



# I Simposio de **INVESTIGACIÓN FORMATIVA**

## **MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL MAESO**

"Fortaleciendo estándares de Seguridad Operacional desde la perspectiva académica"



24 de abril de 2024  
AUDITORIO JES - EPFAC



## Directivos

Director CR. Giovanni Rojas Castro  
Comandante Grupo Académico TC. María Paula Mancera Perilla  
Comandante Escuadrón Educación Superior TC. Liliana Inés Cortés Fernández

**Editor** Escuela de Posgrados FAC "Capitán José Edmundo Sandoval"

Nit. 899999102-2  
Cra 11 No. 102-50  
+57(601) 3159816 Extensión 72500  
Correspondencia@epfac.edu.co

## Comité Organizador

MY. Diana Murillo  
Bryan Felipe Ramírez Segura  
Erika Juliana Estrada Villa  
Eliana Catalina Zuluaga Hernández  
Carolina Cubillos  
Ing. Angelica María Palacios Martínez  
Betty Barrios Salcedo  
Jorge Luis Céspedes Ospino

## Diseño

Aldemar Zambrano Torres

## Comité Revisor

MY. Diana Alejandra Murillo Marmolejo  
Bryan Felipe Ramírez Segura  
Erika Juliana Estrada Villa  
Eliana Catalina Zuluaga Hernández  
Carolina Cubillos  
Ing. Angelica María Palacios Martínez

## Autores

TE. Sánchez Henao Daniel Fabian  
CT. López Hurtado Jonnathan Hernán  
TC. Vélez Leyva Elkin Gerardo  
TC. Jaramillo Otero Alex Yoarly  
CT. Medina Vega Andrés Felipe  
MY. Roza Linares Ricardo Andrés  
MY (Ra) Sánchez Muñoz John Jairo  
MY. Gómez Reina Nelson Enrique



Periodicidad anual

Sitio web

<https://www.epfac.edu.co/es/eventos-academicos/seguridad-operacional>

Mayores informes

Cra. 11 N.º 102-50 Edificio ESDEGUE, Escuadrón de Investigaciones.

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

Teléfonos (057-1) 637 8927 – 6206518 Ext. 1700, 1719, 1722.

Correo electrónico: [cienciaypoderaereo@gmail.com](mailto:cienciaypoderaereo@gmail.com)

Información Técnica Publicación Producto de Investigación Grupo de investigación CELSO: Cultura, educación y liderazgo en Seguridad Operacional COL0198845

Primera Edición, julio 2024. ISSN Periodicidad anual, publicación digital Sitio Web:  
[https://www.epfac.edu.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/maeso/MEMORIAS%20SIMPOSIO%20DE%20INVESTIGACION%20C3%93N%20FORMATIVA\\_2024.pdf](https://www.epfac.edu.co/sites/epfac/files/Docs-EPFAC/maeso/MEMORIAS%20SIMPOSIO%20DE%20INVESTIGACION%20C3%93N%20FORMATIVA_2024.pdf)

Bogotá, Colombia 2024 ©2024,

Está permitida la reproducción total o parcial de los escritos aquí contenidos para uso personal o con fines académicos e investigativos, siempre y cuando se haga la respectiva cita o referencia a la ponencia, autor(es), y a la publicación de las Memorias "La logística y su impacto en el sector aeronáutico", organizado por la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Bogotá, Colombia (Suramérica). En caso de querer reproducir esta obra para otros fines, en cualquiera de sus formatos, deberá contar con el permiso escrito de la entidad editora.

Copyright (c) 2024. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana





## 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. Finalidades

- 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.



