



MAESTRÍA EN
**SEGURIDAD
OPERACIONAL**
ESCUELA DE POSTGRADOS FAU / SINIES 102570

ISSN-E 3073-0392

II Simposio de **INVESTIGACIÓN FORMATIVA** **MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL- MAESO**

"Fortaleciendo la barrera de entrenamiento con la Maestría en Seguridad Operacional"

23 de abril de 2025
07:30 a 14:00 Hrs

LUGAR:
EPFAC- AUDITORIO JES



Comité Organizador

MY. Francine Pineda Mongui
Dra. Erika Juliana Estrada Villa
Ing. Bryan Felipe Ramírez Segura
Dra. Ximena Rojas Ortiz
Ing. Harold Julián Acosta León
RI. Carolina Cubillos Mondragon
Ing. Angelica María Palacios Martínez - CEA Aerocivil
Magister. Betty Barrios Salcedo - CEA Aerocivil
Dr. Jorge Luis Céspedes Ospino - CEA Aerocivil

Compiladores

Dra. Erika Juliana Estrada Villa
Ing. Harold Julián Acosta León

Comité Evaluador

Magister. Liliana Urrea Sánchez - CEA Aerocivil
CR (RA) Miguel Camacho Martínez - CEA Aerocivil
CR (RA) Henry Camacho Cristancho - CEA Aerocivil

Revisión de Texto y Estilo

MY. Francine Pineda Mongui
Dra. Erika Juliana Estrada Villa
RI. Carolina Cubillos Mondragon

Portada y Diseño

Aldemar Zambrano Torres

Autores

MY. Hamilton Ferney Parra Ojeda
CT. Liliam Martínez Montenegro
CT. Gustavo Adolfo Lucumi Calero
CT. Juan Felipe González Castro
CT. Eliana Katalina Coronado Hamón
CT. Pedro Luis Regino Hernández
Carlos Alberto Arévalo Arévalo

ISSN-E 3073-0392 (En línea) Periodicidad anual

Información Técnica

Publicación Producto de Investigación Grupo de investigación GICMA COL0140489
Segunda Edición, junio 2025. Periodicidad anual, publicación digital Sitio Web:
<https://www.epfac.edu.co/es/eventos-academicos/seguridad-operacional>

Editor

MY. Francine Pineda Mongui
Escuela de Posgrados FAC "Capitán José Edmundo Sandoval"
Nit. 899999102-2
Cra 11 No. 102-50
+57(601) 3159816 Extensión 72558
ediciones.maeso@epfac.edu.co

Bogotá, Colombia ©2025

Editorial Escuela de Posgrados FAC Capitán José Edmundo Sandoval. Los autores son responsables de la información presentada y contenida en los resúmenes. La información de este documento no puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna, ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico de grabación o fotocopia sin permiso del autor.

Copyright (c) 2025. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana

Editorial



La investigación formativa es el eje integrador de los programas de posgrado, especialmente en un campo tan dinámico y vital como lo es la Seguridad Operacional. La Maestría en Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, fiel a su compromiso con la excelencia académica, ha consolidado este espacio de socialización de avances investigativos como una estrategia para el fortalecimiento de competencias científicas, técnicas y analíticas en sus estudiantes.

Este segundo Simposio de Investigación Formativa permitió presentar, ante una audiencia experta y crítica, los avances de los proyectos de grado desarrollados por la Cohorte X, en etapa final de formación. El objetivo no solo fue compartir los hallazgos alcanzados hasta la fecha, sino también recibir recomendaciones sustanciales por parte de jurados académicos y operacionales, que permitan perfeccionar los productos investigativos en su fase conclusiva.

Los temas abordados por los estudiantes dan cuenta de una lectura rigurosa de las problemáticas actuales en el entorno aeronáutico nacional e internacional. Cada propuesta se construye desde el compromiso institucional de elevar los estándares de seguridad operacional, mediante soluciones aplicables, innovadoras y con sentido estratégico. Así mismo, esta actividad fortalece el trabajo conjunto entre la academia, la Fuerza Pública y la Autoridad Aeronáutica.

Estas memorias recogen parte de los esfuerzos investigativos de nuestros maestrantes y se convierten en un insumo valioso para investigadores, docentes, y miembros de la comunidad aeronáutica, que reconocen en la investigación aplicada un instrumento esencial para preservar la vida, la integridad de las operaciones aéreas y el cumplimiento misional de nuestra Fuerza.

Con gratitud hacia los evaluadores, entidades aliadas y equipo académico que hicieron posible este simposio, extendemos nuestro reconocimiento a los estudiantes por asumir con seriedad, responsabilidad y visión estratégica su proceso investigativo.

*Mayor Francine Pineda Mongui
Directora Programa Maestría Seguridad Operacional*

II Simposio de Investigación Formativa MAESO

Objetivo General

Dar a conocer los resultados de proyectos de investigación de la Maestría en Seguridad Operacional a la comunidad aeronáutica y en general en modalidad de presentación dinámica de investigación en un evento académico.

Objetivo Específicos

- Presentar a los participantes y evaluadores los avances de los proyectos de investigación de los estudiantes de cuarto semestre de la Cohorte VIII de la Maestría en Seguridad Operacional.
- Proponer a los expositores un análisis objetivo y de acciones de mejora con el ánimo de fortalecer su trabajo de grado.
- Socializar los avances de la investigación del programa de Maestría ante un comité científico y comunidad académica.
- Fortalecer el proceso de investigación formativa de los estudiantes de la sexta cohorte de la Maestría.

Tabla de contenido

Hacia un marco de Competencias No Técnicas del Personal de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.....	7
Habilidades profesionales en el lugar de trabajo de los controladores de tránsito aéreo de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.....	13
Optimización del Entrenamiento de Pilotos de aeronaves A-29B Supertucano mediante un Modelo Basado en Competencias.....	20
Identificación inicial de las competencias para la operación segura de los sistemas RPA Hermes 450 y 900	26
Competencias no técnicas, otra mirada al liderazgo de operaciones aéreas seguras.	32
Entrenamiento en Single Pilot: Transformando la Ausencia en Oportunidad.	39
Actitudes Peligrosas presentes en pilotos militares de Helicópteros.....	45

Hacia un marco de Competencias No Técnicas del Personal de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana



Fuente: Escuela de Suboficiales FAC (2025)

CT. Liliam Martínez Montenegro

liliam.martinez@fac.mil.co

Información del autor: Oficial Fuerza Aeroespacial Colombiana. Psicóloga egresada de la Universidad Santo Tomás. Actualmente Jefe del Departamento de Comportamiento Humano del Comando Aéreo de Transporte Militar de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Maestrante en Seguridad Operacional de la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Orcid: 0009-0003-5046-2502

CvIac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002359882

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

En el ámbito aeronáutico, los estudios relacionados con la gestión operacional tradicionalmente han privilegiado roles visibles como pilotos y tripulantes. Sin embargo, esta investigación se centra en los Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana como actores imprescindibles en la operación aérea y figuras esenciales para garantizar la aeronavegabilidad y la Seguridad Operacional.

Según el Manual de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana FAC [MAMAE] (2016), el Mantenimiento Aeronáutico es un conjunto de actividades destinadas a la inspección, reparación, preservación y reemplazo de componentes, orientadas a garantizar que una aeronave o sus partes cumplan con los requisitos legales y técnicos de aeronavegabilidad; por ende, al tratarse de un proceso esencial, exige especial atención debido a la propensión a errores inherentes al mismo (Delgado, 2007).

Así pues, la presente investigación se desarrolla bajo la línea de Factores Humanos, cuyo propósito es identificar y caracterizar las competencias no técnicas de esta población al interior de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, evidenciando la importancia de sus conocimientos, habilidades y actitudes (Alles, 2007) en el desarrollo de las actividades propias del Mantenimiento Aeronáutico en la Institución, de acuerdo con su cargo, a fin de reducir los errores y fortalecer la seguridad.

Para cumplir dicho propósito, el presente estudio se efectúa con una metodología cualitativa y un alcance descriptivo en razón a que se tiene como objetivo especificar características de fenómenos y/o variables en un contexto determinado, tal como lo establece Hernandez-Sampieri & Mendoza, (2018). La muestra está conformada por 232 suboficiales de la Especialidad de Mantenimiento Aeronáutico, orgánicos de 09 Unidades Operativas de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, quienes conforme a lo estipulado en el Manual de Capacitación y Entrenamiento FAC [MACET] (2018) cumplen los cargos de operario, especialista, jefe de grupo e inspector.

El proceso de investigación se ha propuesto mediante tres fases. En un primer momento, se efectúa una recolección documental a fin de obtener datos ya procesados por otros investigadores (Sabino, 1992) en torno a las competencias no técnicas para quienes se desempeñan como Técnicos de Mantenimiento Aeronáutico. Así mismo, en esta fase se realiza un análisis de los sucesos registrados en el Informe de Fiabilidad de la Dirección de Seguridad Operacional de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, en los cuales el factor humano ha sido un elemento determinante en su ocurrencia dentro del área de Mantenimiento Aeronáutico abarcando el periodo comprendido entre el año 2014 y 2024. La segunda fase contempla la aplicación de un cuestionario dirigido a suboficiales de la Especialidad de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, quienes ponderan las competencias seleccionadas posterior a la recolección documental como más aplicables a su cargo. Finalmente, en la tercera fase se realiza un panel de expertos compuesto por 05 personas a fin de establecer las competencias no técnicas para los técnicos en Mantenimiento Aeronáutico discriminadas por los cargos de operario, especialista, jefe de grupo e inspector.

Dentro de los datos recolectados en la primera fase, se evidencia que el Trabajo en Equipo y Comunicación son competencias no técnicas clave en el Mantenimiento Aeronáutico, en tanto este es un proceso crítico que implica un

trabajo sistémico y coordinado entre personas en un contexto particular (Kocon citado por Astudillo, 2014). En contraste, competencias no técnicas como aplicación de procedimientos; consciencia de la situación; pensamiento sistémico y gestión de riesgos no aparecen con frecuencia en la literatura, ya que están integradas en otras competencias y son transversales en la operación de este personal. Así mismo, habilidades como ética de trabajo, aprender de críticas y preocupación por el orden tienen un enfoque más organizacional que operacional, según el Manual de Desarrollo del Potencial Humano y Capacidad Organizacional FAC (2011).

En ese mismo sentido, en la primera fase de la presente investigación, en relación con el análisis de sucesos de seguridad operacional por factor humano en el área de Mantenimiento al interior de la FAC, se evidencia la ocurrencia de 272 sucesos, los cuales denotan recurrencia de aspectos como inadecuada supervisión; toma de decisiones; no seguimiento de procedimientos y MRM (asociado a la inadecuada comunicación); siendo estos aspectos, notables competencias no técnicas.

El análisis del cuestionario muestra que las competencias no técnicas varían según el rol; así pues, al interior de la FAC, los suboficiales de la Especialidad de Mantenimiento Aeronáutico con cargo de Inspector priorizan la aplicación de procedimientos (89%) y la experiencia técnica (78%), mientras que los Jefes de Grupo destacan en experiencia técnica (82%) y trabajo en equipo (80%). Los Especialistas enfatizan la ética de trabajo (80%) y los Operarios valoran menos estas competencias, con la experiencia técnica en (55%). Esto indica que cada cargo requiere habilidades específicas, resaltando la importancia de una capacitación diferenciada para optimizar el desempeño en cada función.

