluye el PMDT por ser un modelo lineal fundado en actividades que forman cursos de acción específicos, muy útil para analizar los problemas de estabilidad, que se basan en supuestos de la racionalidad técnica (Williams, 2011). Este proceso induce a errores cuando se toma como verdad absoluta, como lo expresa Sun Tzu:

Todas las guerras se basan en el engaño. El enemigo debe ignorar en dónde me propongo librar la batalla, porque si lo ignora, deberá estar preparado en muchos lugares; y cuando se prepare en muchos sitios, me permitirá combatir a unos cuantos hombres en cualquiera de ellos (2003, p. 54).

Por eso debe incorporar otras herramientas que avalen muchos más criterios para tomar decisiones sin sesgos. Así se evidenció en escenarios de confrontación reales, como el de Irak, donde la lucha contra insurgente les sugirió a los Estados Unidos una planeación de operaciones diferente a las preconcebidas, ya que, en principio, les dificultó su accionar y consolidación del territorio. Otro caso es el conflicto interno armado en Colombia. El cambio en el pensamiento militar en la planeación de operaciones, supuso hacerlo de forma conjunta y coordinada, y la proyección y aplicación del uso del poder aéreo en la planeación de operaciones aéreas a objetivos estratégicos, sumado a la capacitación, entrenamiento, uso de las aeronaves y su armamento, cambió la respuesta a incursiones insurgentes.

El análisis de la heurística y de los sesgos, como lo llama Williams (2011), inició debido a la insatisfacción con las finanzas clásicas para explicar la toma de decisiones humanas. El autor cita a Kahneman y Tversky, quienes desarrollaron los principios de una disciplina ampliamente conocida como las finanzas conductuales. En ella establecen que el ser humano utiliza tres métodos heurísticos en la toma de decisiones bajo incertidumbre, para medir probabilidades y predecir valores, y que estos métodos, si bien son legítimos, conducen a errores sistemáticos (Bonatti, 2007). Sus reglas conductuales son:

---

**Tabla 2.** Reglas de las finanzas conductuales

---

Representatividad: es utilizada cuando las personas deben estimar la probabilidad de un evento. El error es ignorar el grado de representatividad de las muestras consideradas.

---

Disponibilidad de escenarios: es utilizado cuando se debe estimar la frecuencia de clase o la factibilidad de un hecho en particular.

---

No tener en cuenta hechos reales, sino los que producen mayor impresión. Lo “disponible” es lo que produce una emoción intensa.

---

Anclaje: utilizado en predicciones numéricas cuando los valores relevantes están disponibles. Conceder un peso desproporcionado a la primera información que se recibe.

---

Fuente: *elaboración propia.*



## Tecnologías de la información y toma de decisiones

La biomedicina es otra redefinición de la medicina, en la que intervienen factores científicos y tecnológicos aplicando conocimientos de ciencia mediante el estudio de los procesos fisiopatológicos del paciente. Allí convergen ciencias como biología, genética, anatomía, fisiología, ingeniería biomédica y microbiología para realizar la medición de las actividades del individuo y el funcionamiento de los órganos (Flores & Onofre, 1995).

Una señal fisiológica cuenta con potencial información que puede permitir descifrar qué factores influyeron en su producción; es así como un médico puede generar un diagnóstico. Dichos diagnósticos también pueden ser analizados como información sobre el comportamiento del ser humano bajo ciertas condiciones. Tal es el caso de las tripulaciones, que en muchas ocasiones se ven abocadas a condiciones especiales durante la ejecución de operaciones aéreas.

Para la medicina, las medidas se agrupan en diferentes categorías, a saber: mecánicas, biopotenciales, imágenes, acústicas, señales biomagnéticas, impedancias y señales bioquímicas. Es a partir de estas señales y su información que predice el comportamiento de las tripulaciones. Al ser señales eléctricas, con la tecnología actual se pueden transmitir tras diferentes medios, como las redes militares de radiofrecuencia de la FAC (Martínez, 2011).

Por su parte, la telemetría es una tecnología que permite la obtención remota de magnitudes físicas, para posteriormente permitir la centralización de los datos obtenidos en un centro de control. Este tipo de transmisión se hace básicamente mediante señales inalámbricas en las cuales el centro de control es el encargado de la gestión de todo el sistema de telemetría.

Así, se llega a la telemetría biométrica, la cual apunta a la monitorización remota del paciente para aumentar la calidad del servicio de salud y reducir costos de transporte y atención hospitalaria. En la telemetría biomédica se registran parámetros fisiológicos del paciente, enviados por señales electromagnéticas que permiten ofrecer una atención de calidad, optimizar funciones y reducir tiempos de recuperación y estadía en hospitales.

Otras aplicaciones en que la biotelemetría se ha utilizado son monitorización cardíaca, monitorización de presión sanguínea, monitorización respiratoria o de episodios de apnea y monitorización de la saturación arterial de oxígeno.

A continuación, la tabla 3 expone algunos de los componentes de los sistemas de telemetría biométrica:

**Tabla 3.** Composición de sistemas de telemetría biométrica

---

Sensores: detectan magnitudes físicas o químicas (en el caso de la biomedicina: presión arterial, ritmo cardíaco, etcétera) para transformarlas en variables eléctricas.

---

Procesador de señales: está compuesto por *hardware* y *software*. Su fin es captar señales en tiempo continuo para manipular la información obtenida según se requiera.

---

Equipo de comunicaciones: se usa para transmisión y recepción de los datos obtenidos por señales electromagnéticas o cableadas.

---

Dispositivo de almacenamiento y presentación de la información: se usa para el almacenamiento de la información.

---

Fuente: *elaboración propia*.

La FAC cuenta con radios de comunicación en las bandas VHF/FM y HF que permiten el envío de tramas de datos a distancias remotas. Los que operan en la banda de HF son radios que actúan en la banda de 3 MHz a 30 MHz, en la que las frecuencias electromagnéticas son propagadas en línea recta y rebotan en la ionósfera, donde son recargadas para llegar a distancias muy alejadas, e incluso, dar la vuelta al planeta (Radio Frecuencia (HF), s. f.)

De la misma manera existen factores que intervienen para que esta comunicación llegue hasta donde el usuario desea, como son las variaciones según las estaciones del año y las horas del día, o también, las llamadas tormentas solares. Este espectro está reservado, según se requiera a las FF. MM., radioaficionados, aeronáutica, telefonía inalámbrica y parte del espectro al uso civil.

Se cuenta también con el espectro de frecuencia Very High Frequency (VHF), que ocupa el rango de 30 MHz hasta 300 MHz. Es usado para muchos servicios, como las comunicaciones marítimas, aeronáuticas y la radio en FM.

La comunicación VHF/FM depende de factores que dificultan aún más las comunicaciones respecto a la transmisión en HF, algunos de ellos son la altura de las antenas, la línea de vista que tengan entre sí y las condiciones climáticas.

Ahora bien, el estudio de señales fisiológicas para aplicaciones militares nace a partir de la convocatoria 666 de Colciencias (ahora Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación) en el 2014, cuando se plantea la transmisión de datos empleando redes de radiofrecuencia militares. Bajo este proyecto, el mayor Arias Suárez, investigador principal, demostró la capacidad de los equipos VHF/FM para transmitir datos a otras aeronaves, personal en tierra o centros C2 (Comando y Control).

Posteriormente, Colciencias abrió otra convocatoria de investigación acerca de la posibilidad de transmitir señales fisiológicas para el monitoreo de pacientes, dado que las señales fisiológicas pueden transmitirse por radiofrecuencia y emplearse para extraer información del comportamiento del cuerpo humano en determinadas condiciones durante operaciones aéreas.

## Las normas

Dentro de las responsabilidades establecidas para el Estado colombiano se proyecta que, a través de sus FF. MM., específicamente la Fuerza Aérea Colombiana, se cumplan obligaciones y deberes acordes con sus características, naturaleza y ambiente operacional establecidas para cada una de ellas, las cuales derivan de la Constitución nacional:

Por tanto, para la FAC, estas funciones hacen parte de roles y responsabilidades que debe aplicar la Fuerza Aérea Colombiana en virtud de su misión institucional establecida, con el fin de obtener o cumplir con los objetivos de la nación, mediante el acatamiento de los principios, así como de toda la normatividad y legislación colombiana sumado a tratados internacionales. La presentación de estas funciones es también derivada de la naturaleza y ámbito operacional de la FAC (aire y espacio), así como de sus capacidades propias, las obligaciones, deberes y características generales de una fuerza militar, así como principios propios del poder aéreo y espacial, y los ambientes de empleo donde interactúa el poder aéreo y espacial (FAC, 2019, p. 80).

Del anterior principio rector derivan otros que se compilan en manuales y documentos, uno de estos es el Manual de Estado Mayor y Mando Conjunto (MEMMC) para las FF. MM., en el cual se establece la responsabilidad de los comandantes de llevar a cabo el proceso militar de toma de decisiones PMDT. Otro de los manuales doctrinarios es el MADBA, un referente normativo que establece los principios rectores que definen la organización para el combate, así como las funciones de la FAC y proyecta los ambientes de empleo del poder aéreo y espacial.

Teniendo en cuenta el ámbito en el que se establece el PMTD, como doctrina en apoyo a los comandantes e integrantes de los Estados Mayores, en el MEMMC para las FF. MM.:

Establece la doctrina que debe aplicar la organización militar para obtener la acción unificada de sus Fuerzas, en el planeamiento, conducción y ejecución de las operaciones conjuntas, en que participen componentes provenientes de cualquiera de sus Fuerzas Institucionales: el Ejército, la Armada o la Fuerza Aérea. La doctrina que aquí se precisa incluye las funciones generales que con respecto al Mando Conjunto y las Operaciones Conjuntas cumple el Comando General de las Fuerzas Militares y los Comandos de Fuerza (Flores-Henao, 2012, p. 224).

Por otro lado, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de la ONU para las TIC, es el encargado de la normatividad en el sector a nivel global. Esta normatividad se presenta como recomendaciones: “En el seno del UIT-T, los trabajos sobre biometría comenzaron en el 2001 bajo la responsabilidad de la Comisión de Estudio 17 del UIT-T que coordina estas actividades a través de todos sus Grupos de Trabajo” (UIT, 2010, p. 6).