## Agenda

Simposio de Investigación Formativa en Seguridad Operacional		
24 de Abril 2024		
Hora	Autor	Título
13:00	<b>APERTURA</b>	
13:15	TE. SÁNCHEZ HENAO DANIEL FABIAN	¿Cómo se relaciona la resiliencia y la seguridad operacional? Un estudio durante la fase de aproximación
13:30	CT. LÓPEZ HURTADO JONNATHAN HERNÁN	Fatiga y su Impacto en la Seguridad Operacional, un Análisis de Operaciones Aéreas
13:45	TC. VÉLEZ LEYVA ELKIN GERARDO	El síndrome de burnout en el personal militar que realiza mantenimiento en helicópteros medianos y livianos de la FAC
14:00	TC JARAMILLO OTERO ALEX YOARLY	Análisis de riesgos en las operaciones aéreas de transporte de carga con drones (Drone Delivery) y su aplicabilidad en Colombia.
14:15	CT. MEDINA VEGA ANDRÉS FELIPE	Impacto de los simuladores de vuelo en el proceso de formación de los cadetes de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
14:30	MY. ROZO LINARES RICARDO ANDRÉS	Resultados Preliminares del estudio de Factores Asociados al Rendimiento en Mantenimiento de la Flota HUEY II de la Fuerza Aérea Colombiana
14:45	MY (RA) SÁNCHEZ MUÑOZ JOHN JAIRO	Análisis de datos de vuelo un camino eficiente para la optimización de la seguridad operacional
15:00	MY. GÓMEZ REINA NELSON ENRIQUE	Identificación de los Factores Contribuyentes al Error Humano en los Procesos de Mantenimiento del Escuadrón Técnico de Grupo Aéreo del Oriente





## Editorial

La Academia en el nivel de Maestría tiene un gran reto para los estudiantes, que es el enfrentarse a un trabajo de grado que demuestra las competencias investigativas alrededor de un problema científico humanístico o tecnológico, en este caso en el área de Seguridad Operacional que cada vez es más exigente en generar resultados que ayuden a mitigar la ocurrencia de Accidentes Aéreos, por lo que en búsqueda del mejoramiento continuo y la profesionalización de nuestros estudiantes, la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea en la Maestría de Seguridad Operacional viene desarrollando con éxito una serie de Coloquios donde los Estudiantes presentan ante pares de la comunidad académica y aeronáutica los resultados encontrados en sus investigaciones, confrontándolos ante una mirada crítica que ayuda a fortalecerlas con recomendaciones por parte de expertos, mejorando aspectos metodológicos y temáticos, los cuales aún cuentan con un periodo de tiempo para aplicar lo recomendado. Durante todo el proceso académico, es el trabajo de grado el encargado de integrar las habilidades y técnicas metodológicas de investigación, así como la aplicación de los conocimientos que integran el currículo de la maestría, de acuerdo a lo visto durante los cuatro semestres, y al final se sustenta ante un Jurado como requisito para graduarse, pero con este simposio se busca principalmente dos objetivos, por medio de habilidades oratorias enfrentarse a una comunidad académica que ayude a perfeccionar los resultados alcanzados hasta ahora, así como mostrar públicamente resultados académicos que pueden ser de utilidad en el ámbito aeronáutico, buscando que el área académica trascienda en la práctica, por lo que se publican estas memorias para que puedan ser consultadas por estudiantes, profesores, investigadores y profesionales del ámbito aeronáutico. Esta actividad se desarrolló en convenio con pares evaluadores del Centro de Estudios Aeronáuticos - CEA, ayudando a dinamizar la Red de Investigación en Seguridad Operacional RISOR, interactuando con profesionales de la Aeronáutica Civil, la Fuerza Aérea Colombiana entre otros.



## ¿Cómo se relaciona la resiliencia y la seguridad operacional? Un estudio durante la fase de aproximación

Teniente Sánchez Henao Daniel Fabián

**Información del autor:** Piloto Militar, Jefe Sección Operaciones del Grupo Aéreo del Casanare, Maestrando en Seguridad Operacional de la Escuela de Post Grados de la Fuerza Aérea Colombiana, Bogotá, Colombia.