Las conclusiones parciales del proceso investigativo demuestran la importancia de identificar y caracterizar las competencias no técnicas de los suboficiales de la Especialidad de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana destacando su impacto en el desempeño de sus labores. Estas competencias, que complementan las habilidades técnicas previamente adquiridas, se consolidan como una estrategia clave para la mitigación de riesgos asociados a la seguridad operacional, dentro de un proceso considerado crítico para la operación. Esto a su vez, permite robustecer procesos de gestión humana, tales como la selección, el entrenamiento y la capacitación de manera diferenciada acorde al cargo en Mantenimiento Aeronáutico reflejando las necesidades reales del entorno aeronáutico de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Palabras clave: Competencias, Factores Humanos, Mantenimiento Aeronáutico; Seguridad Operacional.

Abstract

In the field of aeronautics, research related to operational safety management has traditionally emphasized visible roles such as pilots and flight crews. However, this study redirects attention to aircraft maintenance technicians within the Colombian Aerospace Force, recognizing them as critical agents in air operations

and key contributors to ensuring both airworthiness and operational safety. Their tasks are fundamental to aviation risk mitigation, despite being less visible to the public eye, and demand a rigorous understanding of both technical and non-technical competencies.

According to the Aeronautical Maintenance Manual of the Colombian Aerospace Force (MAMAE, 2016), aeronautical maintenance encompasses a series of tasks, inspection, repair, preservation, and component replacement, designed to guarantee compliance with legal and technical airworthiness standards. Due to the complexity and highly regulated nature of these procedures, this process is inherently vulnerable to human error (Delgado, 2007) and therefore requires systematic oversight and continuous evaluation. Recognizing maintenance as a human-dependent process rather than a purely mechanical one is essential to enhancing safety and reliability.

Thus, this research adopts human factors approach to identify and characterize the non-technical competencies required by military aircraft maintenance personnel. These include behavioral and cognitive skills such as communication, teamwork, decision-making, and situational awareness, which, although not directly related to technical procedures, significantly influence the execution, quality, and safety of maintenance operations. By analyzing these competencies within each maintenance role—operator, specialist, group leader, and inspector—the study aims to reduce errors and strengthen safety culture through tailored training and operational policies.

A qualitative methodology with a descriptive scope was employed, following the framework proposed by Hernández-Sampieri and Mendoza (2018), to analyze the target population within its operational context. The sample consisted of 232 military technicians and non-commissioned officers in the Aeronautical Maintenance Speciality, assigned to nine operational units of the Colombian Aerospace Force - FAC. These individuals fulfill roles explicitly defined in the FAC's Training and Instruction Manual (MACEET, 2018), which assigns specific responsibilities and hierarchical positions to each maintenance role.

The research process was divided into three structured phases. In the first phase, a document review was conducted to gather information from previous studies on non-technical competencies in aeronautical maintenance, including key contributions from Sabino (1992). Additionally, incident reports from the Operational Safety Directorate of the Colombian Aerospace Force were analyzed, focusing on 272 events between 2014 and 2024 in which human factors were identified as causal or contributing elements. These reports revealed recurring issues such as inadequate supervision, poor decision-making, non-compliance with procedures, and failures in maintenance resource management (MRM), particularly related to ineffective communication.

In the second phase, a structured questionnaire was administered to the maintenance personnel to assess the relevance and applicability of the non-technical competencies identified in the first phase. Responses were analyzed by role, allowing for the comparison of how different positions within the maintenance

structure prioritize certain competencies. In the third phase, a panel of five subject-matter experts evaluated and validated the competency profiles for each role, ensuring alignment with operational realities and institutional expectations.

The results confirmed that teamwork and communication are consistently regarded as essential non-technical competencies across all maintenance roles. This is consistent with the nature of aircraft maintenance, which demands structured collaboration under highly regulated and time-sensitive conditions (Kocon, as cited in Astudillo, 2014). Other competencies—such as procedural compliance, situational awareness, systematic thinking, and risk management—emerge as transversal skills embedded in broader behavioral processes. Meanwhile, attributes such as work ethic, receptiveness to feedback, and concern for order were found to align more closely with organizational culture and human capital development policies (FAC, 2011).

Differences in competency prioritization were evident among roles. Inspectors placed high importance on procedural adherence (89%), technical experience (82%), and teamwork (80%). Specialists emphasized work ethic (80%), whereas operators showed lower overall scores, with technical experience rated at 55%. These findings suggest the need for differentiated training programs that reflect the specific responsibilities, risks, and decision-making contexts of each role, rather than relying on standardized training models.

In conclusion, this study highlights the strategic importance of identifying and strengthening non-technical competencies in the Aeronautical Maintenance Speciality of the Colombian Aerospace Force. These competencies, which complement technical expertise, serve as critical safeguards in the prevention of human error and the enhancement of operational safety. By integrating this understanding into human resource processes—such as selection, training, evaluation, and professional development—the institution can advance a more resilient, competent, and safety-oriented maintenance force aligned with the evolving demands of military aviation.

Key words: Aeronautical Maintenance, Human Factors, Non-Commission Officers=NCO, Operational Safety.

Referencias

Alles, M. (2007). *Desempeño por competencias*. Ediciones Granica.

Astudillo, Yañez C. I. (2014). *Análisis de las habilidades blandas de un técnico en mantenimiento aeronáutico* [Tipo de tesis para optar al título Profesional Técnico Universitario en Mantenimiento Aeronáutico, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio institucional <https://repositorio.usm.cl/handle/123456789/9175>.

- Delgado, J. (2007). *Mantenimiento y Seguridad Aérea* [Tipo de tesis para optar un el título de Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Cataluña]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4461>.
- Fuerza Aeroespacial Colombiana (2011). *Manual de Desarrollo del Potencial Humano y Capacidad Organizacional-OMAPHO* (1.ª ed.).
- Fuerza Aeroespacial Colombiana (2016). *Manual de Mantenimiento Aeronáutico FAC-MAMAE* (2.ª ed.).
- Fuerza Aeroespacial Colombiana (2018). *Manual de Capacitación y Entrenamiento Técnico FAC-MACET* (4.ª ed.).
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Sabino, Carlos (1992). *El proceso de investigación*. Editorial Panapo. https://www.perio.unlp.edu.ar/tif/wp-content/uploads/2021/04/CarlosSabino-ElProcesoDeInvestigacion_0.pdf

Habilidades profesionales en el lugar de trabajo de los controladores de tránsito aéreo de la Fuerza Aeroespacial Colombiana



Fuente: Fuerza Aeroespacial Colombiana (2024)

CT. Gustavo Adolfo Lucumi Calero
gustavo.lucumi@epfac.edu.co

Información del autor: Oficial de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, Ingeniero Informático de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez, Navegante de la aeronave Lockheed C-130 Hércules, dentro de las aeronaves voladas se encuentra el Cessna 172, Cessna 208 Caravan, Douglas AC-47 Fantasma, SA2-37 Schweizer y Embraer EMB 314 Super Tucano A-29, Maestrante de Seguridad Operacional en la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, con una experiencia de más de 08 años trabajando para los Servicios de Navegación Aérea y actualmente labora en la Jefatura de Potencial Humano como Especialista de Proyección de Talento Humano - Especialistas de Vuelo.

Orcid: 0009-0005-4028-2019

Cvlac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002359889

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

Con el propósito de garantizar elevados estándares de seguridad operacional en el desarrollo de las operaciones aéreas militares, los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) constituyen un pilar fundamental, apoyados por los Controladores de Tránsito Aéreo (ATCO), quienes son profesionales altamente capacitados en la provisión de servicios de información de vuelo, alerta y control, de acuerdo con las características específicas del espacio aéreo. Su profesionalismo y experiencia les permite gestionar operaciones complejas mediante decisiones oportunas y efectivas (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2021).

En el ámbito global de la aviación, los factores humanos se han consolidado como un campo multidisciplinario orientado a incrementar la seguridad y la eficiencia de los sistemas, entendidos estos como conjuntos integrados por seres humanos, procedimientos y tecnología. La optimización del factor humano y de las interfaces entre los distintos componentes contribuye significativamente a una operación más segura y eficaz (Moriarty, 2015)

De manera general Correa Álvarez et al. (2018), sustenta que entre las múltiples cargas que tiene un controlador de tránsito aéreo, se pueden mencionar como: presta servicios de información del vuelo, asesoramiento al piloto, servicio de alerta, servicio de control de área, servicio de control superficie y servicio de control de tráfico aéreo, dividiéndose este último en, servicio de control del aeródromo, servicio de control de aproximación y el servicio de control de área.

De acuerdo con Manjarrés Salas et al. (2013), las competencias técnicas engloban los conocimientos y habilidades aplicables al entorno laboral, mientras que las competencias comportamentales comprenden valores, actitudes y principios éticos. En este contexto, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2020), mediante el Doc 9868, resalta la importancia de establecer lineamientos para la adquisición de competencias específicas adaptadas a los entornos académicos y operacionales de cada Estado, conforme a los marcos normativos internacionales que rigen la seguridad operacional.

Las competencias técnicas son el que hacer, son las descripciones de lo que las personas deben saber hacer en un entorno de trabajo o de otra forma, sus habilidades para desempeñar las funciones de manera efectiva de acuerdo con lo requerido por una organización según los estándares establecidos, siendo técnicas transversales o específicas de ciertas funciones trabajos o roles Berrocal et al. (2021).

El presente estudio se orienta a identificar las competencias técnicas que deben poseer los Controladores de Tránsito Aéreo de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, en concordancia con las recomendaciones de la OACI. Estas deben ser adaptadas al contexto nacional, a las condiciones del entorno operacional, a los desafíos institucionales y a la experiencia profesional de los ATCO. Este conjunto de competencias busca garantizar el profesionalismo en el entorno laboral, constituyendo un complemento esencial del modelo sociotécnico SHEL, en el cual convergen el entorno, el ser humano, la máquina y los procedimientos.

La investigación se enmarcó en un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, el cual permite comprender fenómenos en su contexto natural y desde la perspectiva de los actores involucrados, en este caso, los Controladores de Tránsito Aéreo (Bernal, 2016). Este tipo de diseño resulta pertinente para identificar las competencias técnicas requeridas en el entorno laboral específico de los ATCO de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, facilitando un análisis exhaustivo de las condiciones operacionales reales.

La población objetivo estuvo constituida por 210 Controladores de Tránsito Aéreo adscritos a la Fuerza Aeroespacial Colombiana. A partir de esta población se seleccionó una muestra intencional de 60 participantes, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, teniendo en cuenta criterios de homogeneidad en cuanto a funciones y experiencia profesional. Esta selección fue sustentada con un nivel de confianza del 95%, siguiendo las recomendaciones metodológicas propuestas por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

Como primer insumo investigativo, se realizó un análisis documental de los reportes de sucesos que afectaron la seguridad operacional entre los años 2020 y 2024, identificando aquellos en los que los servicios de tránsito aéreo actuaron como factores causales o contribuyentes. Estos sucesos fueron correlacionados con los indicadores de conducta establecidos en el Marco de Competencias de la OACI (2020), lo que permitió detectar brechas competenciales que, de haber sido cubiertas, habrían contribuido a la mitigación de los eventos.