Al considerar que el componente de obtención y análisis de las señales fisiológicas parte de la normatividad que aborda la metrología médica, entendida esta como “la especialidad de la metrología que estudia las mediciones relacionadas con las magnitudes fisiológicas, generadas por el cuerpo humano y traducidas por los equipos médicos. Además de las magnitudes físicas que generan algunos equipos médicos” (Cely, 2016, p. 7). Esta permite regular las actividades de toma de datos de señales fisiológicas y crear unos lineamientos para su uso y aplicaciones, previniendo la afectación de la vida humana o que esta sea empleada sin un componente ético. Dicho lo anterior, se presenta el resumen de la normatividad relevante en temas de metrología médica y aspectos que la regulan en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Normatividad de la metrología médica

Resolución 1.043 de abril 3 del 2006. Anexo Técnico n.º 1, estándar 3, numeral 3.2. Requisitos de habilitación.
La norma ISO 9.001: 2008. Numeral 7.6. Control de los equipos de seguimiento y medición.
Decreto 4.725 del 2005.
Resolución 4.816 del 2008 (Reglamentación).
Estándares de acreditación en salud.
Gestión de la tecnología y gerencia del ambiente físico.
ISO 376 que trata de la gestión de los sensores de patrón.
Decreto 1.011 del 2006, que establece el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud (SOGCS).
Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud.

**Fuente:** elaboración propia.

## Metodología y estado del arte

La metodología de este proyecto se alinea con el proceso de investigación cualitativa, que tiene por fin describir o formar una teoría a partir de estudios sobre el quehacer cotidiano de las personas o grupos pequeños (Lerma, 2003). Los investigadores desarrollan conceptos, intelecciones y comprensiones que parten de pautas de los datos, y no, recogiendo datos para evaluar modelos, hipótesis o teorías preconcebidas (Benjumea, 1995).

Se divide en cuatro grandes áreas de trabajo: un estudio de los elementos necesarios para el proceso de toma de decisiones y cómo el análisis de señales fisiológicas de tripulaciones permite mejorar la ejecución de operaciones aéreas; un prediseño del sistema según las señales a evaluar y los medios de transmisión de la información; el desarrollo de algoritmos de procesamiento de la información suministrada por los sensores y algoritmos de transmisión de la información, y la articulación de los componentes en una arquitectura para el monitoreo y control remoto de las tripulaciones y su estructuración en el modelo de toma de decisiones.

Para esta investigación, se tomó como población de referencia a las tripulaciones de la FAC; sin embargo, y por situación de realización de comités de ética, se tomaron los datos de sistemas simulados, los cuales, en cuanto a referencia, son idénticos a los generados por los seres humanos, así, se emplearon las señales generadas por *dummies*. Con ellos se obtuvieron las señales fisiológicas para las pruebas y el monitoreo sin afectar la salud y condiciones físicas de los seres humanos. Asimismo, este método se empleó para la recolección de datos, para las pruebas de transmisión y la verificación de los cambios frente a las diversas situaciones presentadas.

## Estudio de los elementos del sistema

La telemetría se define como:

Tecnología que admite la realización de medida y rastreo de magnitudes físicas de distancia o remotamente para que un especialista pueda conseguir, generalmente de manera inalámbrica, datos de diferentes zonas. Estos sistemas telemétricos ofrecen información sobre los estados de procesos y permiten monitorearlos y tomar acción sobre ellos a distancia. El funcionamiento de la telemetría se basa en la manipulación y

transformación de señales adquiridas por un sensor en señales eléctricas que son transmitidas para su registro y posterior medición. Algunos tipos de señales corresponden generalmente a variables físicas como: vibraciones, temperatura, presión y voltaje (Cengage, 2021, p. 1).

La telemetría se ha usado en el ámbito médico para supervisar o monitorear reacciones o estados físicos en los seres humanos; no obstante, en el ámbito médico se emplea el término de biotelemetría que se establece como un sistema teledetección y transmisión de señales biológicas. Se entiende como señal biológica un tipo de señal generada por procesos biológicos del ser humano como los cambios hormonales, electroquímicos, mecánicos o bioquímicos (Carrión *et al.*, 2007).

Los sistemas biotelemétricos tienen grandes ventajas en el diagnóstico médico y en la vigilancia del paciente. Facilitan la transmisión de datos telemétricos al evitar conexiones directas al equipo de monitoreo, que muchas veces genera incomodidad en el paciente y restricción de movimiento (Kline, 2012), por lo que se utilizan para monitorear pacientes con enfermedades como diabetes o padecimientos cardíacos, y en algunos casos, en neurociencia para monitorear la actividad neuronal, dadas las dificultades para observar o vigilar condiciones críticas durante las 24 horas del día o las rondas establecidas en clínicas o en hospitales.

Dentro de las necesidades de la evolución de la medicina de aviación se proyecta el empleo de herramientas que, como la telemetría, puedan ofrecer datos para el monitoreo del estado físico y médico de las tripulaciones y aporten mejoras a los procesos de toma de decisiones en el ámbito militar.

La telemetría inició su uso en aviación para reducir el riesgo en la máquina, al monitorear en tiempo real parámetros como combustible, motores, temperatura y velocidad del viento, pero no para monitorear a las tripulaciones encargadas de tomar decisiones frente a las variables. Con esta investigación, se presenta la posibilidad de aplicar estos desarrollos en los procesos de toma de decisiones.

Por otro lado, Veloza y Rentería (2007) enuncian lo siguiente:

Por motivo a las alteraciones fisiológicas del ser humano cuando es sometido a los efectos de cambio de altura, aceleraciones y desaceleraciones, variación de la presión atmosférica y en general a todos los cambios en los diferentes ambientes aeronáuticos; es posible “según medicina de

aviación”, que se puedan presentar los accidentes aéreos debido a la falta de dispositivos encargados de supervisar el comportamiento fisiológico humano de los pilotos en sus diferentes tareas aéreas, conllevando a fallas humanas por reacciones tardías en los procedimientos operacionales (Veloza & Rentería, 2007, p. 30).

Otro estudio en el cual se emplean las características elementales de las señales fisiológicas, que se ha usado para que los seres humanos aprendan a modificar su actividad con el propósito de mejorar su rendimiento y salud es el *biofeedback*. Este término definido en 1969 por la Biofeedback Society of America, que se instauró en Norte América, más exactamente en California, con el propósito de discutir sobre la actividad biológica y la retroalimentación.

En el 2008, la Asociación de Psicofisiología Aplicada y Biofeedback (AAPB), la Alianza Internacional de Certificación de Biofeedback (BCIA) y la Sociedad Internacional de Neurofeedback e Investigación (ISNR) propusieron una definición de *biofeedback*, que incluye tanto elementos procesuales como objetivos a alcanzar en el tratamiento:

El *biofeedback* es la técnica que permite a un individuo aprender a modificar la actividad fisiológica, a efectos de mejorar la salud y el rendimiento. Mediante el empleo de instrumentos de gran precisión se miden distintas respuestas o actividades fisiológicas del organismo, tal como: ondas cerebrales, función cardíaca, respiración, actividad muscular, temperatura de la piel, actividad electro-dermal, entre otros. Estos instrumentos presentan de forma rápida y precisa (*feedback*) la información al usuario, la cual, en combinación de cambios en el pensamiento, las emociones y la conducta, apoya los cambios fisiológicos deseados. Con el tiempo, estos cambios se pueden sostener sin el uso continuo de un instrumento (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2011, citado por Nieto & Vega, 2017, p. 45).

## Evaluación de sensores a utilizar

Dentro del rango de sensores empleados para el proceso de investigación se encuentran los transductores denominados electrodos, que, por su diseño, convierten el potencial iónico en variaciones eléctricas para ser medidas con procesos de instrumentación.

La tabla 5 expone las principales características eléctricas de algunas de las señales que son de interés para la adquisición y la búsqueda de los sensores requeridos.

**Tabla 5.** Características de las señales a ser adquiridas

Señal	Ancho de banda	Unidad	Voltaje	Unidad
ECG	0,01 a 150	Hz	0,5 a 4	mV
EEG	0,5 a 150	Hz	5 a 300	uV
Señales del ecógrafo	2 a 10	MHZ		

Fuente: Guerrero (2011, p. 2).

Otras características consultadas dentro del proceso de investigación que se evaluaron teniendo en cuenta cada tipo de célula, presentan una actividad eléctrica característica y la medida de esta actividad proporcionan información sobre su funcionamiento. Como las disfunciones se revelan frecuentemente en la señal bioeléctrica, se puede obtener información para el diagnóstico a partir de estos registros, pero al ser señales eléctricas, estas deben ser tratadas y verificadas de acuerdo a los siguientes parámetros para el manejo de señales: exactitud, precisión, resolución, repetitividad, control estático, sensibilidad, desplazamiento del origen, rangos e impedancia de entrada.

Con esta información, y dado que la investigación busca demostrar el uso de señales fisiológicas para evaluar comportamientos, se analizó el mercado de sensores y sistemas de adquisición de datos para proyectar un modelo que permita adquirir las señales y transmitir las con el mayor grado de exactitud y precisión posible. Por esta razón se evaluaron los fabricantes Honeywell®, Cubic®, Viomedex®, Anton Paar®, Delsys® y Vernier®, y, al final, se seleccionó a Vernier® por emplearse en la academia para diferentes proyectos y trabajos técnicos con una precisión elevada. De acuerdo con el sistema propuesto (figura 8), el esquema de comunicación con los sensores se realiza a través de un computador especializado PXI, con dispositivos para adquirir datos y señales.

La plataforma de adquisición de datos seleccionada para elaborar el modelo dentro del proceso de investigación es una plataforma PXI de National Instruments (NI) acompañado de sensores Vernier, altamente compatibles con NI que permiten una adecuada adquisición de datos teniendo en cuenta que como sensores son empleados en medicina, sobre todo, para señales muy precisas ajustadas a las necesidades del proyecto.





**Figura 8.** Esquema del sistema propuesto para adquisición y transmisión de datos

Fuente: NI (s. f.).

## Evaluación de redes de comunicación

El radio Tádiran CNR-9.000 VHF/FM es el escogido para el desarrollo del prototipo, por la alta cobertura nacional. Es común en la FAC y el Ejército Nacional, pues da la posibilidad de establecer comunicación en cualquier parte del territorio y ofrece servicios de seguridad y encriptación de voz y datos.

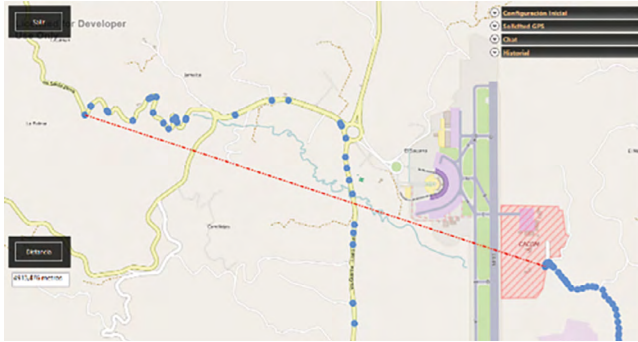


**Figura 9.** Radio Tádiran CNR-9.000

Fuente: [https://www.armyrecognition.com/december\\_2010\\_army\\_military\\_defense\\_industry\\_news/elbit\\_systems\\_to\\_supply\\_a\\_european\\_country\\_with\\_communication\\_systems\\_cnr\\_9000\\_and\\_hf\\_6000.html](https://www.armyrecognition.com/december_2010_army_military_defense_industry_news/elbit_systems_to_supply_a_european_country_with_communication_systems_cnr_9000_and_hf_6000.html).