**Correo electrónico institucional:** [Daniel.sanchezh@epfac.edu.co](mailto:Daniel.sanchezh@epfac.edu.co)

### Línea de investigación:

Factores Humanos

### Resumen

En respuesta al creciente interés por comprender los comportamientos de las tripulaciones de vuelo para contribuir a operaciones seguras, este estudio se enfocó en la fase de aproximación en la aviación. En lugar de limitarse a la identificación de errores, se buscó profundizar en cómo los pilotos gestionan la complejidad del entorno operativo para garantizar una misión segura (Mumaw, *et al.*, 2023).

Nemeth y Hollnagel (2021) describieron el desempeño resiliente como la manifestación tangible de comportamientos y resultados eficientes en entornos del mundo real. Por lo tanto, la comprensión y aplicación práctica de los principios de ingeniería de resiliencia se convierten en elementos clave para mejorar el rendimiento de organizaciones, equipos e individuos, en entornos operacionales caracterizados por su dinamismo y altas cargas de trabajo.

En este contexto, la Administración Federal de Aviación o *FAA*, por sus siglas en inglés, argumenta que ha habido numerosos intentos de capturar la resiliencia en acción, tanto desde dentro como fuera del ámbito de la aeronáutico (Pruchnicki, *et al.*, 2019).

Pese a estos esfuerzos, en un estudio de seguridad operacional, American Airlines (2020) identificó la necesidad de esclarecer la aplicación de herramientas que permitan comprender y medir la resiliencia de los pilotos en un contexto específico. Aclarando que la falta de métodos que midan las contribuciones del rendimiento humano a las operaciones de vuelo exitosas podría resultar en una subestimación de la capacidad de los pilotos para manejar escenarios complejos, aumentando así el riesgo de incidentes o accidentes (Jones *et al.*, 2022).

Entendiendo la resiliencia como una habilidad clave para responder efectivamente a escenarios desafiantes, el presente estudio utilizó el método *Systemic Potential*



*Management* (SPM), propuesto por Hollnagel (2022), para comprender el desempeño resiliente de los Pilotos durante la fase de aproximación, centrándose en los potenciales de resiliencia que caracterizan el rendimiento efectivo en condiciones esperadas y no esperadas. Estos incluyen la capacidad de las tripulaciones para responder, monitorear, anticipar y aprender. (Holbrook, 2019).

Para lograr este objetivo, La investigación se dividió en tres etapas fundamentales; en la primera etapa, se llevó a cabo una revisión exploratoria de alcance utilizando el enfoque de Tricco, *et al.*, (2018) a través de la metodología *PRISMA-ScR*, para definir criterios específicos aplicables al Método *SPM* en la aviación. Esto proporcionó un conocimiento de los criterios utilizados por los investigadores en el sector aeronáutico para evaluar el desempeño resiliente de los pilotos.

La segunda etapa se enfocó en analizar los determinantes que afectan el rendimiento humano de los Pilotos durante la fase de aproximación, entendiendo que las aproximaciones no estabilizadas y la capacidad de la tripulación para decidir si efectuar o no una maniobra de motor y al aire, son un factor común en la ocurrencia de accidentes durante la fase de aproximación y aterrizaje (Reynal, *et al.*, 2017), (Ross, 2018).

Para cumplir lo anterior, bajo la luz del Modelo *Threat and Error Management* (TEM) de Mizzi y McCarthy (2023), se analizaron los reportes operacionales realizados por los Pilotos del Escuadrón C-208/C-208B Caravan de la Fuerza Aérea Colombiana desde el 01 de enero del 2022 hasta el 01 de enero del 2024, por aproximaciones no estabilizadas y aproximaciones frustradas. Este análisis identificó factores críticos que influyen en la resiliencia de los pilotos durante esta fase de vuelo.

La tercera y última etapa adaptó el Método *SPM* a una muestra representativa de 31 Pilotos operacionales que hacen parte del Escuadrón utilizando la información recopilada en las etapas anteriores. Los resultados revelaron una correlación significativa entre la resiliencia de los pilotos y la seguridad operacional durante la fase de aproximación, proporcionando información valiosa para estrategias de entrenamiento y protocolos de seguridad.