Simultáneamente, se efectuó un análisis de contenido de las funciones específicas que cumplen los diferentes servicios de tránsito aéreo (aeródromo, aproximación y área), las cuales fueron contrastadas con los comportamientos esperados según el mismo marco competencial de la OACI. Este proceso permitió establecer un conjunto preliminar de competencias específicas para cada tipo de servicio.

Posteriormente, se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado a los 60 ATCO seleccionados, el cual permitió obtener su percepción respecto a la relevancia de las competencias definidas por la OACI para cada uno de los servicios de tránsito aéreo. Como parte del instrumento, se solicitó a los encuestados proponer una competencia adicional que consideraran necesaria, pero no incluida en el marco actual. La validez de contenido del cuestionario fue garantizada mediante revisión experta por parte del controlador con mayor experiencia de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (Bernal, 2016).

Los datos recolectados a través del cuestionario fueron codificados y categorizados empleando técnicas de análisis de contenido. Las respuestas fueron organizadas en categorías emergentes denominadas: Información, Gestión y Resolución de Problemas, las cuales agrupan las competencias técnicas mencionadas con mayor frecuencia y relevancia (Hernández-Sampieri et al., 2014). Esta categorización facilitó la estructuración de un modelo preliminar de competencias ajustado al contexto militar aeronáutico nacional.

Asimismo, los hallazgos fueron validados mediante un panel de expertos conformado por el jefe de los Servicios de Tránsito Aéreo de la FAC, un instructor de la Escuela de Suboficiales y un Asesor del Comando Aéreo de Combate No. 7. En esta fase se utilizó el software Atlas.ti® para realizar un análisis computarizado, lo que permitió verificar la saturación de las categorías mediante la identificación de recurrencias y redundancias conceptuales en los datos.

Los resultados obtenidos reflejan que las competencias técnicas consideradas más relevantes por los ATCO de la FAC son: gestión del tránsito y de los recursos ATS, separación y resolución de conflictos, habilidades de comunicación técnica, coordinación operativa y capacidad para visualizar objetos tridimensionalmente. Estas competencias fueron coincidentes con aquellas que se evidenciaron ausentes en los sucesos operacionales analizados.

Palabras clave: Controlador de Tránsito Aéreo, Controlador Aéreo, Servicios a la Navegación Aérea, Controlador Aéreo, Factores Humanos, Factores de Riesgos.

Abstract

To ensure high standards of operational safety in military air operations, Air Traffic Services (ATS) represent a fundamental pillar, supported by highly trained Air Traffic Controllers (ATCOs) who provide flight information, alerting, and control services tailored to the characteristics of the controlled airspace. Their training, experience, and decision-making skills enable them to manage complex traffic scenarios effectively and with precision (Special Administrative Unit of Civil Aeronautics, 2021).

Within the global aviation system, human factors have emerged as a multidisciplinary field dedicated to enhancing safety and system efficiency by understanding the interaction between people, procedures, and technology. The integration and optimization of human capabilities and interfaces between these components contribute significantly to safer and more effective air operations (Moriarty, 2015).

Correa Álvarez et al. (2018) highlight that the responsibilities of air traffic controllers include the provision of flight information, advisory services, alerting services, and various levels of air traffic control. These services are further categorized into aerodrome, approach, and area control, each demanding specific technical skills and operational judgment depending on the complexity of airspace and aircraft operations.

According to Manjarrés Salas et al. (2013), technical competencies encompass the knowledge and abilities required to perform specific functions in a professional setting, while behavioral competencies include values, attitudes, and ethical principles. In alignment with this distinction, the International Civil Aviation Organization (ICAO, 2020), through Doc 9868, emphasizes the importance of defining competency-based frameworks tailored to national academic and operational conditions while remaining compliant with international safety regulations.

Technical competencies refer to what individuals must be able to do to meet organizational performance expectations. These competencies may be either cross-functional or specific to roles, functions, or environments (Berrocal et al., 2021). In this context, this study aims to identify the technical competencies required by Air

Traffic Controllers in the Colombian Aerospace Force, based on ICAO's standards but adjusted to the national context, operational conditions, institutional challenges, and the lived professional experience of ATCOs. The identified competencies serve as a strategic complement to the SHEL sociotechnical model, which considers the dynamic interaction between Software, Hardware, Environment, and Liveware.

The research was conducted using a qualitative, descriptive approach, appropriate for examining phenomena in their natural context and from the perspective of the individuals involved—in this case, ATCOs (Bernal, 2016). This methodology is particularly suitable for identifying the specific technical competencies required within the real-world operational context of air traffic controllers in a military aviation setting.

The target population consisted of 210 ATCOs from the Colombian Aerospace Force. A purposive sample of 60 participants was selected through non-probability convenience sampling, considering homogeneity in professional responsibilities and experience. The sample size was supported by a 95% confidence level, based on the methodological criteria outlined by Hernández-Sampieri and Mendoza (2018), ensuring reliability and representativeness within the study's qualitative framework.

The first phase of the investigation involved a documentary analysis of incident reports related to operational safety between 2020 and 2024. The focus was on identifying cases in which air traffic services were contributing or causal factors. These reports were then correlated with ICAO's Competency Framework behavioral indicators to identify specific gaps that, if addressed, could have mitigated or prevented the incidents in question.

Concurrently, a content analysis was conducted of the core functions performed across the three types of air traffic control services: aerodrome, approach, and area control. These functions were compared with ICAO's expected behavioral outcomes, enabling the preliminary identification of service-specific technical competencies. This comparative analysis provided the foundation for defining competency profiles tailored to the different operational demands of each ATS domain.

Following this, a structured questionnaire was developed and administered to the 60 selected ATCOs. The instrument sought to assess the relevance of each ICAO-defined competency in relation to the actual duties performed in Colombian military airspace. Additionally, respondents were invited to propose competencies not currently addressed in the ICAO framework but considered necessary in their operational context. Content validity of the instrument was ensured through expert review by the most senior controller in the Colombian Aerospace Force (Bernal, 2016).

Responses were coded and categorized using qualitative content analysis. Three primary categories emerged—Information, Management, and Problem-Solving—representing clusters of the most frequently cited and operationally relevant technical competencies (Hernández-Sampieri et al., 2014). This categorization enabled the construction of a preliminary competency model specifically adapted to the national military aeronautical environment.

To validate these findings, a panel of experts was convened, including the Chief of Air Traffic Services of the FAC, an instructor from the Non-Commissioned Officers' School, and a senior advisor from the 7th Air Combat Command. The expert validation process was supported by Atlas.ti® software, which facilitated computerized content analysis. This software enabled the identification of category saturation, thematic recurrences, and conceptual overlaps in the data, strengthening the consistency and rigor of the final model.

The results revealed that the most relevant technical competencies, as identified by the participating ATCOs, include traffic and ATS resource management, conflict separation and resolution, technical communication proficiency, operational coordination, and three-dimensional object visualization. These competencies align with those identified as lacking in the operational safety events analyzed, indicating that strengthening these areas would likely contribute to improved system performance and reduced risk.

Keywords: Air Traffic Controller, Air Traffic Controller, Air Navigation Services, Air Traffic Controller, Human Factors, Risk Factors.

Referencias

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2021, May 4). *Controladores de Tránsito Aéreo (ATCO)*. Retrieved Oct 8, 2023, from [https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/Gestion-de-los-Servicios-de-Transito-Aereo-ATS/controladores-de-tr%C3%A1nsito-a%C3%A9reo-\(atco\)](https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/Gestion-de-los-Servicios-de-Transito-Aereo-ATS/controladores-de-tr%C3%A1nsito-a%C3%A9reo-(atco))

Moriarty, D. (2015). *Practical human factors for pilots*. Academic Press.

Correa Álvarez, E. A., Díaz Reyes, M. T., Quintero Bermúdez, A. L., & Estrada Muñoz, J. (2018). *Estudio de los factores de riesgo ergonómicos que pueden afectar el desempeño laboral de los controladores de tránsito aéreo que prestan sus servicios en el Aeropuerto Internacional José María Córdova*, ubicado en el municipio de Rionegro, Antioquia. *Ingeniería Industrial*, 6, 33–44. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6597>

Manjarrés Salas, A., Castell, R., & Luna Amaya, C. (2013). *Modelo de Evaluación del Desempeño Basado en Competencias*. *Ingeniare*, (15), 11–29. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5980476>

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2020). *Programa Nacional de Instrucción para los Servicios y la Gestión de Tránsito Aéreo - ATM* (1st ed.)

Organización de Aviación Civil Internacional. (2020). *Doc. 9868 Procedimientos para Los Servicios de Navegación Aérea (Tercera ed.)*.
<https://www.icao.int/APAC/RASG/SafetyTools/19%20%20Procedures%20for%20Air%20Navigation%20Services%20Training-PANS-TRG%20Doc%209868.pdf>.

Bernal, C. A. (2016). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales (Cuarta ed.)*. Pearson Educación de Colombia.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Optimización del Entrenamiento de Pilotos de aeronaves A-29B Supertucano mediante un Modelo Basado en Competencias



Fuente: Fuerza Aeroespacial Colombiana (2023)

CT. Juan Felipe González Castro

juan.gonzalezc@fac.mil.co

Información del autor: Oficial piloto de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, Profesional en Ingeniería Mecánica de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez, estudiante de Maestría de seguridad.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-1141-2162>

CvIac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002361009

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

La optimización de los recursos en la Fuerza Aeroespacial Colombiana [FAC] es fundamental para mantener el entrenamiento de sus tripulaciones en el desarrollo de las operaciones aéreas con los más altos estándares de seguridad, lo que garantiza el cumplimiento de la misión institucional: Volar, Entrenar y Combatir para vencer (FAC, 2020, p. 9-1).

En el contexto actual, uno de los principales desafíos es identificar los elementos clave que faciliten una transición adecuada entre el modelo de entrenamiento actual, el cual está basado en horas de vuelo (FAC, 2022, p. 101), a un nuevo modelo de entrenamiento por competencias, el cual se caracteriza por su enfoque en el desempeño, y hace énfasis en los estándares de rendimiento (OACI, 2020, p. 1-1-2). Esta transición debe realizarse de manera eficiente, maximizando

todos los recursos logísticos, administrativos y operativos disponibles en la institución, previendo un escenario con menos horas de vuelo disponibles, pero sin comprometer la calidad del entrenamiento, buscando, por el contrario, alcanzar un nivel de “maestría” en la aviación.

El concepto de “maestría” en la aviación ya ha sido previamente estudiado. Gladwell (2008), en *La historia del éxito*, propone la regla de las 10.000 horas de práctica como requisito fundamental para alcanzar la maestría en cualquier disciplina. Lo que, aplicado a la aviación, significa que un piloto podría alcanzar el grado de maestría tras completar 10.000 horas de vuelo. Sin embargo, Millán (2022) plantea que la maestría en aviación no solo depende de la cantidad de horas acumuladas, sino también de conocimiento aeronáutico, habilidades aeronáuticas, disciplina de vuelo, conciencia/alerta situacional, toma de decisiones, entrenamiento, entre otros. Para ello, introduce el concepto de *airmanship*, definido como “el profesionalismo y/o maestría requerida por las tripulaciones de vuelo, enfocada a efectuar el correcto desarrollo de las operaciones aéreas” (p.2).