Gran parte de la red militar se compone de radios CNR-9.000, dispuestos en diferentes configuraciones como son nodos finales y repetidores para conformar varias topologías de red que amplían el rango de comunicación. Estas topologías extienden el radio de transmisión al sacrificar aspectos de velocidad y tiempo de respuesta en la comunicación. Se identificaron tres modos de comunicación —clr, sec, aj— que implementan diferentes protocolos de transmisión e influyen directamente en los tiempos de respuesta y velocidades. Para esta etapa, se usaron los radios disponibles en el taller de mantenimiento CEMCA y se realizó un estudio exhaustivo de sus diferentes funcionalidades y la identificación de los protocolos de transmisión.

Se obtuvieron tiempos de respuesta apropiados para esta propuesta, pero es indispensable contar con un centro de salud cercano al sitio de operación con el fin de no requerir repetidor o, si no es posible, recurrir a repetidores con un sitio de cobertura no tan amplio para que el retraso en la transmisión y recepción de los datos no sea significativo.



**Figura 10.** Rango de cobertura sin repetidor

Fuente: *elaboración propia.*

La figura 10 muestra el rango de cobertura máximo permitido en condiciones normales (sin lluvia), para un enlace de comunicaciones entre dos radios Tádiran (maestro-esclavo) en tierra. Es decir, alrededor de unos 4.500 metros a la redonda para equipos en plataformas aéreas, lo cual incrementa la cobertura al emplearse equipos de aeronaves y repetidores. De ese modo podría enviarse la señal a un Centro de Comando y Control desde una aeronave con una serie de repetidores como con los que cuenta la FAC, viendo en tiempo real las condiciones de las tripulaciones y asegurando las comunicaciones y envío de datos a velocidades aceptables, sin pasar por repetidores. Una vez allí, se realiza el seguimiento y análisis del comportamiento de las tripulaciones y la forma y secuencia en que toman decisiones. Esta es la información que el comandante requiere para dar continuidad o no a la operación, de acuerdo con el desempeño de sus tripulaciones.

El protocolo de comunicación de datos RMTData, inserto en los Radios Tádiran, es el más adecuado para el sistema y para una comunicación con diferentes tarjetas externas. Este protocolo es complejo y permite controlar la mayoría de las funcionalidades del radio a través de comandos, permitiendo el envío de mensajes o datos entre los radios por medio del protocolo RS232 (figura 11).



**Figura 11.** Red de comunicación establecida

Fuente: elaboración propia.

El uso de los diferentes sensores y el almacenamiento de sus señales irán insertos y procesados en una tarjeta de NI, que permite realizar las diferentes funciones.

Existen distintos sistemas de adquisición de datos analógicos y digitales como son los sistemas embebidos Raspberry PI, Arduino y Galileo, pero se encontró que solo son compatibles con ciertos sensores diseñados exclusivamente para ellos, por lo cual, presentan una tasa de error más alta que un sensor biomédico de alta sensibilidad.

Al contrario, los sistemas de adquisición de datos de NI basados en una programación gráfica de diagrama de bloques, especial para tareas de medición, pruebas y control, se ajustan a los requerimientos de este proyecto. En tal sentido, se encontraron dos tipos de plataformas de adquisición de datos dentro de NI: la plataforma CompactDAQ que integra la conectividad y acondicionamiento de señales en E/S modulares para conectar directamente a cualquier sensor o señal, y la variedad de opciones para bus, chasis, controlador y acondicionamiento de E/S, combinada con la naturaleza adaptable del software Labview (figura 12), que son la mejor solución para cualquier aplicación con una cantidad medida de canales.



**Figura 12.** Sistema DAQ

Fuente: Labview (2017).

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso para medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. DAQ es un sistema de sensores, *hardware* de medidas DAQ y una PC con *software* programable.

El *hardware* DAQ actúa como interfaz entre una PC y señales del mundo exterior, digitaliza señales analógicas para que una PC pueda interpretarlas. Sus tres componentes clave para medir la señal son el circuito de acondicionamiento de señales, el convertidor analógico digital (ADC) y un bus de PC (figura 13).

La plataforma PXI (figura 14) está basada en PC para sistemas de medidas y automatización. Combina características de bus eléctrico PCI con paquete Eurocard modular de Compact PCI, después añade buses de sincronización especializada y características clave de *software*. Es de alto rendimiento y bajo costo de implementación para aplicaciones como las militares y las aeroespaciales. Está compuesta por un *software* de programación exclusivo de NI, basado en programación gráfica que ayuda a desarrollar un potente *software* de pruebas rápidamente. Con compatibilidad para miles de instrumentos y tecnologías como multinúcleo y arreglos de compuertas programables en campo, puede desarrollar sistemas de pruebas automatizadas de alto rendimiento.



**Figura 13.** Diagrama de comunicación DAQ  
Fuente: NI (s. f.).

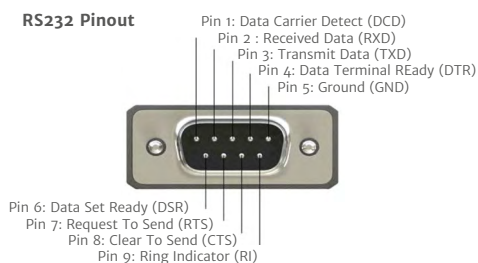


**Figura 14.** Diagrama de interfaz PXI  
Fuente: NI (s. f.).

## Evaluación de protocolos de comunicación

En la figura 14 se muestra un puerto de comunicación RMT/DATA, PC-Radio, el cual utiliza un protocolo serial muy común para comunicación entre

dispositivos, que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. Gran parte de los actuales equipos de cómputo o sistemas de procesamiento cuentan con dos puertos seriales RS-232. El protocolo de comunicación serial es también común conectando diversos sensores o dispositivos, por lo que existen varios dispositivos compatibles con GPIB que incluyen un puerto RS-232.



**Figura 15.** Pinout Conector RS232

Fuente: *us Converters LLC (s. f.)*.

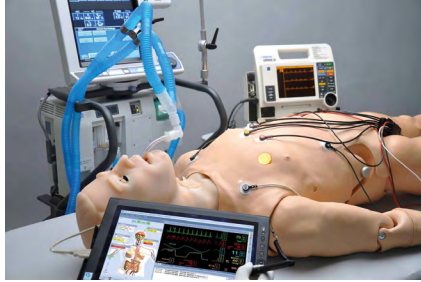
Para una comunicación serial se usan tres canales de transmisión: tierra (o referencia), transmisión y recepción. Se puede realizar envío de datos por una línea y recibirlos por la otra; no obstante, están disponibles otras líneas para intercambio de pulsos de sincronización, pero no se requieren.

Según Rosado (2011), para la transmisión serial es importante tener cuenta la velocidad de transmisión (*baud rate*), que indica el número de bits por segundo que se transfieren y se mide en baudios (*bauds*). Por ejemplo, 300 baudios representan 300 bits por segundo. De acuerdo con lo anterior y para el desarrollo de un sistema de biotelemedicina, las velocidades de transmisión más comunes empleadas para la comunicación de dispositivos (sensores y radios) y para la transmisión de datos en forma serial es de 9.600 o 19.200 bits por segundo.

Otra característica es la cantidad de bits de datos. Cuando se realiza una transmisión, el tamaño del paquete no necesariamente es de ocho bits. Se manejan paquetes de 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende en el tipo de información a transmitir.

Por ejemplo, el empleo de bits de parada para mostrar el fin de la comunicación de un solo paquete, también es importante. Dentro de los valores típicos están 1, 1,5 o 2 bits de parada. Como la información se transfiere por líneas de comunicación y cada dispositivo tiene su propio reloj, lo más

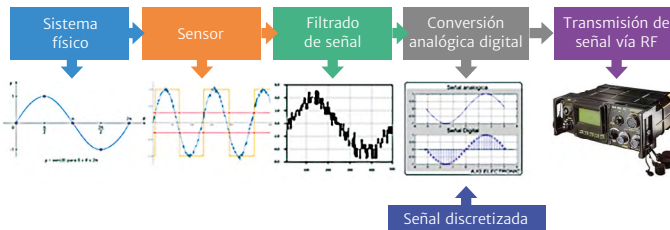
probable es que no estén sincronizados. Los bits presentan un margen de tolerancia para ese desfase de los relojes. Mientras más bits de parada se usen, mayor será la tolerancia a la sincronía de los relojes, pero la transmisión se tornará lenta.



**Figura 16.** Simulador paciente FAC

Fuente: *Simuladores en Medicina. Realidad virtual: Introducción y bienvenida (2016).*

En el simulador de paciente del laboratorio de la FAC, se hicieron pruebas de señales en tiempo real. Está configurado con un puerto USB para generar señales biomédicas las cuales son adquiridas por la PXI de NI y enviadas al radio por RS232. Se obtuvieron las señales verificando que efectivamente la herramienta realiza adquisición de datos validando el prototipo. Para el desarrollo de los diferentes algoritmos de programación y el procesamiento de señales, se hicieron diferentes pruebas, entre ellas la toma de señales con los sensores y la verificación de estas en la PXI; la transmisión entre radios y los algoritmos de visualización y presentación, y las respuestas de los comandos en las pantallas táctiles.

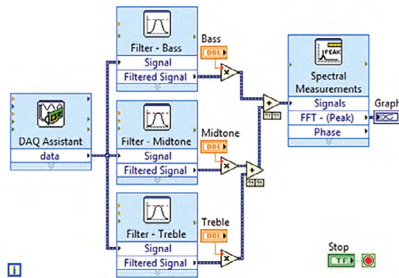


**Figura 17.** Funciones requeridas

Fuente: *II. Conceptos Básicos de NI LabVIEW – National Instruments (s. f.).*

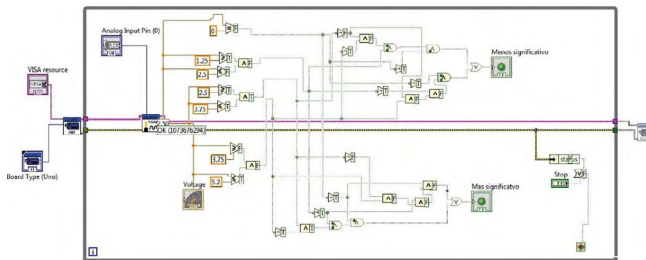
En el sistema físico se realizó la adquisición de las señales corporales mediante los sensores Vernier, que permiten la conversión de una señal

analógica a niveles de tensión para ser interpretados por el procesador de la computadora. Fue necesario filtrar la información adquirida, con filtros propios de las librerías de Labview®, para atenuar el ruido de la señal (figura 18). Luego del filtrado, se hizo la conversión analógica digital de los datos adquiridos (figura 19), para convertir la señal en modelos de unos y ceros, interpretados por el computador. Por último, se envió la información mediante señales de RF militares, a través de las bandas de frecuencia VHF/FM.