Teniendo en cuenta que no existe un estudio de este tipo en la organización, se buscó enriquecer el entendimiento global de la resiliencia en el contexto aeronáutico, al proporcionar insumos valiosos sobre las habilidades necesarias para afrontar situaciones críticas durante la fase de aproximación.

Este proyecto aporta significativamente al conocimiento existente, beneficiando tanto a la comunidad académica como a la industria de la aviación. Adicionalmente, esta investigación ofrece una perspectiva innovadora sobre cómo el desempeño resiliente y la cultura de aprendizaje pueden converger para mejorar la seguridad operacional en la aviación.

Se espera que los hallazgos contribuyan al avance de prácticas y políticas que promuevan un entorno operativo más seguro y robusto.





**Palabras clave:** Desempeño resiliente, fase de aproximación, aproximación no estabilizada, rendimiento humano, seguridad operacional, entrenamiento de pilotos, cultura de aprendizaje, ingeniería de resiliencia.

## Abstract

In response to the growing interest in understanding flight crew behaviors to contribute to safe operations, this study focused on the approach phase in aviation. Instead of merely identifying errors, it sought to delve into how pilots manage the complexity of the operational environment to ensure a safe mission (Mumaw, et al., 2023).

Nemeth and Hollnagel (2021) describe resilient performance as the tangible manifestation of resilient behaviors and outcomes in real-world environments. Therefore, understanding and practically applying resilience engineering principles become key elements for enhancing the performance of organizations, teams, and individuals in operational environments characterized by dynamism and high workloads.

In this context, the Federal Aviation Administration (FAA) argues that there have been numerous attempts to capture resilience in action both within and outside the aviation domain (Pruchnicki, et al., 2019).

Despite these efforts, in an operational safety study, American Airlines (2020) identified the need to clarify the application of tools that allow understanding and measuring pilots' resilience in a specific context. Clarifying that the lack of methods measuring human performance contributions to successful flight operations could result in underestimating pilots' ability to handle complex scenarios, thereby increasing the risk of incidents or accidents (Jones et al., 2022).

Understanding resilience as a key skill to effectively respond to challenging scenarios, this study utilized the Systemic Potential Management (SPM) method proposed by Hollnagel (2022) to understand pilots' resilient performance during the approach phase, focusing on the potentials of resilience that characterize effective performance in both expected and unexpected conditions. These include the ability to respond, monitor, anticipate, and learn; on the part of flight crews (Holbrook, 2019).

To achieve this goal, the research was divided into three fundamental stages. In the first stage, an exploratory scope review was conducted using the Tricco, et al., (2018) approach through the PRISMA-ScR methodology to define specific criteria applicable to the SPM Method in aviation. This provided knowledge of the criteria used by researchers in the aviation sector to assess pilots' resilient performance.

The second stage focused on analyzing the determinants affecting pilots' human performance during the approach phase, understanding that unstable approaches and the crew's ability to decide whether to go-around or not are common factors in the occurrence of accidents during the approach and landing phase (Reynal, et al., 2017), (Ross, 2018).



To fulfill the above, under the Threat and Error Management (TEM) Model by Mizzi and McCarthy (2023), operational reports submitted by Pilots of the C-208/C-208B Caravan Squadron of the Colombian Air Force from January 1, 2022, to January 1, 2024, for unstable approaches and go-arounds, were analyzed. This analysis identified critical factors influencing pilots' resilience during this critical flight phase.

The third and final stage adapted the SPM Method to a representative sample of 31 operational Pilots belonging to the Squadron using the information collected in the previous stages. The results revealed a significant correlation between pilots' resilience and operational safety during the approach phase, providing valuable information for training strategies and safety protocols.

Considering that there is no such study in the organization, the aim was to enrich the global understanding of resilience in the aviation context by providing valuable insights into the skills necessary to face critical situations during the approach phase.

This project significantly contributes to existing knowledge, benefiting both the academic community and the aviation industry. Additionally, this research offers an innovative perspective on how resilient performance and a culture of learning can converge to improve operational safety in aviation.