En relación con este proyecto, se analizaron las necesidades de entrenamiento de los pilotos de la aeronave A29B Supertucano, uno de los escuadrones más versátiles en la FAC, lo que permite que el resultado de la investigación, sea replicable y adaptado en todos los demás escuadrones de acuerdo con sus necesidades particulares de entrenamiento, teniendo en cuenta, que recopila la información actual de las mejores prácticas y tendencias de la aviación mundial, además se alinea con el propósito de la International Air Transport Association [IATA] (2024): “integrar los datos de entrenamiento en el sistema de gestión de seguridad con el objetivo de mejorar la seguridad operacional, afrontando la creciente complejidad del sistema aeronáutico debido a la aparición de nuevos modelos de operación” (p. 2).

Una vez completado el estado del arte y con el fin de iniciar la transición entre los modelos de entrenamiento, se definió el modelo adaptado de competencias para los pilotos de Supertucano, lo cual se llevó a cabo gracias a la triangulación de datos obtenidos previamente por Rodríguez y Ramírez (2023) en el libro inventario de competencias clave para los pilotos de la FAC, el análisis de los reportes de seguridad del escuadrón entre los años 2020-2024 y un cuestionario aplicado a los pilotos más experimentados.

Definidas las competencias, se diseñó una herramienta en el programa Microsoft Excel que permite la creación de escenarios bajo la metodología Line Oriented Simulations [LOS], la cual fue adaptada por el investigador, a la aviación de combate, utilizando la aeronave Supertucano y el simulador de vuelo, ya que esta metodología permite ser aplicada en cualquier escenario en donde el objetivo principal sea integrar el desempeño humano y operación de los sistemas de la aeronave de forma exitosa (Tunmer, 2010, p.31).

Esta herramienta permitió aplicar y colocar a prueba en misiones tanto de entrenamiento como de orden público, la matriz de evaluación y entrenamiento periódico Grupo 2 Aeronaves de Combate, Propuesta por Maestre (2022) en el

proyecto de investigación: “Diseño de una guía de Entrenamiento Basado en Evidencias EBT para los Pilotos de la FAC”, desarrollado en la Escuela de Postgrados de la FAC (p. 145)

Los resultados de estas calificaciones iniciales fueron evaluados y validados en un panel de expertos conformado por los pilotos instructores. Aunque la matriz propuesta es completamente aplicable, como resultado de este panel de expertos, se identificó la necesidad de diseñar una matriz de entrenamiento más específica, que permita la evaluación de las competencias en los diferentes roles y fases de entrenamiento de los pilotos, incluyendo todas las maniobras que se encuentran en el Programa de Instrucción y Entrenamiento del Escuadrón.

Finalmente, se propone un nuevo programa de entrenamiento basado en competencias y evidencias que permite optimizar cerca del 30% en las horas de vuelo en un curso de piloto inicial, y aproximadamente en el 50% las horas de vuelo para un entrenamiento recurrente, lo cual se encuentra fundamentado en la integración de escenarios basados en datos estadísticos, la evaluación por competencias en misiones de vuelo real y un programa que fortalece el uso del simulador de vuelo para el entrenamiento de las tripulaciones en relación a la cantidad de horas voladas mensualmente.

El siguiente paso para la Fuerza Aeroespacial Colombiana, es consolidar esta propuesta, mediante la integración de herramientas tecnológicas (TIC). La digitalización e integración de las bases de datos permitirá recopilar, almacenar y analizar la información de forma práctica y eficaz, facilitando un seguimiento personalizado a cada piloto y evaluando constantemente las necesidades de entrenamiento desde el nivel organizacional.

Palabras clave: Airmanship, Competencias, Entrenamiento, Escenarios, Optimización.

Abstract

The optimization of resources within the Colombian Aerospace Force (FAC) is essential to maintaining high training standards for flight crews, ensuring the consistent fulfillment of the institutional mission: Fly, Train, and Fight to Win (FAC, 2020, p. 9-1). As resource constraints increase, the institution faces the critical challenge of sustaining operational readiness while preserving the highest levels of flight safety.

One of the primary challenges in this context is facilitating the transition from a traditional flight-hours-based training model (FAC, 2022, p. 101) to a competency-based approach that emphasizes performance and proficiency standards (ICAO, 2020, p. 1-1-2). This transition must be implemented efficiently, leveraging all available logistical, administrative, and operational resources. While it anticipates a reduction in total flight hours, it does not compromise training quality. On the contrary, it aims to achieve true mastery in aviation performance.

The concept of "mastery" in aviation has been previously explored. In *Outliers: The Story of Success*, Gladwell (2008) proposed the "10,000-hour rule" as a benchmark for achieving expertise in any field. Applied to aviation, this would suggest that pilots attain mastery after accumulating 10,000 flight hours. However, Millán (2022) challenges this idea, arguing that mastery is not solely defined by flight time but by a broader set of factors including aeronautical knowledge, flight skills, discipline, situational awareness, decision-making, and ongoing training. He introduces the concept of airmanship, defined as "the professionalism and/or mastery required by flight crews, focused on the proper execution of air operations" (p. 2).

This research analyzes the training needs of A-29B Super Tucano pilots, one of the most operationally versatile squadrons within the FAC. The results are intended to be replicable and adaptable to other squadrons based on their specific training profiles. The study integrates up-to-date insights from international best practices and aligns with the objectives set by the International Air Transport Association (IATA, 2024), which advocates for the integration of training data into the safety management system to enhance safety in response to the increasing complexity of modern aviation systems.

Following a review of the state of the art, a competency-based training model tailored to Super Tucano pilots was developed. This model was constructed using data triangulation, incorporating: (1) the competency framework proposed by Rodríguez and Ramírez (2023) in *Inventory of Key Competencies for FAC Pilots*, (2) an analysis of squadron-level safety reports from 2020 to 2024, and (3) a questionnaire completed by the most experienced FAC pilots. Together, these sources enabled the identification of core competencies relevant to both operational performance and institutional safety goals.

Once the competencies were established, a tool was developed using Microsoft Excel to create training scenarios based on the Line Oriented Simulations (LOS) methodology. This methodology, originally used in civil aviation, was adapted for combat aviation by the researcher using both the Super Tucano aircraft and its flight simulator. LOS focuses on replicating realistic mission environments where human performance and aircraft systems interact dynamically (Tunmer, 2010, p. 31).

This tool facilitated the implementation of an evaluation matrix and structured training sessions within Combat Aircraft Group 2. The matrix was originally proposed by Maestre (2022) in his project *Design of an Evidence-Based Training Guide (EBT) for FAC Pilots* (p. 145) and served as the foundation for measuring performance in various simulated and real operational contexts.

The initial evaluation outcomes were reviewed by a panel of expert instructor pilots. While the matrix proved effective, the panel recommended refining it further by tailoring evaluation criteria to specific roles and training phases. This included coverage of all maneuvers defined in the Squadron's Instruction and Training Program, thus ensuring alignment between competency evaluation and mission-readiness requirements.

The outcome of this research was the proposal of a new competency- and evidence-based training program that optimizes the use of flight hours. Preliminary estimates indicate potential savings of approximately 30% in initial pilot training and up to 50% in recurrent training. These efficiencies are achieved by integrating data-driven training scenarios, conducting in-flight competency-based assessments, and strengthening the use of simulators relative to monthly flight hour allocations.

Looking ahead, the Colombian Aerospace Force is encouraged to consolidate this model by incorporating technological tools (ICT). The digitalization and integration of training databases will facilitate the collection, storage, and analysis of performance data, allowing for personalized tracking of each pilot's progress and the continuous identification of institutional training needs. This technological transition is key to sustaining long-term improvements in training quality, resource use, and operational safety.

Keywords: Airmanship, Competencies, Training, Scenarios, Optimization.

Referencias

Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2020). *Manual de Doctrina Básica Aérea, Espacial y Ciberespacial – DBAEC* (5ª ed.). Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial. https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/manual_de_doctrina_basica_aerea_espacial_y_ciberespacial_fac-0-b_dbaec_2020.pdf

Fuerza Aeroespacial Colombiana. (2022). *Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (MINEV), FAC-7.2-R* (5ª ed., 1ª enmienda). Jefatura de Educación Aeronáutica y Espacial. https://www.fac.mil.co/sites/default/files/linktransparencia/Planeacion/Manuales/manuales2022/pogev_2020.pdf

Gladwell, M. (2008). *Outliers: The story of success*. Little, Brown & Co. https://course-notes.org/sites/www.course-notes.org/files/uploads/archive/other/gladwell_malcolm_outliers_the_story_of_success.pdf

International Air Transport Association (IATA). (2024). *Competency-based training and assessment (CBTA) expansion within the aviation system*. IATA. <https://www.iata.org/contentassets/c0f61fc821dc4f62bb6441d7abedb076/cbta-expansion-within-the-aviation-system.pdf>

International Civil Aviation Organization (ICAO). (2020). *Procedures for air navigation services — Training (PANS-TRG) (Doc 9868, 3rd ed.)*. ICAO. <https://www.icao.int/sam/documents/2016-cbt/module%204-3%20doc%209868.alltext.incl%20amdt%204.pdf>

Millán, G. (2022). *Airmanship: Revisión de la literatura, elementos clave para nuevos pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana*. [Tesis de maestría, Escuela de Posgrados Fuerza Aérea Colombiana].

Maestre, L. (2022). *Diseño de una guía de Entrenamiento Basado en Evidencias EBT para los Pilotos de la FAC* [Tesis de maestría, Escuela de Posgrados Fuerza Aérea Colombiana]. Repositorio institucional. <https://repositorio.crai-fac.com/xmlui/handle/20.500.12963/928>

Rodríguez Suárez, C., & Ramírez Segura, B. F. (2023). *Inventario de competencias clave para los pilotos de la FAC*. Escuela de Postgrados de la FAC. <https://doi.org/10.18667/99789585245655>

Tunmer, H. (2010). *Line oriented flight training guide: LOFT facilitator course for general aviation*. South African Civil Aviation Authority. <https://caasanwebsitestorage.blob.core.windows.net/aviation-personnel-standards/Line%20Oriented%20Flight%20Training%20Guide.pdf>

Identificación inicial de las competencias para la operación segura de los sistemas RPA Hermes 450 y 900



Fuente: Fuerza Aeroespacial Colombiana (2024).

CT. Eliana Katalina Coronado Hamón
eliana.coronado@fac.mil.co

Oficial Fuerza Aeroespacial Colombiana, Ingeniera Informática de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez, Maestrante en Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la FAC, Piloto de Aeronaves Remotamente Pilotadas, actualmente jefe del Centro de Comando y Control Base Aérea CACOM-2.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2836-2445>

CvIac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001637693

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

En el presente estudio se busca brindar una aproximación acerca de las competencias técnicas y no técnicas requeridas para cada uno de los cargos de operación de los sistemas Hermes 450 y 900 de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC); teniendo en cuenta que la aviación no tripulada ha transformado significativamente las operaciones militares y de seguridad en diversas fuerzas aéreas del mundo.