**Figura 18.** Esquema de filtrado de señales

Fuente: elaboración propia.



**Figura 19.** Conversión analógica digital

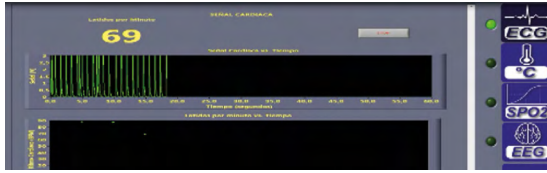
Fuente: Convertidor Analógico-Digital labview+Arduino (s. f.).

## Conformación y validación del sistema

El desarrollo de interfaz de usuario con la cual el médico encargado tiene la posibilidad de visualizar los datos procesados y realizar la toma de decisiones, depende de la actividad que se realice, por ejemplo, en entrenamientos de cámara de altura se debe evitar llevar a los tripulantes a hipoxia extrema, incrementando niveles de oxígeno.

Para señales cardíacas se encontró el sensor EKG-BGT, el cual mide las formas de onda del potencial eléctrico cardíaco. Realiza trazados de EKG

estándar de tres derivaciones para registrar la actividad eléctrica en el corazón, o para recolectar grabaciones EMG de superficie y estudiar las contracciones en los músculos de brazo, pierna o mandíbula (figura 20).



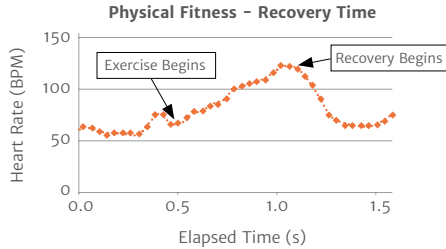
**Figura 20.** Imagen de señal cardíaca generada por la herramienta  
Fuente: *elaboración propia.*

El monitor de ritmo cardíaco HGH-BTA de Vernier (figura 21) censa continuamente el comportamiento del corazón antes y después del ejercicio, como se muestra en la figura 22.

El sensor de temperatura de superficie tiene un termistor expuesto para un tiempo de respuesta extremadamente rápido. Este diseño permite su uso en aire y agua (figura 23), y se obtienen señales como las observadas en la figura 24.



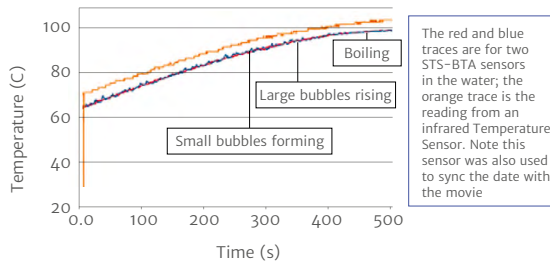
**Figura 21.** Sensor HGH  
Fuente: *Vernier (2007).*



**Figura 22.** Señal HGH. Pruebas realizadas con el sistema  
Fuente: *Vernier (2007).*



**Figura 23.** Sensor de temperatura STS  
Fuente: *Vernier (2007).*



**Figura 24.** Señal STS. Pruebas del sensor  
Fuente: *Vernier (s.f).*



Por último, hay dos sensores (figura 25). Uno mide la presión sanguínea, y el otro es un espirómetro diseñado para mediciones respiratorias humanas en reposo y en actividad moderada.

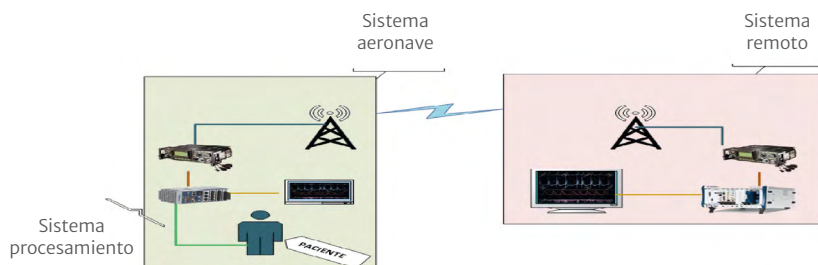


**Figura 25.** Sensores de presión arterial  
Fuente: *Virtual Instruments de México (s. f.)*.

## Los resultados y el análisis

### Prototipo de sistema de transmisión de datos biométricos

El sistema propuesto (figura 26) contempla diferentes etapas de desarrollo y procesamiento, para que tanto el usuario en la aeronave, como el usuario en sitio remoto puedan monitorear el estado de las señales fisiológicas.



**Figura 26.** Sistema desarrollado para transmisión de señales  
Fuente: *elaboración propia*.

En la primera etapa, *sistema procesamiento*, se da la adquisición de señales fisiológicas del paciente —temperatura, ritmo cardíaco y presión arterial—. La visualización de las variables es automática. Para el sistema de la aeronave se usa CompactDAQ, la cual consta de una plataforma de adquisición de datos que permite la integración efectiva entre *hardware* y

software para la recopilación, procesamiento y análisis de datos de los sensores, en una computadora embebida integrada que incluye un procesador Intel Atom dual-core.

En cuanto al registro y monitoreo de datos, cuenta con un almacenamiento no volátil de 32 GB. Permite la ejecución de sistemas operativos como Windows o NI Linux Real-Time. La combinación realizada requirió el uso del módulo de entrada de voltaje NI-9205, el cual es una efectiva combinación de canales de entradas y salidas análogas protegidas con hasta 60V de sobre voltajes entre canales de entrada y común. La figura 27 muestra la distribución de pines por canal y la figura 28, la combinación de señales análogas por pin.

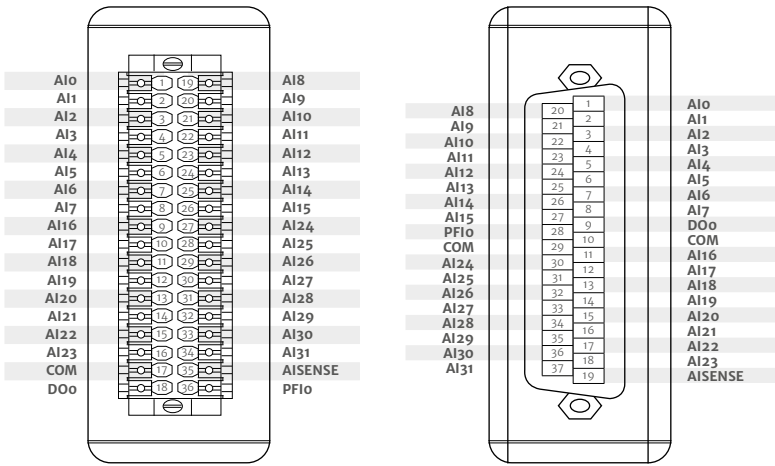


Figura 27. Pinout NI-9205

Fuente: National Instruments (2014).

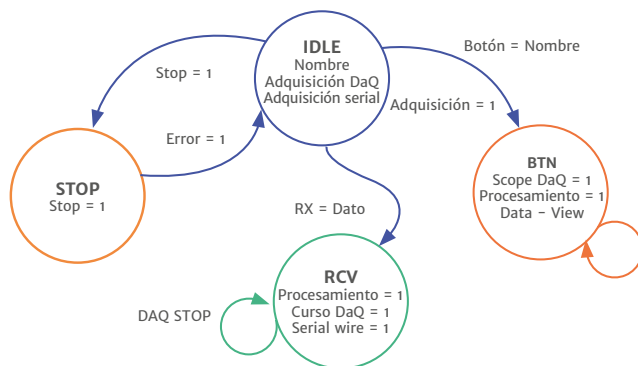
Canal	AI+	AI-
0	AI0	AI8
1	AI1	AI9
2	AI2	AI10
3	AI3	AI11
4	AI4	AI12
5	AI5	AI13
6	AI6	AI14
7	AI7	AI15
16	AI16	AI24
17	AI17	AI25
18	AI18	AI26
19	AI19	AI27
20	AI20	AI28
21	AI21	AI29
22	AI22	AI30
23	AI23	AI31

Figura 28. Par diferencial según cada canal AI

Fuente: elaboración propia.

## Máquina de estados principal

Se realiza un modelo de control compuesto por cuatro estados (figura 29):



**Figura 29.** Máquina de estados principales

Fuente: Cardona y López (2017).

- IDLE: estado de reposo. Espera la orden por parte del usuario que se imparte por medio de los botones. Se hace la adquisición de las tres señales del paciente y se activa la recepción de datos con el protocolo serial.
- BTN: envía el nombre del botón pulsado para activar el *scope* asignado según la señal.
- RCV: se procesa el dato recibido por medio del protocolo serial.
- STOP: se cierran los procesos y se liberan los buffers de envío de datos.

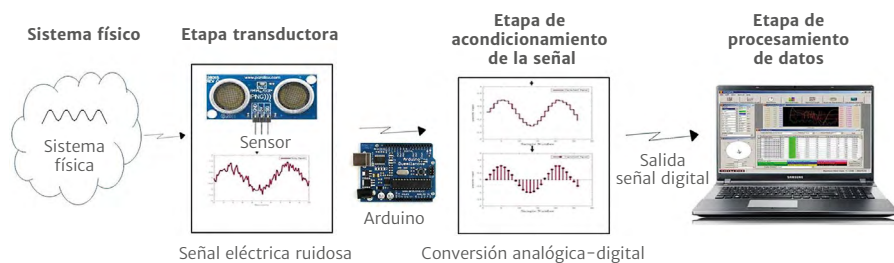
La figura 30 muestra la interfaz de usuario disponible en la aeronave que permite la visualización de las señales mediante los botones de la parte derecha.



**Figura 30.** Interfaz de usuario

Fuente: elaboración propia.

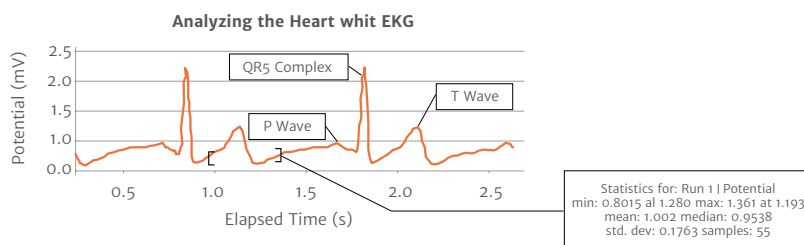
El esquema de comunicación con los sensores se hace con un PC especializado PXI, con las tarjetas de adquisición de datos y señales descritas (figura 31). Esta plataforma fue desarrollada para pruebas que sustenten la tesis de que el estudio de las variaciones de las señales fisiológicas de seres humanos permite analizar su comportamiento, pronosticar cómo actuarán ante determinados factores externos y, mejorar los procesos de toma de decisiones.