It is expected that the findings will contribute to the advancement of practices and policies that promote a safer and more robust operational environment.

**Keywords:** Resilient performance, approach phase, unstable approach, human performance, operational safety, pilot training, learning culture, resilience engineering.

#### Referencias Bibliograficas

- American Airlines' Department of, F. S. (2020). Trailblazers into Safety-II: American Airlines' Learning and Improvement Team. *A White Paper Outlining AA's Beginnings of a Safety-II Journey*,
- Holbrook, J. B., Stewart, M. J., Smith, B. E., Prinzel, L. J., Matthews, B. L., Avrekh, I., Cardoza, C. T., Ammann, O. C., Adduru, V., y Null, C. H. (2019). No title. *Human Performance Contributions to Safety in Commercial Aviation*,
- Hollnagel, E. (2022). Systemic potentials for resilient performance. *Resilience in a Digital Age: Global Challenges in Organisations and Society* (pp. 7-17). Springer.
- Jones, M. V., Smith, N., Burns, D., Braithwaite, E., Turner, M., McCann, A., Walker, L., Emmerson, P., Webster, L., y Jones, M. (2022). A systematic review of resilient performance in defence and security settings. *Plos One*, 17(10), e0273015.
- Mizzi, A., y McCarthy, P. (2023). Resilience Engineering's Synergy with Threat and Error Management—An Operationalised Model. Paper presented at the *International Conference on Human-Computer Interaction*, 474-483.



- Mumaw, R. J., Billman, D., y Baron Jr, B. (2023). What Can We Learn From Resilient Pilot Behaviors? The Case of Energy Management While Flying a Star. Paper presented at the *22nd International Symposium on Aviation Psychology (ISAP)*,
- Pruchnicki, S., Key, K., y Rao, A. H. (2019). Problem solving/decision making and procedures for unexpected events: A literature review.
- Reynal, M., Rister, F., Scannella, S., Wickens, C., & Hehais, F. (2017). Investigating pilot's decision making when facing an unstabilized approach: an eye-tracking study. Paper presented at the *19th International Symposium on Aviation Psychology*, 335.
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D., Horsley, T., y Weeks, L. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473.



## **Fatiga y su Impacto en la Seguridad Operacional, un Análisis de Operaciones Aéreas**

Jonnathan Hernán López Hurtado

Oficial Piloto Fuerza Aérea Colombiana, Ingeniero Mecánico de la Escuela Militar de Aviación, Aspirante a Magister en Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la FAC

**Correo electrónico institucional:** [jonnathan.lopez@fac.mil.co](mailto:jonnathan.lopez@fac.mil.co)

### **Línea de investigación:**

Factores Humanos

El presente estudio se enfoca en analizar el impacto de la fatiga en la seguridad operacional de los pilotos de aviación comercial, un tema de vital importancia en la industria aeronáutica. La fatiga es un factor que puede afectar significativamente la capacidad de los pilotos para desempeñar sus funciones de manera segura y eficiente, lo que a su vez puede poner en riesgo la seguridad de los vuelos y de los pasajeros (OACI, 2020). Por lo tanto, es fundamental comprender en profundidad cómo la fatiga influye en el desempeño de los pilotos y qué medidas pueden implementarse para mitigar sus efectos.

Para abordar este problema, se llevó a cabo un estudio que incluyó la recopilación de datos a través de encuestas a tripulaciones de vuelo y el análisis de los datos de registradores de vuelo de la aerolínea SATENA. Los resultados obtenidos no revelaron una correlación entre los niveles de fatiga experimentados por los pilotos y la incidencia de errores operacionales durante los vuelos. La revisión de la literatura arrojó que estos errores podrían variar desde decisiones equivocadas en la operación hasta retrasos en la respuesta a eventos inesperados, lo que demuestra la importancia de abordar eficazmente el problema de la fatiga en la aviación.