En primer lugar, se resalta que los avances tecnológicos a nivel mundial y en especial los aplicados a la industria militar, han optimizado la operación aérea, la seguridad y fortalecido la eficiencia operativa mediante innovaciones estratégicas que permiten cumplir las misiones institucionales definidas (Cáceres León & Alvarado Ortega, 2023). Asimismo, los Sistemas Remotamente Pilotados (RPAS, por sus siglas en inglés) han transformado la planificación y ejecución de las misiones al reducir la exposición del personal en zonas de riesgo, mejorar las capacidades de vigilancia y ampliar las posibilidades tácticas en el campo de batalla (Páez López et al., 2020).

En este contexto, los RPAS Hermes 450 y 900 han sido empleados por la FAC para misiones de vigilancia, reconocimiento y apoyo estratégico. Sin embargo, la operación segura y eficiente de estos sistemas requiere de un conjunto de competencias profesionales que permitan mitigar riesgos asociados al factor humano y garantizar altos estándares de seguridad operacional (Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), 2011).

Por otra parte, debido a la ausencia en la literatura de las competencias requeridas para la operación de sistemas RPAS complejos como los Hermes, en esta investigación se pretende identificar las competencias para operar estos sistemas, mediante el análisis de incidentes de los últimos 10 años, cuestionarios y entrevistas a personal experto en estos sistemas, de manera que la evaluación de las competencias se considera la base fundamental para equilibrar la intervención humana y la automatización (Mazza, 2023).

Como lo plantean (Williams¹ et al., 2023) y (Mazza, 2023) en sus investigaciones sobre operación de aeronaves no tripuladas en el ámbito militar y el estudio previo de competencias, habilidades, conocimientos y otras características para RPAS, se resalta la importancia que tienen las habilidades técnicas y no técnicas para la operación de este tipo de aeronaves; de igual manera, se resalta que factores tales como: toma de decisiones, gestión del riesgo y conciencia situacional reducen la materialización de incidentes operacionales (Corzo Zamora et al., 2020).

En este sentido, la presente investigación contribuye a la literatura existente al proporcionar una aproximación sobre la pertinencia de las competencias en el contexto operativo de la FAC, con el propósito de mejorar la formación y el desempeño del personal a cargo de estos sistemas tomando como referencia las competencias establecidas por la OACI, 2013; resaltando la relación entre los factores humanos y la seguridad en la operación de los RPAS Hermes. Esto se logra, a través del análisis de datos históricos y la percepción de los operadores expertos, en donde se espera generar insumos que permitan mejorar los procesos de formación en la FAC y fortalecer la cultura de seguridad en la aviación no tripulada.

Continuando con el desarrollo de la investigación, en primer lugar, se analizaron 32 incidentes de los sistemas Hermes 450 y 900 (2014-2024) desde la base de datos de la Inspección General de la FAC, clasificándolos en factores humano, operacional y técnico; de los cuales seis casos estuvieron relacionados

con el factor humano y dos fueron incidentes graves con daños estructurales, de igual manera este análisis permitió identificar las competencias que tuvieran mayor relevancia en la ocurrencia de dichos incidentes, en las que se visibilizan la toma de decisiones, gestión de la trayectoria manual, aplicación de procedimientos y conciencia situacional.

Así mismo, con el fin de obtener datos cualitativos, y poder explorar las perspectivas internas de los participantes en la investigación (Hernández-Sampieri et al., 2018), se realizó un cuestionario al personal de instructores de los sistemas Hermes para evaluar la pertinencia en definir competencias técnicas y no técnicas para cada uno de los roles de los sistemas Hermes (Operador Interno, Operador Externo y Operador de Equipos Especiales). Este cuestionario constó de ocho preguntas, en las cuales se analizó la aplicación, ventajas, desafíos de las competencias y fases críticas del vuelo en donde se requiere tener mayor atención, se debe agregar que, se identificaron en primera medida que, competencias como la comunicación, resolución de problemas, toma de decisiones y toma de conciencia situacional, como las competencias más relevantes para la operación de los RPAS.

De igual manera, para describir el comportamiento de los operadores en cada uno de los cargos desempeñados se utilizó lo descrito por Alles, (2006) en donde a través de relatos de situaciones críticas, se identifican los comportamientos de las personas para el desarrollo de una tarea; lo cual permitió elaborar y aplicar una entrevista de eventos críticos a ocho operadores de los sistemas Hermes para evaluar e identificar la influencia de las competencias recomendadas por OACI en su desempeño; se aplicaron 24 preguntas relacionadas a estas competencias y dos adicionales sobre su percepción individual sobre competencias requeridas en cada uno de los cargos o que sirvieran como objeto de estudio de la investigación. Como resultado de ello se identificaron habilidades clave para cada rol y patrones de comportamiento que afectan la seguridad y eficiencia operativa. Estos hallazgos permitirán definir y validar las competencias a través de un panel de expertos, asegurando una mejor alineación entre las exigencias operacionales y las capacidades humanas.

Resumiendo lo planteado en los párrafos anteriores, se evidencia que el avance de los sistemas remotamente pilotados ha revolucionado las operaciones militares, optimizando la vigilancia, el reconocimiento y la seguridad operacional; no obstante, su operación segura y eficiente sigue dependiendo en gran medida de las competencias técnicas y no técnicas del personal a cargo de su operación, lo que resalta la necesidad de identificar, evaluar y fortalecer dichas habilidades, de manera que los resultados obtenidos permitan confirmar que el análisis de los expertos y operadores facilitan la identificación de competencias críticas en cada rol, proporcionando una base sólida para su validación y jerarquización.

Palabras clave: Competencias, Habilidades, Hermes, Factores Humanos, RPA.

Abstract

This study aims to provide a structured analysis of the technical and non-technical competencies required for each operational role involved in the use of the Hermes 450 and 900 systems within the Colombian Aerospace Force (FAC). Unmanned aviation has profoundly transformed military and security operations across global air forces, introducing new mission capabilities, while demanding updated human performance standards.

Technological advancements, particularly in the military sector, have enhanced air operations and security through innovations that improve strategic effectiveness and support the fulfillment of institutional missions (Cáceres León & Alvarado Ortega, 2023). In this regard, Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) have redefined mission planning and execution by reducing personnel exposure in high-risk environments, strengthening real-time surveillance, and expanding tactical possibilities in combat and reconnaissance scenarios (Páez López et al., 2020).

In the Colombian Air Force-FAC, the Hermes 450 and 900 platforms are employed for surveillance, intelligence, reconnaissance, and strategic support missions. However, the safe and effective operation of these systems requires a specific set of professional competencies to mitigate human factor-related risks and uphold high standards of operational safety (ICAO, 2011). Despite the increasing adoption of RPAS technologies, there is still a notable lack of literature detailing the required competencies for operating such complex systems, particularly within a military context.

To address this gap, this study seeks to identify and define the critical competencies necessary for the operation of the Hermes systems. This was accomplished through a triangulated methodology involving the analysis of incident reports over the last ten years, as well as structured questionnaires and interviews with expert RPAS personnel. This approach is grounded in the premise that competency assessment forms the basis for balancing automation with human oversight (Mazza, 2024).

Previous studies by Williams et al. (2023) and Mazza (2024) have emphasized the importance of both technical and non-technical skills in RPAS operation, highlighting decision-making, risk management, and situational awareness as key factors in minimizing operational incidents (Corzo Zamora et al., 2020). Building on these insights, this research contributes to the existing body of knowledge by proposing a tailored set of competencies for Hermes operators in the FAC, aligned with ICAO guidelines (2013) and focused on improving training quality and safety performance.

The study began with an analysis of 32 incidents involving Hermes 450 and 900 systems between 2014 and 2024, based on records from the General Inspectorate of the FAC. These incidents were categorized into human, operational, and technical causes. Six were directly related to human factors, with two resulting in significant structural damage. This analysis revealed recurrent deficiencies in competencies such as decision-making, manual trajectory control, procedural

adherence, and situational awareness, all of which played a role in the occurrence of these incidents.

To gather qualitative insights, a questionnaire was done to Hermes instructor personnel. This instrument aimed to evaluate the relevance and clarity of both technical and non-technical competencies across the three main operator roles: Internal Operator, External Operator, and Special Equipment Operator. The eight-question survey explored competency application, perceived benefits, operational challenges, and critical flight phases requiring heightened attention. Communication, problem-solving, decision-making, and situational awareness emerged as the most valued competencies in this operational environment.

In addition, the behavioral analysis framework proposed by Alles (2006) was applied to describe the actions and reactions of operators during critical situations. This supported the development of critical incident interviews with eight Hermes system operators, designed to evaluate how ICAO-recommended competencies influenced their performance. A total of 24 questions were asked, plus two additional items exploring their personal perception of role-specific requirements. The findings from these interviews revealed key skills associated with each operator role, as well as behavioral patterns with direct implications for flight safety and mission efficiency.

These results will inform the development of a validated competency model, supported by expert judgment. A forthcoming expert panel will help consolidate and prioritize competencies to ensure alignment between operational demands and human capabilities. This step is essential to transform implicit operational knowledge into structured training and assessment tools.

In conclusion, the rise of RPAS in military aviation has revolutionized mission execution by enhancing surveillance, reconnaissance, and operational safety. However, their effective and safe use continues to rely heavily on the technical and non-technical competencies of the personnel operating them. Consequently, this study confirms that expert and operator input is fundamental for identifying and validating the critical competencies required for each role, providing a strong foundation for improving training programs and reinforcing a culture of safety in unmanned aviation within the Colombian Aerospace Force.

Keywords: Abilities, Hermes, Human Factors, RPA, Skills.

Referencias

- Alles, M. A. (2006). *Selección Por Competencias*. Ediciones Granica.
- Cáceres León, R. H., & Alvarado Ortega, I. A. (2023). Sistemas aéreos remotamente tripulados en aplicaciones militares. *Ciencia y Poder Aéreo*, 18(2)10.18667/cienciaypoderaereo.792
- Corzo Zamora, M. A., Díaz Ariza, A., & Rodríguez Guerrero, N. I. (2020). Marcador somático y toma de decisiones en operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas. *Tesis Psicológica*, 15(1), 1–33. <https://doi.org/10.37511/tesis.v15n1a7>

- Hernández-Sampieri, R., Christian, D., & Torres, P. M. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V.
- Martínez, D y Maldonado, B. (2021) *Instrumento diagnóstico, de las Competencias Técnicas y no Técnicas para pilotos remotos del sistema Art Scaneagle de la Fuerza Aérea Colombiana* [Tesis de Maestría]. Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana.
- Mazza, M. (2024). *Tecnología UAV (Aeronaves No Tripuladas) para aplicarse en la defensa, vigilancia, y control de los espacios marítimos (Tesis de Maestría)*. Escuela de Guerra Naval, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2013). *Manual de Capacitación Basada en Evidencia*. [Data file] Recuperado de <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/3177.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2011). *Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*. [Data file] Recuperado de https://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_es.pdf
- Williams, K. W., Mofle, T. C., & Hu, P. T. (2023). *UAS Air Carrier Operations Survey: KSAO Requirements*. En Federal Aviation Administration (DOT/FAA/AM-23/12). Federal Aviation Administration. <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/UAS%20Air%20Carrier%20Operations%20Survey-KASO%20Requirements.pdf>

**Competencias no técnicas, otra mirada al liderazgo de
operaciones aéreas seguras.**



Fuente: Mayor Jefferson López Santos, 2018

MY. Hamilton Ferney Parra Ojeda
hamilton.parra@fac.mil.co

Oficial del cuerpo de vuelo del curso No. 82 e Ingeniero Informático de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, Maestrante en seguridad operacional, comandante del escuadrón de defensa aérea del CACOM-6.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-4423-7639>

Cvlac: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002359886

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

Los avances tecnológicos alcanzados en la aviación, en comparación con otras ciencias, han sido sustancialmente grandes, teniendo en cuenta su corta existencia en la historia de la humanidad, por ejemplo, en el presente ya es posible considerar la operación de vuelos automatizados o aquellos controlados de manera remota como una realidad, dejando de lado el concepto de ser una operación imposible de ejecutar, y con niveles aceptables de riesgo operacional en situaciones

complejas, de alto riesgo. Otro aspecto positivo para la ciencia y sus investigadores es el reconocimiento del factor humano sin importar el campo de investigación, como el responsable final tanto de sus avances como de los errores inducidos o involuntarios que se puedan presentar durante las fases de desarrollo.