**Figura 31.** Esquema de comunicación y transmisión de señales

Fuente: elaboración propia.

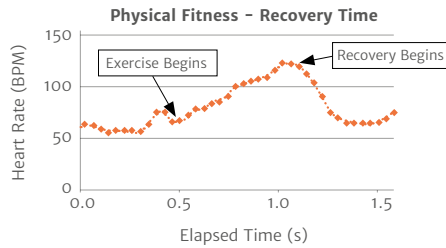
De acuerdo con las pruebas realizadas a los equipos de adquisición de datos National Instruments, se seleccionaron sensores Vernier para realizar el proceso de adquisición de señales en forma segura dados dos parámetros: que no fuera invasivo para el individuo y su precisión. Para señales cardíacas se empleó el sensor EKG-BGT, que mide las formas de onda del potencial eléctrico cardíaco. De ese modo, se obtiene una gráfica como la mostrada en la figura 32:



**Figura 32.** Señal cardíaca obtenida con el sistema desarrollado

Fuente: Vernier (s. f.).

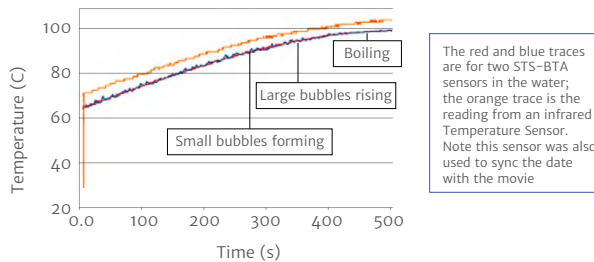
El monitor de ritmo cardíaco HGH-BTA (figura 33) obtiene gran cantidad de valores, empleados para analizar el comportamiento de las tripulaciones.



**Figura 33.** Señal cardíaca discretizada

Fuente: Vernier (s. f.).

El sensor de temperatura de superficie tiene un termistor expuesto con tiempo de respuesta extremadamente rápido. Su diseño permite su uso en aire y agua (figura 34).

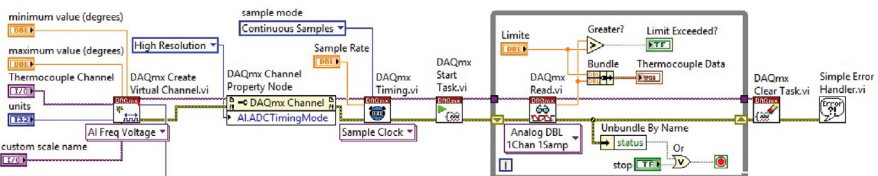


**Figura 34.** Señal de temperatura

Fuente: Vernier (s. f.).

Para el desarrollo de algoritmos de procesamiento de imágenes, se tienen en cuenta aspectos esenciales en su desarrollo, respecto a sistemas más eficaces y rápidos. Uno de ellos es la adquisición de señales análogas para su procesamiento en cualquier sistema. Es indispensable contar con un procesamiento tal que alcance a cumplir con este teorema:

$$FS > 2 * FN$$



**Figura 35.** Diagrama de bloques para la adquisición de señales en Labview

Fuente: elaboración propia.

En la adquisición de una señal analógica para su procesamiento es importante la resolución con la que es adquirida. Los bits de resolución hacen referencia al número de niveles únicos que un procesador usa para representar una señal. La resolución en un sistema ADC representa la cantidad de piezas en las que la señal máxima se puede llegar a dividir, en donde un código binario representa cada división, por lo que el número de niveles puede ser calculado así:

$$\text{Ancho} = \text{Rango}/2$$

Con estas variables, se puede diseñar un filtro para las señales con el fin de eliminar la mayor cantidad de ruido y obtener una señal confiable.



**Figura 36.** Sistema de adquisición de datos

Fuente: Vernier (s. f.).

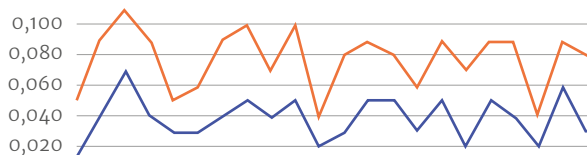
De ese modo, se proyectó un sistema de transmisión de las señales para tomarlas directamente de las tripulaciones, en labores rutinarias en la aeronave o en los ejercicios de cámara de altura. Se pensó en emplear una red VHF/FM Tádiran, disponible en la mayoría de los equipos de vuelo, sobre todo, en helicópteros y aeronaves de combate para aprovechar las capacidades de transmisión de señales del proyecto “Sistema de posicionamiento de aeronaves y personal de superficie con confirmación de blancos”, desarrollado por la FAC, en convenio con Colciencias.

Como centro de ejecución y control se tomó como punto de partida el envío de los datos mediante las señales RF, ejecutadas por los radios CNR-9.000. Por tanto, una de las variables fundamentales es la toma de los tiempos de transmisión de los equipos.

A los CNR-9.000, multi VHF/FM con sistema COMSEC/CCME voz y data, se les realizaron pruebas de transmisión para establecer datos y tiempos de operación a través de estaciones repetidoras y conexión PC-Radio. Esto, con el fin de validar los tiempos de espera de llegadas de paquetes y comunicación a través del puerto RMT/DATA de la familia de radios PRC-9.000. De esa manera se asegura la transmisión en tiempo real, sin pérdida de información.

Modo de Transmisión CLR: rango de frecuencias encontrado, 30-108 MHz; número canales encontrados en el radio, 27; mensajes de texto pregrabados, 10. En este modo el radio no usa técnicas de cifrado. Su modulación es FM.

Prueba 1-Radio a Radio. Tiempo promedio de llegada de mensaje pregrabado 0,05s, distancia entre radios 10 metros. Se realizaron 100 envíos con línea de vista y con pérdidas de zonas de Fresnel.



**Figura 37.** Gráfico de Fresnel y línea de vista

Fuente: elaboración propia.

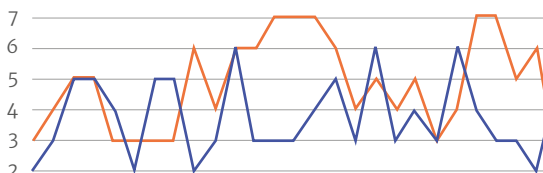


**Figura 38.** Repetidor con Fresnel y línea de vista

Fuente: elaboración propia.

Prueba 2-Radio a Radio. Tiempo promedio de llegada de mensaje pregrabado: 0,45s. Distancia entre radios: 300km. 100 envíos con línea de vista y con pérdidas de zonas de Fresnel.

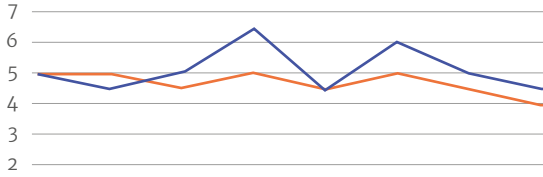
Modo de Transmisión Seguro SEG: rango de frecuencias encontrado, 30-108 MHz; número canales encontrados en el radio 27; mensajes de texto pregrabados, 10. En este modo el radio usa técnicas de cifrado. Su modulación es FM.



**Figura 39.** Transmisión seg con zonas de Fresnel

Fuente: elaboración propia.

Prueba 3-Radio a Radio. Tiempo promedio de llegada de mensaje pregrabado: 0,6s. Distancia entre radios: 200km. 100 envíos con pérdidas de zonas de Fresnel.



**Figura 40.** Transmisión con repetidor y zonas de Fresnel  
Fuente: elaboración propia.

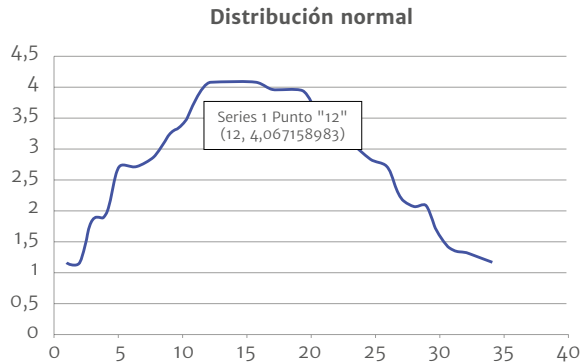
Prueba 4-Radio-Repetidor-Radio. Tiempo promedio de llegada de mensaje pregrabado: 0,5s. Distancia entre radios: 30km. 100 envíos con pérdidas de zonas de Fresnel.

**Pruebas de red**

La zona con línea de vista es de 75 % en un día sin nubosidad y el error se estima en 9 %.

Datos	Ds Normal
-0,25452609	1,14684184
-0,2541711	1,15355196
-0,22151225	1,86336666
-0,21902733	1,92368035
-0,18778843	2,71512175
-0,18778843	2,71512175
-0,1856585	2,76921194
-0,1799787	2,91192094
-0,16506922	3,26885528
-0,15903443	3,40259412
-0,13773518	4,80070179
-0,11324104	4,06715898
-0,09868655	4,10853606
-0,09336173	4,10069394
-0,09300674	4,09973326
-0,08697196	4,07509397
-0,07561235	3,98711445
-0,07525737	3,98351729
-0,07454739	3,97617325
-0,06318779	3,83252483
-0,03194888	3,22767392

Media	-0,09940696
Desv. Estándar	0,09709816



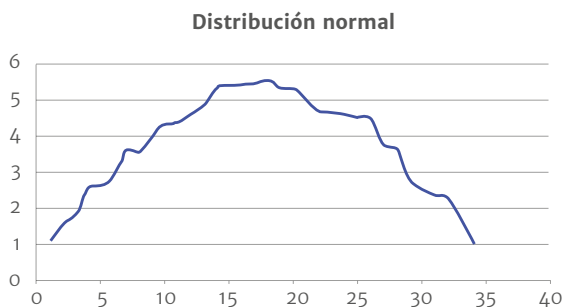
**Figura 41.** Distribución normal del error de medición del GPS con zona Fresnel 25%  
Fuente: elaboración propia.

Zona con línea de vista 90 % en un día sin nubosidad, el error se estima en un 2 %.



Datos	Ds Normal
-0,11008111	1,07039454
-0,0967555	1,47243565
-0,0877752	1,7904432
-0,06923523	2,55195271
-0,0674971	2,62919337
-0,06257242	2,85191598
-0,047219	3,65687687
-0,04692932	3,57937243
-0,03621089	4,06962849
-0,02983778	4,34640563
-0,02954809	4,35861118
-0,0225956	4,63942057
-0,0153542	4,90223816
0,00347625	5,39521674
0,00695249	5,45050824
0,00753187	5,45853871
0,01158749	5,50507408
0,02085747	5,54632489

Media	0,2038886
Dev. Estándar	0,0719276



**Figura 42.** Distribución normal del error de medición del GPS con zona Fresnel 10%

Fuente: elaboración propia.