Además, se han identificado factores específicos que contribuyen a la fatiga de los pilotos, tales como los horarios de trabajo irregulares y la operación de vuelos en horarios propensos a generar fatiga. Estos factores pueden impactar negativamente en la calidad del sueño de los pilotos, afectando consecuentemente su capacidad cognitiva, atención y toma de decisiones, lo que subraya la importancia de implementar estrategias de gestión de la fatiga que promuevan un entorno de trabajo seguro y saludable (Caldwell et al., 2008). En este contexto, la fatiga no solo disminuye la capacidad de mantener la atención y concentración durante vuelos prolongados, sino que incrementa el riesgo de errores con posibles consecuencias graves. Es por ello que resulta fundamental desarrollar políticas y procedimientos específicos que no solo prevengan la fatiga, sino que también permitan su detección y mitigación temprana, asegurando así la seguridad de las operaciones aéreas (JAEAC, 2022; Salaheddine B et al., 2020; OACI, 2020).



En conclusión, el estudio destaca la importancia de abordar de manera proactiva el problema de la fatiga en la seguridad operacional de las tripulaciones de vuelo. La implementación de medidas efectivas de gestión de la fatiga, como la planificación de horarios de trabajo más equilibrados, la promoción de hábitos de sueño saludables y la concienciación sobre los riesgos asociados a la fatiga, ya que pueden contribuir significativamente a mejorar la seguridad y la eficiencia de las operaciones aéreas. (Venus et al., 2022) Asimismo, se resalta la necesidad de continuar investigando y desarrollando estrategias innovadoras para abordar este desafío en constante evolución en la industria de la aviación.

**Palabras clave:** Fatiga, Seguridad Operacional, Pilotos, Aviación Comercial, Gestión

## Bibliografía

Bart, G. O., Dimitri Van, d. L., Maes, J. H., Marc, J. V., & Kompier, M. A. (2012). Burned out cognition – cognitive functioning of burnout patients before and after a period with psychological treatment. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 38(4), 358-369. 10.5271/sjweh.3256

Caldwell, J. A. (2005a). Fatigue in aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 3(2), 85-96. 10.1016/j.tmaid.2004.07.008

Caldwell, J. A., Caldwell, J. L., & Schmidt, R. M. (2008). Alertness Management Strategies for Operational Contexts. ().

Caldwell, J. A., Mallis, M. M., Caldwell, J. L., Paul, M. A., Miller, J. C., & Neri, D. F. (2009). Fatigue Countermeasures in Aviation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(1), 29-59. 10.3357/ASEM.2435.2009

Fatigue in aviation\_ A systematic review of the literature \_ Elsevier Enhanced Reader

OACI. (2020). Doc 9966, Manual para la supervisión de los Enfoques de gestión de la fatiga.

OACI. (2021). Doc 10151, Manual on Human Performance (HP) for Regulators

UAEAC. (2022). RAC 121. Requisitos de Operación - Operaciones Domésticas Nacionales e Internacionales, Regulares y no Regulares





## Fatigue and Its Impact on Operational Safety, Analysis of Air Operations

Jonnathan Hernan Lopez Hurtado

Colombian Air Force Pilot Officer, Mechanical Engineer from the Air Force Aviation School, Aspiring Master's student in Operational Safety at the FAC Postgraduate

**School Email:** jonnathan.lopez@epfac.edu.co

**Institutional Email:** jonnathan.lopez@fac.mil.co

**Research Line:** Human Factors in Aviation

This study focuses on analyzing the impact of fatigue on the operational safety of commercial aviation pilots, a topic of vital importance in the aeronautical industry. Fatigue is a factor that can significantly affect pilots' ability to perform their duties safely and efficiently, which in turn can jeopardize the safety of flights and passengers (ICAO, 2020). Therefore, it is crucial to understand in depth how fatigue influences pilots' performance and what measures can be implemented to mitigate its effects.

To address this issue, a study was conducted that included data collection through surveys of flight crews and analysis of flight data recorders from the SATENA airline. The results did not reveal a correlation between the levels of fatigue experienced by the pilots and the incidence of operational errors during flights. However, a review of the literature suggested that these errors could range from incorrect decisions in operations to delays in responding to unexpected events, highlighting the importance of effectively addressing the issue of fatigue in aviation.