De acuerdo a lo anterior y refiriéndonos a términos aeronáuticos, es el hombre quien influye de manera directa e intrínseca entre un 70 a un 80%, como el factor causal de la mayoría de incidentes y accidentes en la aviación (Boeing Commercial Airplanes, 2009; Di Nocera, Fabrizi, Terenzi y Ferlazzo, 2006; Gaur, 2005; Inglis, Sutton y McRandle, 2007; International Air Safety Association [IATA], 2009; Krulak, 2004; Li y Harris, 2006; Rayman, 2005; Shappell, Detwiler, Holcomb, Harkworth, Boquet y Wiegmann, 2007; Wiegmann y Shappell 2003). Por esto, Esta investigación tiene como fin demostrar que estos factores pueden ser modificados o corregidos impactando directamente los factores de conducta que integran las diferentes competencias no técnicas (CNT).

El concepto de las CNT se ha explorado muy poco a nivel mundial en el campo de la aviación, siendo mencionados en pocas fuentes bibliográficas y con información muy general en textos nacionales como el Programa de prevención de accidentes por factores humanos CRM y competencias de la FAC (2023), el Manual de Funciones y Competencias Personal Militar de la FAC (2022), e internacionales como el Manual de instrucción basada en datos comprobados de la OACI (2013) y el Air Force Handbook 36-2647, Competency Modeling de la USAF (2022), con un común denominador entre las CNT encontradas en estas fuentes son sus indicadores de conducta (IDC), que para esta investigación serian aquellas que se esperan de cada individuo adopte de acuerdo a su formación personal y profesional dentro de una organización y que marcarían la diferencia entre el feliz término de una operación en situaciones normales o de crisis. Sanchez L. (2010).

Teniendo clara la importancia de las CNT, este concepto no es ajeno a la relevancia que tiene la formación integral del personal militar en todos los tipos de competencias de acuerdo a las necesidades y requisitos que tenga la fuerza aeroespacial colombiana (FAC), por ello esta investigación se centró en la necesidad de perfilar con las CNT idóneas a los futuros comandantes de escuadrones de vuelo (CEV) de la FAC, siendo ellos los responsables del planeamiento, ejecución y supervisión de las operaciones aéreas de cada una de sus flotas para que operen de manera segura, reduciendo la materialización de los riesgos e impedir la pérdida del recurso humano, equipo y material aeronáutico, y contar la mayor disponibilidad de poder aeroespacial el país siendo vital para la el sostenimiento de la soberanía nacional.

Para definir las CNT de los CEV, Inicialmente fue pertinente realizar una revisión documental, científica y referenciada acerca de la CNT aplicadas en aviación a nivel mundial, donde se fueron identificando un gran conjunto de CNT, las cuales fueron preliminarmente clasificadas por su impacto en la seguridad operacional ya sea por la existencia o usencia de las mismas dentro de las

conductas de debe tener un CEV, dando paso al primer diccionario de competencias.

Segundo paso, continuar con la revisión documental con un enfoque institucional donde se incluyó el primer diccionario y para ser verificado con las bases de datos documentadas pertenecientes a la FAC, referentes a los reportes de los sucesos de seguridad operacional de todas las flotas de aeronaves, donde su causa raíz fueron factores humanos, contrarrestar estos datos permitió definir la frecuencia en las omisiones y ausencias de las competencias del diccionario por parte de los CEV de esas flotas, siendo un factor contribuyente en la materialización de mencionados sucesos, las competencias que presentaron la mayor frecuencia en mencionadas variables se reclasificaron y definieron el segundo diccionario de CNT.

El siguiente paso en la investigación conllevó a la aplicación de una encuesta estructurada, aplicada a una muestra de los actuales CEV en funciones en las diferentes unidades militares aéreas de la fuerza, a fin de conocer el concepto personal de cada uno de los CEV acerca de las CNT, utilizando un método de autoevaluación, cuestionándoles de manera intrínseca sobre que IDC, (cinco de ellas pertenecientes a cada una de las CNT de segundo diccionario) deberían adoptar sus pares para liderar operaciones aéreas de manera segura, también se les solicitó a nivel personal y de acuerdo a su experiencia, cuales CNT deberían tener los CEV para este mismo fin dentro de la fuerza, la síntesis y clasificación de los nuevos datos recolectados dependió directamente del número de indicadores de conducta elegidos por cada CEV, teniendo como criterio la selección de tres o más IDC para que su competencia pudiera ser tomada en cuenta para la integración del nuevo tercer diccionario. Las demás competencias que sus indicadores cumplieron con el criterio de selección, junto con las competencias indagadas a nivel personal a la muestra, se clasificaron dentro del tercer diccionario bajo el concepto de mayor observación.

Para la siguiente y última fase de investigación, se contó con la participación de un grupo focal, Hernández R. & M. (2018) conformado por un personal de la FAC con la trayectoria, experiencia y los conocimientos idóneos en operaciones aéreas, factores humanos y seguridad operacional; donde se les expuso los resultados en este punto de la investigación traducidos en el tercer diccionario de competencias y el proceso llevado a cabo para su caracterización, con el fin de brindarles las herramientas suficientes para que mediante el consenso de sus conocimientos y las evidencias de la investigación, se lograra la definición de las competencias definitivas a ser tomadas en cuenta para la perfilación y nombramiento de los futuros CEV y el descarte de aquellas que a su concepto definitivamente no contribuirían a la ejecución de operaciones aéreas seguras. Dando paso a la caracterización del cuarto y definitivo diccionario de CNT, que posteriormente será expuesto por parte del investigador al alto mando de la fuerza, socializando el proceso de la investigación, los resultados encontrados, las deficiencias, debilidades y ausencia que presentan actualmente los CEV en sus CNT y solicitando sean tomadas en

cuenta para el perfilamiento a futuro de este cargo mediante su inclusión dentro del manual de funciones y competencias de la FAC.

Palabras clave: comandante de escuadrón de vuelo, competencias no técnicas, indicador de conducta, aviación militar y factores humanos.

Abstract

Technological advancements in aviation, compared to other scientific fields, have been remarkably significant, especially considering the relatively recent emergence of aviation in human history. Today, the operation of automated or remotely piloted flights is not only feasible but a present-day reality, executed with acceptable levels of operational risk, even in highly complex and high-stakes environments. A parallel development in the scientific domain is the increasing recognition of the human factor across disciplines, now widely acknowledged as both the primary enabler of progress and a potential source of error—whether accidental or systemic—during critical phases of development.

Within the context of aviation, this human influence is especially pronounced. Numerous studies estimate that approximately 70% to 80% of incidents and accidents are attributable to human factors (Boeing Commercial Airplanes, 2009; Di Nocera et al., 2006; Gaur, 2005; Inglis et al., 2007; IATA, 2009; Krulak, 2004; Li & Harris, 2006; Rayman, 2005; Shappell et al., 2007; Wiegmann & Shappell, 2003). This research is therefore based on the premise that such factors are not static but can be modified or mitigated through targeted intervention in behavioral domains—particularly those grouped under the concept of Non-Technical Skills (NTS).

The notion of NTS, while increasingly relevant, remains underdeveloped in aviation literature. Global references to the concept are still relatively scarce and tend to be general in nature. Noteworthy sources include national documents such as the Colombian Aerospace Force's (FAC) 2023 CRM and Human Factors Accident Prevention Program and the 2022 Military Personnel Roles and Competency Manual, as well as international references like ICAO's 2013 Evidence-Based Training Manual and the USAF's 2022 Air Force Handbook 36-2647: Competency Modeling. A common thread across these sources is their emphasis on behavioral indicators (BI), which in this study are understood as the observable behaviors expected from individuals based on their personal and professional development within an organization. These behaviors can be decisive in determining mission success or failure, both under routine and emergency conditions (Sanchez L., 2010).

Given the critical importance of NTS in high-stakes operational environments, this study focused on identifying the specific competencies required by future Flight Squadron Commanders (FSCs). These individuals play a central role in the planning, execution, and supervision of air operations, bearing direct responsibility for maintaining operational safety, reducing the likelihood of incidents, protecting personnel and assets, and optimizing the operational readiness of aerospace resources in defense of national sovereignty.

The initial phase of the research involved a systematic literature review of NTS applications within global aviation contexts. This process allowed for the identification of a broad spectrum of skills, which were then preliminarily classified according to their potential impact on operational safety—specifically, based on whether their presence or absence could influence the performance expected from FSCs. The outcome of this phase was the construction of an initial NTS dictionary.

The second phase consisted of institutional document analysis. The initial dictionary was cross-referenced with the FAC's operational safety reports from across all aircraft fleets, focusing on cases where human factors were identified as root causes. This comparative analysis enabled the identification of recurring omissions or weaknesses in key competencies, thereby supporting the refinement and reclassification of the initial list into a more focused second NTS dictionary.

In the third phase, a structured survey was administered to a representative sample of active FSCs from different operational units. The objective was to gather insight into which behavioral indicators—five per competency listed in the second dictionary—they believed were essential for safe leadership in air operations. Respondents also contributed their own perspectives on which NTS were most critical for fulfilling the demands of the role. Data were synthesized by analyzing the frequency of indicator selection, with competencies receiving three or more behavioral indicators qualifying for inclusion in a third version of the dictionary. Competencies identified independently by participants were also incorporated, ensuring that the final list reflected both institutional priorities and frontline operational experience.

In the final phase, a focus group was conducted (Hernández R. & M., 2018), composed of FAC personnel with recognized expertise in air operations, human factors, and aviation safety. Participants were presented with the research methodology, key findings, and the third version of the competency dictionary. The objective of this phase was to validate the proposed NTS model through evidence-based consensus. Competencies not deemed relevant to the safe execution of air operations were excluded. This validation process culminated in the creation of a fourth and final version of the NTS dictionary.

This final set of competencies will be formally submitted to the senior leadership of the Colombian Aerospace Force. The researcher will present a comprehensive report detailing the investigative process, findings, identified competency gaps, and a strategic proposal for incorporating these NTS into the FAC's official Role and Competency Manual. This integration aims to standardize the profiling, selection, and development of future FSCs, reinforcing operational safety and leadership effectiveness across the institution.

Keywords: Flight Squadron Commander, Non-Technical Skills, Behavioral Indicator, Military Aviation, Human Factors.