## Mediciones y resultados obtenidos con el sistema

Se midieron actividades diarias como reposo, trabajo en oficina, caminar, levantarse y sentarse con repeticiones, actividades de cardio en bicicleta a baja y media intensidad y, sentadillas. La medición se hizo con un hombre de 25 años y cada prueba fue de cinco minutos.

**Tabla 5.** Resultados según actividad física realizada

Actividad	FC – Latidos por minuto		FR – Ciclos por minuto		Temperatura °C		Presión arterial	
	M.A	D.E	M.A	D.E	M.A	D.E	M.A	D.E
Reposo	56,95	2,78	13,45	5,05	40,02	0,079	51,68	0,029
Oficina	60,46	4,99	13,10	3,06	36,88	0,09	50,24	0,045
Caminar	71,32	12,58	12,81	4,39	24,80	0,0081	51,32	0,05
Ciclo parado y sentado	64,35	9,84	13,83	4,61	24,93	0,01	51,87	0,03
Bicicleta baja intensidad	73,54	7,06	14,56	3,88	25,09	0,01	51,63	0,02
Bicicleta media intensidad	80,44	24,38	15,22	4,90	24,79	0,006	51,39	0,01
Sentadillas	83,10	20,26	14,89	5,25	24,51	0,009	52,31	0,02

Nota. MA= Media Aritmética, DE = Desviación Estándar.

Fuente: elaboración propia.

Las Normas Técnicas de Prevención en España (NTP) son guías de buenas prácticas del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Según esta institución, la respuesta fisiológica al estrés es la

reacción del organismo ante los estímulos estresantes. Una serie de reacciones fisiológicas activa el eje hipofisopararrenal (HSP) y el sistema nervioso vegetativo.

El HSP está compuesto por el hipotálamo —estructura nerviosa en la base del cerebro que actúa de enlace entre el sistema endocrino y el sistema nervioso—; la hipófisis —glándula situada en la base del cerebro—, y las glándulas suprarrenales —ubicadas en el polo superior de cada uno de los riñones, compuestas por la corteza y la médula—. El sistema nervioso vegetativo (SNV) es el conjunto de estructuras nerviosas que se encarga de regular el funcionamiento de los órganos internos y controla algunas de sus funciones de manera involuntaria e inconsciente. “Ambos producen la liberación de hormonas, sustancias elaboradas en las glándulas que, transportadas a través de la sangre, excitan, inhiben o regulan la actividad de los órganos” (INSST, 2008, p. 1).

El proceso de reacción del cuerpo humano al estrés, que se activa frente a agresiones físicas y psíquicas genera respuestas químicas al segregar hormonas y preparar al organismo para enfrentar la situación. Estas secreciones inciden en la corteza de las glándulas suprarrenales. Lo que da lugar a la producción de corticoides que pasan al torrente sanguíneo y producen múltiple incidencia orgánica. Los corticoides que se liberan son (INSST, 2008):

- Los glucocorticoides: el más importante es el cortisol que facilita la excreción de agua y el mantenimiento de la presión arterial, afecta a los procesos infecciosos y produce una degradación de las proteínas intracelulares. Así mismo, tiene una acción hiperglucemiante (aumenta la concentración de glucosa en sangre) y se produce un aumento de calcio, de lípidos y de fosfatos liberados por los riñones.
- Los andrógenos: son las hormonas que promueven el desarrollo de las características secundarias masculinas y estimulan el aumento tanto de la fuerza como de la masa muscular.

Al generarse estos cambios, el cuerpo humano busca retornar a un estado de equilibrio. El encargado es el SNV, que mantiene la homeostasis. La activación simpática supone la secreción de catecolaminas:

- La adrenalina segregada por la médula suprarrenal especialmente en casos de estrés psíquico y de ansiedad.

- La noradrenalina segregada por las terminaciones nerviosas simpáticas, aumentando su concentración principalmente en el estrés físico, en situaciones de alto riesgo o de agresividad.

Estas hormonas adaptan al cuerpo para enfrentar la situación y permiten enlazar el estrés con los fenómenos psicofisiológicos de la emoción. Son tres las fases del estrés: alarma, resistencia o adaptación y agotamiento. Estas fases generan respuestas del organismo, con consecuencias asociadas a variaciones en las señales fisiológicas que pueden ser verificadas mediante transductores o sensores que las convierten en respuestas eléctricas.

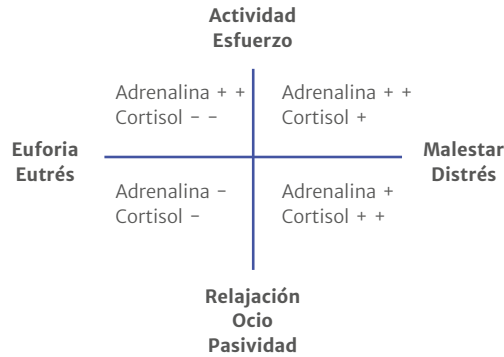
La tabla 6 presenta las principales consecuencias biológicas del estrés con reacciones que se pueden traducir en señales eléctricas. Esto confirma la posibilidad de evaluar esos cambios en un proceso de toma de decisiones.

**Tabla 6.** Consecuencias biológicas del estrés

Afección	Tensión (fase inicial)	Estrés
Cerebro	Ideación clara y rápida	Dolor de cabeza, tics nerviosos, temblor, insomnio, pesadillas
Humor	Concentración mental	Ansiedad, pérdida del sentido del humor
Saliva	Muy reducida	Boca seca, nudo en la garganta
Músculos	Mayor capacidad	Tensión y dolor muscular, tics
Pulmones	Mayor capacidad	Hiperventilación, tos, asma, taquipnea
Estómago	Secreción ácida aumentada	Ardores, indigestión, dispepsia, vómitos
Intestino	Aumenta la actividad motora	Diarrea, cólico, dolor colitis ulcerosa
Vejiga	Flujo disminuido	Poliuria
Sexualidad	Regulaciones menstruales	Impotencia, amenorrea, frigidez, dismenorrea
Piel	Menor humedad	Sequedad, prurito, dermatitis, erupciones
Energía	Aumentos del gasto energético, aumento del consumo de oxígeno	Fatiga fácil
Corazón	Aumento del trabajo cardíaco	Hipertensión, dolor precordial

Fuente: elaboración propia con base en INSST (2008).

El estrés no es generado solo por situaciones negativas. Hay estrés negativo (*distrés*) y positivo (*eustrés*). Este último, comprende entonces todos los estímulos externos físicos, fisiológicos y psicológicos que proyectan situaciones de alegría y pequeños dolores que adaptan al organismo a situaciones que le llevan a mantenerse con vida.



**Figura 43.** Relación entre procesos de trabajo y respuestas neuroendocrinas  
Fuente: *INSST (2008)*.

## Proceso de toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas

De acuerdo con lo observado en esta investigación, el proceso continúa con una doctrina rígida y poco analizada. No obstante, al estar inmerso el PMTD en los manuales de Estado Mayor, no se tiene en cuenta la tecnología para mejorarlo, solo se ha empleado para incrementar la cantidad de información que se le ofrece al comandante para su decisión.

Así cambien los ejércitos, de acuerdo con las oleadas planteadas por Toffler y Toffler (1993), es claro que en una confrontación lo que se busca es doblegar la voluntad del adversario. Por ello, es pertinente preguntarse si con la revolución tecnológica, existirán otras formas o manifestaciones de aplicación del poder militar aún no contempladas para doblegar esa voluntad (Asta, 2000).

Un proceso militar de toma de decisiones, por su condición de planeación, debe ser analítico, singular, sistemático y comprobado. El análisis es vital por su enfoque hacia la resolución de problemas. El proceso para llegar a una decisión contempla conocimiento profesional, lógica, detalles, claridad y discernimiento, y cumplirse en forma planeada, detallada y continua permitirá un análisis y comparación de múltiples cursos de acción.

El proceso militar de toma de decisiones tiene dos inconvenientes para su aplicación efectiva: la cantidad de tiempo requerido para desarrollarlo, y que, como proceso heurístico, posee sesgos cognitivos:

- *Bandwagon* o efecto de arrastre: se presenta cuando se obtiene información y apreciaciones de terceros que se toman como ciertas y se adopta por el solo hecho de que otros lo hacen.
- Disponibilidad heurística: se presenta cuando las personas le restan o sobreestiman la importancia de la información así esté documentada, solo por traer recuerdos o anécdotas vividas o escuchadas.
- Efecto *Dumming-Krueger*: aparece en la medida que el ser humano realiza autoevaluaciones al momento de tomar decisiones con superioridad sin tener la capacidad o, en caso contrario, subestimarse.
- Efecto encuadre (*framing effect*): se da cuando no se verifica toda la información recibida. Una misma información puede llevar a diferentes conclusiones.
- Sesgo de confirmación: se presenta al no considerar toda la información disponible sobre el tema y favorecer solo la información que corroboran las propias hipótesis o creencias.
- La maldición del conocimiento: surge cuando personas que sobresalen tienen problemas para ponerse en el lugar de alguien con menos conocimiento.
- Reactancia: se da cuando se proponen cambios. Surge de la amenaza a la libertad de elección.
- La falacia del costo hundido: surge cuando no se separan las emociones de la toma de decisiones.
- El prejuicio de la retrospectiva: se da cuando se reacciona modificando el recuerdo de lo que se pensaba antes, viendo la situación tan obvia que se presenta una predicción del evento antes de que ocurra.
- El efecto anclaje: ocurre cuando no se analiza la información que se obtiene y se queda solo con la primera que llega, lo cual se transforma en ancla.

El proceso de toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas hace parte de un modelo clásico de toma de decisiones racional, por lo que se actúa en un entorno de completa certeza, es decir, que se cuente con toda la información requerida, se involucren todas las alternativas y se controlen las consecuencias del camino a seguir. Una herramienta que permite aplicar el modelo clásico de toma de decisiones es el árbol de decisión, que se elabora así:

**Tabla 7.** Árbol de decisión

Identificación de todas las variables del problema
Priorización
Identificación de la importancia de los criterios
Comenzar a ver variables (fortalezas y debilidades)
Selección de la alternativa
Implementación de la alternativa
Evaluación de la efectividad de la decisión

Fuente: *elaboración propia.*

Con esta información revisada se describe el proceso militar para la toma de decisiones y se indica cómo adaptarlo con la herramienta, para mejorarlo en las operaciones aéreas. El PMTD consta de ocho pasos en cabeza del comandante. Este puede realizar las fases de forma independiente o coordinada con su Estado Mayor, no es un proceso completamente lineal, dado que las variables cambian en cualquier momento y en ocasiones requieren replantear el proceso. El proceso se da así:

- Recibo de la misión.
- Análisis de la misión.
- Desarrollo de los cursos de acción.
- Análisis de los cursos de acción.
- Comparación de los cursos de acción.
- Aprobación del curso de acción.
- Elaboración de planes u órdenes.
- Ensayo, ejecución y evaluación.