Furthermore, specific factors contributing to pilot fatigue have been identified, such as irregular work schedules and operating flights at times prone to inducing fatigue. These factors can negatively impact the quality of pilots' sleep, consequently affecting their cognitive ability, attention, and decision-making, which underscores the importance of implementing fatigue management strategies that promote a safe and healthy work environment (Caldwell et al., 2008). In this context, fatigue not only reduces the ability to maintain attention and concentration during prolonged flights but also increases the risk of errors with potentially severe consequences. It is therefore essential to develop specific policies and procedures that not only prevent fatigue but also allow for its early detection and mitigation, thus ensuring the safety of air operations (UAEAC, 2022; Salaheddine B et al., 2020; ICAO, 2020).

In conclusion, the study highlights the importance of proactively addressing the issue of fatigue in the operational safety of SATENA's crews. The implementation of effective fatigue management measures, such as planning more balanced work schedules, promoting healthy sleep habits, and raising awareness of the risks associated with fatigue, can significantly improve the safety and efficiency of air operations (Venus et al., 2022). Additionally, the need to continue researching and developing innovative strategies to address this constantly evolving challenge in the aviation industry is emphasized.



**Keywords:** Aviation Safety, Pilot Fatigue, Human Factors, Operational Errors, Fatigue Management

## References

Bart, G. O., Dimitri Van, d. L., Maes, J. H., Marc, J. V., & Kompier, M. A. (2012). Burned out cognition – cognitive functioning of burnout patients before and after a period with psychological treatment. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 38(4), 358-369. 10.5271/sjweh.3256

Caldwell, J. A. (2005a). Fatigue in aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 3(2), 85-96. 10.1016/j.tmaid.2004.07.008

Caldwell, J. A., Caldwell, J. L., & Schmidt, R. M. (2008). Alertness Management Strategies for Operational Contexts. (.)

Caldwell, J. A., Mallis, M. M., Caldwell, J. L., Paul, M. A., Miller, J. C., & Neri, D. F. (2009). Fatigue Countermeasures in Aviation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(1), 29-59. 10.3357/ASEM.2435.2009

Fatigue in aviation\_ A systematic review of the literature \_ Elsevier Enhanced Reader

OACI. (2020). Doc 9966, Manual para la supervisión de los Enfoques de gestión de la fatiga.

OACI. (2021). Doc 10151, Manual on Human Performance (HP) for Regulators

UAEAC. (2022). RAC 121. Requisitos de Operación - Operaciones Domésticas Nacionales e Internacionales, Regulares y no Regulares



## **El Síndrome de Burnout en el Personal que Realiza Mantenimiento en Helicópteros Medianos y Livianos de la FAC**

Elkin Gerardo Vélez Leyva  
Maestría en seguridad operacional  
Colombia

Oficial piloto de la Fuerza Aérea Colombiana, especialista en gerencia de la seguridad operacional y especialista en seguridad y defensa nacional, piloto de helicópteros medianos y livianos desde el año 2007, llegando a volar operacionalmente 2000 horas en helicópteros UH-1H, Huey II, y 3000 horas como piloto instructor de los equipos OH-58 y TH-67 alcanzando más de 5000 horas de vuelo en total. En el ámbito de la seguridad operacional se desempeñó como oficial de investigación de accidentes aéreos en el Comando Aéreo de Combate No 1 en puerto salgar Cundinamarca, así como oficial de prevención de accidentes aéreo en el Grupo Aéreo del Casanare, de igual manera realizó el curso de oficial de seguridad internacional de la USAF (international safety officer 2015), actualmente se desempeña como comandante del grupo técnico del Comando Aéreo de Combate No 4 en Melgar Tolima, su pasión por la seguridad operacional lo ha llevado a desarrollar estrategias encaminadas a reducir los eventos por factor humano y a buscar estrategias para mitigar la fatiga en el personal técnico de la FAC.