Referencias

- Boeing Commercial Airplanes. (2009). Statistical Summary of Comercial Jet Airplane Accidents: Worlwide Operations 1959-2008. Recuperado el 15 enero, 2010, de <http://www.boeing.com>
- Fuerza Aérea Colombiana (2023)., Programa de prevención de accidentes por factores humanos CRM y competencias – tercer anexo.
- Fuerza Aérea Colombiana (2022). *Manual de Funciones y Competencias Personal Militar Tercera Edición*. [MFCPM].
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2013). *Manual de instrucción basada en datos comprobados* (Primera edición, Doc 9995 AN/497). Canadá: OACI.
- United States Air Force. (2022), Air Force *Handbook 36-2647, Competency Modeling*.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill
- Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Bogotá: ECOE.
- https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Tobon4/publication/319310793_Formacion_integral_y_competencias_Pensamiento_complejo_curriculo_didactica_y_evaluacion/links/59a2edd9a6fdcc1a315f565d/Formacion-integral-y-competencias-Pensamiento-complejo-curriculo-didactica-y-evaluacion.pdf
- García, M., Aguilar, M., Payan, E. & Forero, D. (2015). *Investigación bibliométrica de los trabajos de grado sobre liderazgo en las facultades de psicología de la ciudad de Bogotá* (Colombia). Universidad y Empresa, 17(28), 147-172. <https://www.redalyc.org/pdf/1872/187243060008.pdf>
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press <https://doi:10.1017/CBO9781139062367>
- Gonczi, A. & Athanasou, J. (1996). *Instrumentación de la educación basada en competencias. Perspectivas de la teoría y la práctica en Australia*. México: Limusa.
- Casas Barrios, A. M., Otálora Mosquera, C., & Ramírez Segura, B. F. (2021). *Propuesta de competencias no técnicas en pilotos militares de la Fuerza Aérea Colombiana*. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Chomsky, N. (1970). Aspectos de la teoría de la sintaxis. Madrid: Editorial Aguilar.

- Organización de Aviación Civil Internacional. (2018). *Manual de gestión de la seguridad operacional* (Segunda edición, Doc 9859 AN/474).
- Safety Management International Collaboration Group. (2013). *Principios de la toma de decisiones en basadas en el riesgo*, recuperado https://nanopdf.com/download/principios-de-la-toma-de-decisiones-basadas-en-el-riesgo_pdf
- Martínez, G., & Verónica, L. (2013). *Paradigmas de investigación. Manual multimedia para el desarrollo de trabajos de investigación. Una investigación desde la epistemología dialéctico-crítica. Paradigmas de Investigación*, <http://148.202.167.116:8080/jspui/handle/123456789/3790>
- Sánchez Rubio L. M. (2010). *El estudio del factor humano en accidentes de aviación. Pensamiento Psicológico*, 7(14), 141-153.
- Castellanos Tovar, C. J., & Guzmán Duran, A. (2012). *Construcción de una herramienta para la elaboración del perfil del piloto instructor de la fuerza aérea colombiana desde el modelo de competencias*. Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"
- Goodwyn, N., Beech, N., Garvey, B., Gold, J., Gulliford, R., Auty, T., Sajjadi, A., Arrigoni, A., Mahtab, N., Jones, S. y Beech, S. (2022), " *Volando alto, entrenamiento de pilotos pares para promover el bienestar y mitigar actitudes peligrosas* ", *European Journal of Training and Development*, vol. 48, pag. 214-233.
- <https://doi.org/10.1108/EJTD-09-2021-0136>.
- Rodríguez Suárez, C. & Ramírez Segura, B. F. (2023). *Inventario de competencias clave para los pilotos de la FAC*. Escuela de Postgrados de la FAC.

Entrenamiento en Single Pilot: Transformando la Ausencia en Oportunidad.



Fuente: Regino, P. (2024).

CT. Pedro Luis Regino Hernández

pedro.regino@fac.mil.co

Oficial piloto operacional del escuadrón Texan II T6-C, Ingeniero informático de la Escuela Militar de Aviación, especialista en Administración aeronáutica y aeroespacial de la Universidad Militar Nueva Granada, maestrante en Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de Fuerza Aérea Colombiana.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-5410-330X>

CvIac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvIac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002359881

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

La seguridad operacional en la aviación militar depende en medida de la capacidad de los pilotos para gestionar recursos en entornos exigentes, donde asumen todas las responsabilidades del vuelo. La Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) opera algunas aeronaves bajo la filosofía Single Pilot (SP), sin embargo, carece de un programa estructurado de entrenamiento en Single-Pilot Resource Management (SRM), obligando a los pilotos a desarrollar estrategias individuales para manejar la carga de trabajo y la toma de decisiones. Por esta razón, este estudio evalúa la viabilidad de implementar un entrenamiento en SRM en la Escuela

Internacional de Ala Fija para fortalecer la seguridad operacional y estandarizar la formación en operaciones en solitario.

La gestión de recursos es clave para la seguridad operacional en la aviación, en la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC), el Crew Resource Management (CRM) es fundamental en la formación de pilotos, enseñándoles a optimizar el uso de todos los recursos disponibles para operar una aeronave de forma segura y eficiente. Para el caso de la operación de vuelo en solitario, se hace referencia al Single-Pilot Resource Management (SRM), este tipo de entrenamiento no existe en la FAC, por lo que representa una oportunidad de mejora en la seguridad operacional en la institución. Mientras el CRM enfatiza la coordinación entre tripulantes, el SRM permite a los pilotos gestionar eficazmente recursos internos y externos para optimizar la toma de decisiones y la conciencia situacional en vuelos sin tripulación de apoyo (FAA, 2015).

En misiones de piloto único, la gestión eficaz del tiempo y la identificación de tareas críticas son esenciales para mitigar la fatiga y minimizar errores. La capacitación en SRM fortalece la toma de decisiones estructurada y la resiliencia en situaciones de alta presión, mejorando la capacidad del piloto para enfrentar imprevistos sin comprometer la seguridad. A pesar de que la creciente automatización en cabina ha reducido la carga de trabajo del piloto, esto también ha introducido nuevos desafíos, como la dependencia excesiva de los sistemas computarizados.

Por ello, resalta la importancia del SRM para equilibrar la supervisión manual con la automatización y mejorar la gestión del tiempo y la priorización de tareas en vuelos con un solo piloto. Además, Organismos como la FAA y la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) han reconocido la necesidad de programas de entrenamiento específicos para operaciones con un solo piloto.

La importancia del entrenamiento en SRM también es investigada por diferentes autores, por lo que se realizó, un análisis de fuentes en Scopus, Science Direct y Google Académico, el cual permitió seleccionar cinco estudios clave que respaldan la importancia de realizar un entrenamiento en SRM en la FAC. En primer lugar, Hyum et al. (2021) destacan la necesidad de entrenar a todos los actores de la aviación en SRM y CRM de manera periódica, subrayando la preponderancia de la conciencia situacional sobre otros factores, ya que esto permite reducir errores humanos y optimizar la toma de decisiones. Por su parte, Chenoweth et al. (2012) analizaron la implementación del SRM en la Fuerza Aérea de EE. UU., concluyendo que su éxito depende del respaldo institucional, formación estructurada y métricas de desempeño. Además, Levy (2017) examinó la aviación ejecutiva en Brasil, relacionando la falta de SRM con altos índices de accidentalidad, mientras que Greuel (2021) enfatizó la gestión de la carga de trabajo como el recurso más crítico en la operación con un solo piloto. Finalmente, Maranhão (2021) propuso un enfoque basado en cuatro pilares: toma de decisiones, gestión del riesgo, automatización de tareas y conciencia situacional, resaltando el papel de la psicología aeronáutica en la formación de pilotos.

Este estudio tuvo en cuenta la anterior información para realizar un análisis sobre la necesidad de incorporar un programa de entrenamiento en SRM dentro de la Escuela Internacional de Ala Fija (ESIAF), analizando el talento humano, la viabilidad económica y legal y evaluando su impacto en la seguridad operacional.

Por otro lado, con el fin de evaluar el conocimiento actual de los pilotos de la FAC sobre SRM, se realizó un cuestionario a 50 pilotos militares. Los resultados evidenciaron la necesidad de implementar un programa de entrenamiento enfocado en SRM para mejorar la gestión de cargas de trabajo y la toma de decisiones aeronáuticas. La estructuración de este entrenamiento debe alinearse con los estándares internacionales de seguridad operacional, como el Anexo 6 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y las directrices de la FAA sobre operaciones con un solo piloto.

Se utilizó una metodología basada en la integración de estrategias de gestión del riesgo, automatización de tareas, conciencia situacional, entre otras variables, utilizando las teorías de la toma de decisiones, andragogía y carga cognitiva. Con el fin de demostrar que la formación en SRM no solo fortalecerá las competencias de los pilotos de la FAC, sino que también contribuirá al desarrollo de un estándar institucionalizado para mejorar la seguridad en operaciones aéreas con un solo piloto.

En conclusión, este estudio resalta la importancia del entrenamiento en SRM como un pilar fundamental para optimizar la seguridad operacional en la aviación militar. A partir del análisis de las fuentes revisadas y los datos obtenidos, se evidencia que la ausencia de un copiloto incrementa la carga cognitiva y los riesgos asociados a la toma de decisiones bajo presión. Por ello se afirma que, la implementación de un entrenamiento de SRM en la Escuela Internacional de Ala Fija (ESIAF) permitiría fortalecer las habilidades de gestión del tiempo, priorización de tareas y uso eficiente de la automatización, reduciendo la probabilidad de errores humanos. Finalmente, se destaca que la institucionalización del SRM contribuiría a estandarizar prácticas seguras alineadas con normativas internacionales, mejorando la eficiencia y seguridad de las operaciones aéreas.

Palabras Clave: Entrenamiento, cargas de trabajo, Single-Pilot Resource Management, toma de decisiones y seguridad operacional.

Abstract

Operational safety in military aviation depends significantly on a pilot's ability to manage resources in high-demand environments, where they bear sole responsibility for the flight. Within the Colombian Aerospace Force (FAC), certain aircraft are operated under the Single Pilot (SP) philosophy; however, there is currently no structured training program dedicated to Single-Pilot Resource Management (SRM). As a result, pilots are left to develop individual strategies for workload management and decision-making during solo operations. This study

evaluates the feasibility of implementing an SRM training program at the International Fixed Wing School (ESIAF), with the objective of strengthening operational safety and standardizing instruction for single-pilot missions.

Resource management is a cornerstone of aviation safety. In the FAC, Crew Resource Management (CRM) forms an integral part of pilot training, focusing on the optimal use of all available resources to ensure safe and efficient flight operations. While CRM addresses teamwork and coordination among multiple crew members, SRM equips solo pilots with tools to manage both internal and external resources independently. Despite the relevance of SRM in solo operations, the FAC has yet to formalize such training, representing a critical opportunity to improve risk mitigation in this operational context. According to the FAA (2015), SRM plays a vital role in enhancing situational awareness and decision-making in the absence of a supporting crew.

In single-pilot missions, effective time management, task prioritization, and fatigue mitigation are essential to reducing human error. SRM training supports structured decision-making and enhances resilience in high-pressure situations, enabling pilots to respond appropriately to unexpected events without compromising safety. While cockpit automation has eased certain aspects of workload, it has also introduced new challenges, including the risk of overreliance on automated systems and the potential erosion of manual flying skills.