La aplicación de planes u órdenes conlleva a la ejecución de las operaciones, en las que se analizó que, con el monitoreo de señales fisiológicas se podría mejorar la toma de decisiones, dado que se presenta información que no se tenía en dicha ejecución.

Dentro de la doctrina de la FAC, si bien es cierto no se plantea en el MADBA un proceso militar de toma de decisiones para la ejecución de operaciones aéreas, se hace énfasis en la necesidad que tiene el comandante de emplear correctamente los principios de la guerra y del poder aéreo, con un equilibrio de decisiones, entre el máximo riesgo que se pueda tolerar sin afectar la institucionalidad y el resultado final de la operación. Esto únicamente se logra con información y aplicación de las variables del proceso de toma de decisiones en forma pertinente.

Reducir al mínimo el riesgo en los procesos de toma de decisiones ha llevado a que se presente la interacción de diversas disciplinas como la medicina y psicología de aviación en la FAC, unidas a ingenierías, con lo cual se han generado modelos más asertivos y no tan reactivos.

La integración de herramientas para mejorar el proceso de toma de decisiones complementaría la forma como se ejecuta hoy, dado que la mayor cantidad de información viene de inteligencia militar (estratégica, operacional y táctica), pero este modelo integra, además, variables que hacen parte de los componentes del poder aéreo, como son las tripulaciones.

Para llegar a la aplicación de herramientas de toma de decisiones que mejoren el proceso se pueden seguir dos posibles métodos, el primero es un método tradicional:

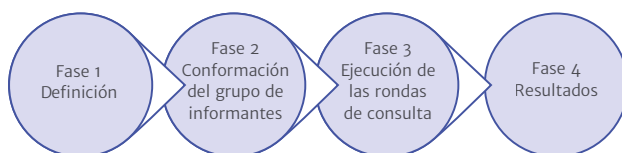
Su punto de partida está en lo ocurrido, por eso se estudia la transición entre el ayer y el ahora, determinando lo que ha permanecido constante y que pueda ser catalogado como “ley” cotejando las diferencias de lo que ha experimentado cambio y, extrapolando, para establecer “hipótesis” sobre las que se fundamentan las decisiones a tomar (Asta, 2000, p. 458).

Se aplica en el corto o mediano plazo para decisiones tácticas, en las cuales las tendencias sufrirán desviaciones pequeñas o su impacto es mínimo frente al valor del objetivo. En la medida en que el nivel de planeación exige pasar a tiempos más amplios, en niveles operacionales y estratégicos, “la influencia del pasado en el futuro se hace más y más imprecisa. Al recorrer las curvas de las ‘tendencias’ pueden presentarse múltiples inflexiones que puedan llevar a conclusiones erradas” (Asta, 2000, p. 459), por lo que se puede, en este caso, optar por emplear la prospectiva.

Asta (2000), citando a Saaty y Boone, dice que “existen cuatro métodos factibles para pronosticar el futuro: por consenso, por extrapolación de tendencias, por análisis histórico y analogía y por la generación sistemática de vías alternativas hacia el futuro” (p. 465), por lo que la herramienta seleccionada para apoyar el proceso militar de toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas debe enfocarse en el consenso, toda vez que el comandante lo hace partiendo del soporte de su Estado Mayor.

Los estudios prospectivos presentan herramientas que facilitan el análisis y están enfocadas en el consenso. El método Delphi, según Reguant y Torrado (2016), es una técnica de recogida de información que permite obtener la opinión de un grupo de expertos a través de la consulta reiterada.

Esta técnica cualitativa es recomendable cuando no se dispone de información suficiente para la toma de decisiones o es necesario recoger opiniones consensuadas y representativas de un colectivo de individuos.



**Figura 44.** Fases del proceso Delphi

Fuente: Reguant y Torrado (2016).

Permite depurar la opinión de expertos, en este caso, el Estado Mayor. Sin embargo, por sí sola no mejoraría el proceso, dado que no concatena los eventos analizados, por lo que se requiere un complemento como la matriz de impacto cruzado, las cuales buscan:

Presentar información probabilística para futuros acontecimientos (supuestos que pueden suceder o no dentro del lapso temporal estimado) y futuros escenarios (configurados por los sucesos). El procedimiento busca no solo la posibilidad de la ocurrencia de eventos en estudio, sino también la de posibles modelos considerando la existencia de relaciones entre acontecimientos, teniendo en cuenta que el hecho de que cualquiera de ellos puede aumentar o disminuir la posibilidad de los demás. Ofreciendo, pues, unos escenarios prospectivos ponderados por su probabilidad de acontecimiento (Asta, 2000, p. 466).

A estos modelos de análisis se les incluye la herramienta propuesta, que proporcionará información sobre condiciones físicas de las tripulaciones al realizar la misión para crear perfiles de los tripulantes y propender porque se tomen decisiones con base en eventos en tiempo real.

Otra de las mejoras al proceso viene dada por la posibilidad de emplear tecnologías de la información. El análisis de los cursos de acción se presenta mediante juegos de guerra, que en últimas, son simuladores desarrollados con tecnología. Se podría llegar a diseñar este tipo de simuladores con inteligencia artificial, es decir, que el propio sistema aprenda de la información y forma de actuar de las tripulaciones para recrear los escenarios en los que deben desempeñarse.



Los actuales sistemas de procesamiento de información continúan en constante evolución de forma vertiginosa, admitiendo la mediación del mando y del nivel que sea, en el ciclo de inteligencia en tiempo real. La interrelación e interoperabilidad de los Sistemas de Mando y Control a nivel global con sistemas de información de inteligencia será total. El mando correspondiente podrá exponer directamente sus necesidades de información sin necesidad de que intervengan otras partes (Asta, 2000).

Por más que se pueda dar un desarrollo tecnológico en el futuro, este no afectará disminuyendo la importancia de la oficiosidad humana en la obtención de información. El hombre siempre será prioritario en cada una de las fases del proceso de toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas, e incluso, lo mejorará, teniendo en cuenta que el comandante que dirige una misión y el personal de apoyo o Estado Mayor podrán trabajar a distancia en un ambiente virtual. Tendrán entonces la posibilidad de intercambiar puntos de vista y analizar en forma conjunta un mismo caso en tiempo real sin necesidad de una condición que establezca presencia física de algún actor, o el desarrollo de operaciones bajo los conceptos de mando centralizado o ejecución descentralizada, teniendo siempre la perspectiva del teatro de operaciones actualizado minuto a minuto.

Tal y como lo afirman Slazinik y Hazen (2018), citando a Deptula, “[...] nuestra capacidad de mandar y controlar (C2) fuerzas aéreas y espaciales se verá afectada por tres tendencias principales relacionadas entre sí: amenazas emergentes, nuevas tecnologías y la velocidad de información”. Y agregan:

Al describir el centro de operaciones de dominios múltiples (MDOC) de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos para el 2035, completo con nuevas divisiones, una adaptación impresionante, capacidades robustas de apoyo electrónico a distancia y una huella menor en el teatro de operaciones, en donde el flujo de información y la toma de decisiones rápidos serán críticos (Slazinik & Hazen, 2018, pp. 2-14).

Este reto permite pensar en el aprovechamiento de las TIC para no solo cambiar las estructuras actuales, también servirá para mejorar los procesos y procedimientos que se realizan en ellas, como es el caso de la toma de decisiones en la ejecución de operaciones aéreas que realizan los Centros de Comando y Control.

## Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con esta investigación, las principales señales fisiológicas para un monitoreo a tripulaciones durante actividades de vuelo o ejercicios en simulador son:

- Señales eléctricas del corazón (electrocardiograma EKG). Permiten detectar la respuesta al estrés.
- Señales temperatura. Complementan la información de las señales eléctricas, debido a que las variaciones de estados de ánimo modifican los valores de temperatura.
- Presión arterial. Permite analizar las reacciones del cuerpo al prepararse para su supervivencia y la posible influencia de las fuerzas de gravedad, en situaciones de vuelo sobre el cuerpo humano.
- Señales respiratorias y saturación de oxígeno. Permiten analizar el comportamiento de las tripulaciones, sabiendo que estas varían en la medida en que se presentan cambios en la mecánica del proceso de respiración, influenciada por factores como la gravedad o las aceleraciones.

El modelo propuesto permite adquirir las señales biométricas más importantes para analizar el comportamiento en los procesos de toma de decisión, por sus variaciones cuando las tripulaciones están sometidas a cargas emocionales. Estas variaciones pueden ser censadas y enviadas a través del sistema de comunicación planteado a un centro de control o a la consola de las cámaras de altura para analizar el comportamiento de las tripulaciones bajo condiciones de vuelo.

El modelo requiere ajustes por ser un proceso lineal racional y la mayor desventaja son los tiempos cortos en que debe desarrollarse. Puede llegar a integrarse en las fases de análisis de la misión y desarrollo de los cursos de acción, herramientas de prospectiva integradas con la obtención y producción de inteligencia en sus tres fases —estratégica, operacional y táctica—.

Dicha herramienta está proyectada para ser aplicada no solo en acciones reales, también puede ser adaptable a procesos de aprendizaje como en simuladores, puesto que desde el entrenamiento se mejoran actitudes y aptitudes.

Se recomienda un centro de comando y control de medicina de aviación, donde sean analizadas tripulaciones para emitir conceptos que establezcan

entrenamientos acordes a las necesidades evidenciadas en el monitoreo de las señales biométricas de las tripulaciones.

Se debe profundizar en la aplicación de prospectiva y otras herramientas que integren la información de las señales fisiológicas para el análisis de situaciones futuras frente a los actuales conceptos de Centros de Comando y Control de Operaciones Aéreas.

Por último, se recomienda analizar la posibilidad de emplear esta herramienta para el seguimiento de tripulaciones en una eventual incursión en carreras espaciales, dada la complejidad y manejo físico que requiere el ser humano en las condiciones dadas en el espacio.