Consequently, SRM is indispensable for balancing human oversight with automation, promoting safer and more efficient single-pilot operations. Aviation regulatory bodies such as the FAA and the European Union Aviation Safety Agency (EASA) have acknowledged the necessity of implementing specialized training programs for solo-flight missions, highlighting SRM as a critical component of modern pilot competence frameworks.

The importance of SRM training has been addressed in various academic and institutional studies. A source analysis conducted via Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar identified five key contributions supporting its integration within the FAC. Hyun et al. (2021) emphasized the need for ongoing SRM and CRM training across all aviation personnel, identifying situational awareness as a pivotal factor in minimizing human error. Chenoweth et al. (2012) analyzed the U.S. Air Force's implementation of SRM, concluding that its success requires institutional commitment, structured methodology, and measurable outcomes. In a study of Brazilian executive aviation, Levy (2017) associated high accident rates with the absence of formal SRM training. Greuel (2021) underscored workload management as the most critical competency in solo operations. Maranhão (2021) proposed a model based on four pillars—decision-making, risk management, task automation, and situational awareness—emphasizing the role of aviation psychology in modern pilot training.

Drawing on this body of knowledge, the present study examined the need to implement SRM training at ESIAF. The analysis considered human resource

capacity, legal feasibility, budget implications, and potential impact on operational safety within the FAC. To evaluate current awareness levels among pilots, a structured questionnaire was administered to 50 military aviators. The findings confirmed a strong need for formal SRM training to improve workload handling and aeronautical decision-making, particularly in solo operations. The design of this training must align with international safety standards, such as ICAO Annex 6 and FAA guidance for single-pilot operations.

The proposed methodology for SRM training incorporates risk management strategies, task automation principles, and situational awareness development, drawing on theoretical foundations in decision-making, andragogy, and cognitive load theory. The goal is not only to enhance the performance of FAC pilots but also to establish an institutional standard that contributes to long-term improvements in safety and training quality for solo missions.

In conclusion, this study affirms that SRM training is a fundamental pillar for improving operational safety in military aviation. The analysis of current literature and empirical data reveals that the absence of a copilot significantly increases cognitive workload and the potential for decision-making errors under pressure. Implementing SRM training at ESIAF would enhance pilots' time management, task prioritization, and effective use of cockpit automation, thereby reducing the risk of human error. Furthermore, institutionalizing SRM would support the standardization of safe practices, ensuring compliance with international regulations and contributing to the efficiency and safety of air operations in the Colombian Aerospace Force.

Keywords: Training, workload management, Single-Pilot Resource Management, decision-making, operational safety.

Referencias

- Administración Federal de Aviación. (2015). *Single-pilot crew resource management*. <https://www.faa.gov/newsroom/safety-briefing/single-pilot-crew-resource-management>
- Chenoweth, M., Moore, N., Cox, A., Mele, J. y Sollinger, J. (2012). *Best practices in supplier relationship management and their early implementation in the air force materiel command*. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA557695.pdf>
- Greuel, R. (2021). *O uso do SRM (Single-Pilot Resource Management) na aviação*. [Trabajo final del Curso de Ciencias Aeronáuticas, Universidad Do Sul de Santa Catarina Sasha Greuel Ramon] Ânima educação. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/3b489ae1-44b2-4ae7-aa26-22b88b50f908/download>

- Hyum, K., Kim, W., & Hong, S. (2021). A study on single pilot resource management using integral fuzzy analytical hierarchy process. *Safety*, 7(4), 84. <https://doi.org/10.3390/safety7040084>
- Levy, T. (2017). *Proposta de aplicação do SRM (Single-pilot Resource Management) e padronização do segmento privado da aviação no Brasil*. Conexão Sipaer, 8(2) <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/download/439/384>
- Maranhão, D. (2021). *Single pilot resource management: uma abordagem do CRM para voos monopilotados na Marinha do Brasil*. *Aviação Naval*. 81 <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/aviacaonaval/article/download/2645/2546>

Actitudes Peligrosas presentes en pilotos militares de Helicópteros



Elaboración Propia.

MY (RA) Carlos Alberto Arévalo Arévalo
carlos.arevaloare@ejercito.mil.co

Profesional en Ciencias Militares, graduado en la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova, Piloto Instructor de Helicópteros, Instructor de Vuelo y Administrador de Seguridad Aérea. Maestrante en Seguridad operacional.

Orcid: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0008-7425-2944>

Cvlac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002359893

Línea de investigación: Factores Humanos

Resumen

La seguridad operacional en la aviación militar representa un desafío constante, especialmente en entornos de alta presión; este es un factor determinante para la efectividad de las misiones y la preservación de vidas. Dentro de este marco, la Organización de Aviación Civil Internacional [OACI], considera que el factor humano ha sido reiteradamente identificado como una de las principales

causas contribuyentes en la ocurrencia de incidentes y accidentes aéreos (OACI, 2022).

Así mismo, la Federal Aviation Administration [FAA], establece que las disposiciones actitudinales, denominadas actitudes peligrosas, inciden negativamente en este proceso y aumentan el riesgo de errores críticos (FAA, 2023).

En este contexto, esta investigación tiene como propósito formular un plan de acción orientado a mitigar las actitudes peligrosas presentes en los pilotos de ala rotatoria, identificados como factores críticos que comprometen la toma de decisiones en vuelo.

La investigación se desarrollará bajo un enfoque cualitativo. Este enfoque posibilita un análisis interpretativo profundo, orientado a la comprensión de significados, el cual involucra variables de tipo actitudinal, conductual y organizacional en su contexto social, cultural y organizacional (Hernández-Sampieri, et al., 2014). En particular, el estudio se enfoca en analizar la presencia de actitudes peligrosas en pilotos de ala rotatoria y su incidencia en la seguridad operacional, con el propósito de sustentar una propuesta de plan de acción contextualizada, coherente con las exigencias y particularidades del entorno de la aviación militar.

Para la recolección de datos, inicialmente se realizará un rastreo de información en portales web, especialmente en google académico y páginas de las FFMM, la Aeronáutica Civil y del Departamento de Alistamiento para el Combate y Seguridad de Aviación (DACSA), especialmente de los informes de accidentes ocurridos desde el año 2013 hasta la fecha; también se validarán los resultados de la encuesta en línea aplicada a pilotos de ala rotatoria militar que participen voluntariamente, para identificar cuáles son las actitudes peligrosas más recurrentes a las que se ven enfrentados en sus misiones de vuelo. Con esta información se realizará un análisis documental de los accidentes, con el fin de evaluar la prevalencia de actitudes peligrosas según el modelo de las cinco actitudes identificadas por la FAA (Autoridad Federal de Aviación): antiautoritaria, impulsiva, invulnerable, machista y resignada.

Los resultados permitirán evidenciar de que manera las actitudes peligrosas están presentes en distintos niveles dentro de la comunidad de pilotos, con una mayor incidencia en aquellos con menor experiencia. Y cuales actitudes peligrosas son las más recurrentes al momento de tomar decisiones en situaciones de alta presión.

Con base en los factores identificados que propician estos comportamientos, se propone definir estrategias correctivas y preventivas orientadas al fortalecimiento de procesos y la gestión del riesgo. Los resultados evidencian la necesidad de fortalecer la cultura de seguridad operativa mediante la implementación de programas de Toma de Decisiones Aeronáuticas (ADM), Gestión de Recursos de la

Tripulación (CRM) y evaluaciones psicológicas continuas mediante la integración de módulos específicos en el entrenamiento de pilotos, el uso de simuladores para la toma de decisiones en escenarios críticos y la promoción de una cultura de seguridad basada en la autorregulación y la retroalimentación continua.

Este estudio contribuye al desarrollo de una aviación militar más segura y eficiente, generando herramientas prácticas para la mitigación del error humano en contextos operacionales complejos.

Palabras clave: Actitudes peligrosas, Aviación militar, factores humanos, seguridad operacional, Toma de decisiones

Abstract

Operational safety in military aviation presents an ongoing challenge, particularly in high-pressure environments where decision-making under stress is a determining factor for mission success and the preservation of life. Within this framework, the International Civil Aviation Organization (ICAO, 2022) has repeatedly identified the human factor as one of the primary contributors to the occurrence of air incidents and accidents. Similarly, the Federal Aviation Administration (FAA, 2023) recognizes that certain attitudinal dispositions—commonly referred to as “hazardous attitudes”—negatively impact aeronautical decision-making and increase the likelihood of critical errors.

In this context, the present study aims to develop a strategic action plan to mitigate hazardous attitudes identified in rotary-wing pilots, which have been recognized as critical factors that compromise decision-making during flight. Addressing these attitudes is essential for strengthening operational safety in missions that demand rapid judgment, coordination, and psychological resilience.

The research adopts a qualitative methodological approach, suitable for conducting interpretive analyses that explore meaning and behavior within social, cultural, and organizational contexts (Hernández-Sampieri et al., 2014). Specifically, the study focuses on examining the presence of hazardous attitudes among rotary-wing pilots and assessing their impact on operational safety. The objective is to inform a context-sensitive action plan aligned with the functional and psychological demands of the military aviation environment.

Data collection will begin with a documentary review of relevant literature and official reports available on institutional websites, including Google Scholar, the Civil Aviation Authority, and the Department of Combat Readiness and Aviation Safety (DACSA). The review will emphasize accident reports from 2013 to the present. Additionally, an online survey will be administered to volunteer military rotary-wing pilots, aimed at identifying the most frequently encountered hazardous attitudes during operational flight missions. The survey results will be triangulated with documented accident data to analyze the prevalence of these attitudes within real-world aviation contexts.

The analysis will focus on the five hazardous attitudes defined by the FAA: anti-authority, impulsiveness, invulnerability, macho (overconfidence), and resignation. Through this lens, the study will assess the behavioral patterns that emerge during high-stress decision-making scenarios and identify any correlation with experience levels, particularly among less experienced pilots.

Based on the findings, the study will propose targeted corrective and preventive strategies to address the root causes of these behaviors. Emphasis will be placed on strengthening institutional processes and reinforcing risk management practices. Recommended strategies include the integration of Aeronautical Decision-Making (ADM), Crew Resource Management (CRM), and ongoing psychological assessment programs into pilot training curricula. These efforts will be complemented by scenario-based training using flight simulators to replicate critical decision-making environments, along with initiatives that promote a culture of self-regulation, continuous feedback, and psychological safety.

Consequently, this research seeks to contribute to a safer and more efficient military aviation environment by generating actionable tools to reduce human error in complex operational contexts. The proposed action plan aims not only to mitigate hazardous attitudes but also to foster an institutional safety culture grounded in awareness, accountability, and proactive decision-making.

Keywords: Dangerous attitudes, Military aviation, Human factors, Operational safety, Decision making

Referencias

- Federal Aviation Administration [FAA]. (2023). Manual del piloto sobre conocimientos aeronáuticos. Administración Federal de Aviación. Obtenido de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak
- OACI. (2022). *Manual de instrucción en factores humanos (Doc 9683)*. Organización de Aviación Civil Internacional.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed ed.). McGraw-Hill.

Registro Fotográfico del Evento