## Referencias

- Alfaro, F. (2018). *Matriz de decisiones*. [http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1624/1624\\_u9\\_Matriz\\_de\\_decisiones.pdf](http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1624/1624_u9_Matriz_de_decisiones.pdf)
- Asta, A. (2000). Inteligencia y planificación en el Ejército. Una aproximación prospectiva. *Arbor*, 165(651), 445-474. <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i651.978>
- Benjumea, C. (1995). *Primer seminario del ciclo de formación sobre investigación y evaluación cualitativa: los procesos, formulación y diseño*. CINDE. <https://www.cinde.org.co/sitio/>
- Bonatti, P. (2007). *Los sesgos y las trampas en la toma de decisiones*. Grandes Pymes. <https://www.grandespymes.com.ar/2015/07/31/los-sesgos-y-las-trampas-en-la-toma-de-decisiones-2/>
- Cardona, M. E., & López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0308>
- Carpenter, C. (2017). Mando y control de las operaciones conjuntas a través del mando tipo misión. *Air and Space Power Journal*. [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ\\_Spanish/Journals/Volume-29\\_Issue-1/2017\\_1\\_06\\_carpenter\\_s.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ_Spanish/Journals/Volume-29_Issue-1/2017_1_06_carpenter_s.pdf)
- Carrión, P., Ródenas, J., & Rieta, J. (Coord.). (2007). *Procesado de señales biomédicas*. Universidad de Castilla La Mancha.
- Cely, I. J. (2016). *Metrología Biomédica*. ICONTEC. [http://medios.icontec.org/documentos/salud/metrologia\\_biomedica.pdf](http://medios.icontec.org/documentos/salud/metrologia_biomedica.pdf)
- Cengage. (2021, 30 de abril). ¿Qué es la telemetría? Cengage Learning Blog. <http://latinoamerica.cengage.com/que-es-la-telemetria/>
- Clark, T. (2008). La doctrina de planeamiento del Ejército: la identificación del problema es el corazón del problema. *Military Review*. <https://www.armyupress.army>

- mil/Portals/7/military-review/Archives/Spanish/MilitaryReview\_20080630\_arto08SPA.pdf
- Clausewitz, C. (1976). *On War* (Trad. M. Howard & P. Paret). Princeton University Press.
- Conceptos Básicos de NI LabVIEW – National Instruments. (s. f.). <https://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/tasks.htm>
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 217. (Colombia). <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-7/capitulo-7/articulo-217>
- Convertidor Analógico-Digital labview+Arduino. (s. f.). <https://www.youtube.com/watch?v=ukeTqGom7qk>
- Dodge, J. (2012). Telemetría usando redes de datos de telefonía celular. *Ingeniare*, (11), 67–78. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.11.646>
- Flores, J., & Onofre, A. (1995). *Sistema de adquisición de señales fisiológicas y transmisión por vía telefónica con procesamiento digital*. Universidad Autónoma de México. <https://core.ac.uk/display/225799984>
- Flores, J. (2012). *La doctrina conjunta en Colombia: análisis de la fuerza de tarea conjunta omega*. Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRI). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10549>
- Forero, L. (2012). *Modelo para la toma de decisiones militares. Una nueva opción para el ámbito gerencial*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2013). *Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial (MADBA)*. Comando Fuerza Aérea Colombiana. [https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/fac-0-e\\_mabda\\_2013.pdf](https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/fac-0-e_mabda_2013.pdf)
- Fuerza Aérea Colombiana. (2019). *Misión, visión y funciones*. Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.fac.mil.co/es/conozcanos/mision-vision-y-funciones>
- Fuerzas Militares de Colombia & Ejército Nacional. (2014). *Manual Básico de Liderazgo*. EJC 3–86 público. Imprenta y publicaciones de las Fuerzas Militares. <https://bibliodoe.files.wordpress.com/2019/01/ejc-3-86-basico-de-liderazgo.pdf>
- Gallardo, I. (2015). *Diseño de una aplicación digital para la virtualización del primer paso del proceso militar para toma de decisiones en una unidad táctica del ejército de Colombia*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6957>
- Gámez, R. (2007). *Comunicación y cultura organizacional en empresas chinas y japonesas*. Juan Carlos Martínez Coll.
- Gary, G. (2002). *Guidelines for the psychological evaluation of aircrew personnel*. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. Hanley & Belfus, Inc.
- Guerrero, J. (2011). *Ingeniería biomédica*. Universidad de Valencia.
- Godet, M. (2007). Prospectiva estratégica: problemas y métodos. *Cuadernos de LIP-SOR*, 104, 20. <https://n9.cl/fgxz>
- Goleman, D. (1997). *La inteligencia emocional*. Le Libros. <https://ciec.edu.co/wp-content/uploads/2017/08/La-Inteligencia-Emocional-Daniel-Goleman-1.pdf>

- Helmreich, R. (1994). Anatomy of a system accident: The crash of Avianca Flight 052. *The international journal of aviation psychology*, 4(3), 265–284. [https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0403\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0403_4)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2008). *NTP 355: Fisiología del estrés*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. [https://www.insst.es/documentos/94886/326827/ntp\\_355.pdf/doc209e9-026e-4d85-8faf-5a9fcea97276](https://www.insst.es/documentos/94886/326827/ntp_355.pdf/doc209e9-026e-4d85-8faf-5a9fcea97276)
- Johansson, A. (2004, septiembre). *Performance of a radio link between a base station and a medical implant utilising the MICS standard* [conference]. The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (Vol. 1, pp. 2.113–2.116). IEEE.
- Jung, L., Byrnes-Preston, P., Hessler, R., Lehmann, T., & Suaning G. (2007). *A dual band wireless power and fsk data telemetry for biomedical implants* [conference]. 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 6.596–6.599). IEEE.
- Juri, I. (2005). *Sistema de monitoreo de parámetros fisiológicos en forma remota*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba.
- Kline, J. (2012). *Handbook of biomedical engineering*. Elsevier
- Kohan, N., & Macbeth, G. (2008). Los sesgos cognitivos en la toma de decisiones. *International Journal of Psychological Research*, 2(3), 68–73. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/6131>
- Lerma, H. D. (2003). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. Ecoe Ediciones.
- López, L., López, A., & Sanabria, Y. (2015). Aplicación de la biotelemedicina para tres signos vitales. *Ciencia y Poder Aéreo*, 10(1), 179–186. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.428>
- Lozano, G., & Muñoz, A. (2012). Algunos modelos de tomas de decisiones. *Novum*, (2), 102–112. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/novum/article/view/45726>
- Martínez, J. F. (2011). *Bioseñales*. Universidad de Valencia.
- Maurino, D. (1994). Crosscultural perspectives in human factors training: Lessons from the ICAO human factors program. *The international journal of aviation psychology*, 4(2), 173–181. [https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0402\\_5](https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0402_5)
- Meehl, P. (2015). *Clinical versus Statistical Prediction: A Theoretical Analysis and a Review of the Evidence*. Echo Point Books and Media
- Mojica, F. (2005). *La construcción de futuro, Convenio Andrés Bello*. Universidad Externo de Colombia.
- Montoya, A., & Roldan, A. (2007). *Análisis, clasificación y evaluación de accidentes aéreos de la aviación civil en Colombia*. Universidad de San Buenaventura.
- Morillo, D. (2008). *Procesado y transmisión de señales biomédicas para el diagnóstico de trastornos y enfermedades del sueño*. Universidad de Cádiz.
- National Instruments. (2014). *Getting started guide ni 9205*. National Instruments. <http://www.ni.com/pdf/manuals/378020a.pdf>

- National Instruments. (2019). *Qué es Labview*. National Instruments. <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
- Nieto, N., & Vega, M. (2017). *Diseño de un prototipo de medición de señales fisiológicas utilizadas en Biofeedback*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Orford, R., & Silverman, W. (2008). *Pilot health and aeromedical certification. Fundamentals of Aerospace Medicine*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Pilar, J. (2011). *Herramientas para la gestión y la toma de decisiones* (2 ed.). Hanne, 19.
- Popper, R. (2008). *Foresight Concepts and Practice (the process, common methods and practices)*. Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento; Universidad del Valle.
- Reguant, M., & Torrado, M. (2016). El método Delphi. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 9(2), 87-102. <http://hdl.handle.net/2445/110707>
- Rice University. (2019). *LabVIEW Graphical Programming Course*. OpenStax CNX. <https://cnx.org/contents/VJscm13M@4.6:YvhhFC46@2/LabVIEW>
- Rosado, J. (2011). *Realización de drivers para LabVIEW*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Sánchez, L. (2010). El estudio del factor humano en accidentes de aviación. *Pensamiento Psicológico*, 7(14), 141-153. <https://revistas.javerianacali.edu.co/index.php/pensamientopsicologico/article/view/138>
- Schön, D. (1995). Knowing-in-action: The new scholarship requires a new epistemology. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 27(6), 27-34. <https://doi.org/10.1080/00091383.1995.10544673>
- Simon, H. (1957). *Models of Man: Social and Rational- Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. John Wiley & Sons.
- Simuladores en Medicina. Realidad virtual: Introducción y bienvenida*. (2016, 2 de marzo). <http://simuladoresenmedicina1122.blogspot.com/2016/03/simuladores-y-medicina.html>
- Slazinik, M., & Hazen, M. (2018). Comando y control globales para el futuro concepto de operación. *Air & Space Power Journal*. [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ\\_Spanish/Journals/Volume-30\\_Issue-1/2018\\_1\\_01\\_slazinik\\_s.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ_Spanish/Journals/Volume-30_Issue-1/2018_1_01_slazinik_s.pdf)
- Strater, O. (2005). *Cognition and Safety*. Camilibrar.
- Toffler, A., & Toffler, H. (1993). *War and anti-war: Survival at the dawn of the 21st century*. Warner Books.
- Tzu, S. (2003). *El arte de la guerra*. Panamericana.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2010). *Biometría y normas*. Actualidades de la UIT. <http://www.itu.int/net/itunews/issues/2010/01/05-es.aspx>
- US Converters LLC. (s. f.). *RS232 Pinout*. [http://www.usconverters.com/index.php?main\\_page=page&id=61&chapter=0](http://www.usconverters.com/index.php?main_page=page&id=61&chapter=0)
- Vásquez, J., Ortiz, F., Franco, C., & Aranzazú, C. (2010). *Matriz de priorización para la toma de decisiones*. Universidad del Valle.

- Veloza, J., & Rentería, D. (2007). *Diseño e implementación de un instrumento de monitoreo de señales fisiológicas y alarma para pilotos de aeronaves no presurizadas*. Universidad San Buenaventura.
- Wiegmann, D., & Shapell, S. (2003). *A human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*. Ashgate.
- Williams, B. (2011). Heurísticas y sesgos en la toma de decisiones. *Military Review*, 52-65

**Para mayores informes:**

**Dirección postal | Mailing Address | Endereço postal**

Cra. 11 n.º 102-50 Edificio ESDEG, Escuadrón de Investigación  
Oficina 411. A.A.110111. Bogotá D.C., Colombia  
(057-1) 620 6518. Ext. 1700, 1715,1722, 1730  
Correo electrónico: [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)

**Biblioteca Escuela de Postgrados  
de la Fuerza Aérea Colombiana**

Correo electrónico: [biblioteca@epfac.edu.co](mailto:biblioteca@epfac.edu.co)

**<https://libros.publicacionesfac.com>**



**Gaviotas de luces. Un aporte desde la investigación formativa  
a las ciencias militares aeronáuticas en Colombia**

fue compuesto en caracteres ConduitTC y Merriweather.

Se terminó de imprimir en Bogotá D. C.,  
en noviembre del 2021.