**Correo electrónico institucional:** [elkin.velezL@fac.mil.co](mailto:elkin.velezL@fac.mil.co)  
**Línea de investigación:** Factores Humanos

### **Resumen**

El factor humano en la aviación ha sido uno de los principales factores causantes de accidentes, de acuerdo a Hobbs, Allan (2008) (Hobbs, 2008) entre el 70 y 80 % de los accidentes son producto del factor humano, si se tiene en cuenta que de este gran porcentaje también se encuentra involucrado el personal que realiza las labores de mantenimiento y no solamente el factor tripulación.

Es importante entonces establecer que dentro del mantenimiento también se debe considerar el factor humano y definirlo como bien lo hace la Federal Aviation Administration - FAA en su AMT handbook (Aviation Maintenance Technicians) por sus siglas en inglés, en este documento definen el error humano como una acción con consecuencias sin intención, así mismo se debe tener en cuenta que el error humano es algo inherente del hombre y sus consecuencias son intrínsecas a el mismo. Ahora bien teniendo en cuenta la importancia que revisten las misiones que cumplen las aeronaves de ala rotatoria medianas y livianas en la Fuerza Aérea que van desde el entrenamiento de nuevos pilotos hasta la extinción de incendios, es vital determinar las condiciones de mantenimiento que deben cumplir estas aeronaves y ante esto es aún más primordial identificar que detrás de un vuelo de instrucción, entrega de armamento, rescate o extinción de incendios hay miles de horas de trabajo del personal de mantenimiento. Es así como se vuelve imprescindible



identificar y analizar el síndrome de burnout en el personal que realiza este mantenimiento y en sí al personal en su crecimiento profesional, así como su estabilidad emocional y psicofísica, que le permita desarrollar las más arduas labores de mantenimiento bajo los más altos estándares de calidad.

Es así como se plantea iniciar un estudio basado en el factor humano y su implicación en los accidentes de aviación, para abordar este tema se ha tomado como punto de partida el síndrome de burnout o síndrome del quemado o de estar quemado; concepto que inicialmente fue adoptado por Herbert Freudenberger de acuerdo a Fernandes Fontes (2020) y que posterior fue ampliamente estudiado por Cristina Maslach una Psicóloga Estadounidense quien definió el síndrome de burnout como: “un problema psicológico de agotamiento emocional, despersonalización y reducción de la realización personal que puede ocurrir entre individuos que trabajan con otras personas en alguna capacidad” (Maslach, 1993).

Una vez definido el síndrome de burnout se continuaron los estudios por parte de Maslach hasta el punto de llegar a entregar un instrumento de medición bajo una escala llamada el Maslach Burnout Inventory el cual consta de 22 preguntas en las cuales se busca establecer la relación entre estas tres variables: la despersonalización, realización y el agotamiento emocional.

Así pues, se adaptó este instrumento para ser aplicado al personal de técnicos que realizan las labores de mantenimiento en el Comando Aéreo de Combate No 4 con el fin de establecer las afectaciones que se están teniendo debido al incremento de la flota de aeronaves y la reducción progresiva de personal. Así mismo, se buscó identificar la población más afectada tanto en grado, edad, sexo y estatus marital, logrando obtener como resultados preliminares un grado medio de burnout lo cual nos brinda un acercamiento a identificar la fatiga en el personal, de igual manera este tipo de datos sirve para que el alto mando tenga una referencia de valor en el momento de la toma de decisiones.

Ahora bien, con el fin de hacer un estudio más apegado a la realidad y buscar que los datos relacionados en el mismo sean de la mayor calidad, se sometió el instrumento adaptado a realizarle análisis de fiabilidad y validez tanto con el Alpha de Cronbach como con la correlación de Pearson, y basados en los resultados obtenidos de estas dos pruebas se logró determinar que el instrumento goza de una alta fiabilidad y con esto su validez.

Para este trabajo entonces se utilizó una metodología mixta cualitativa y cuantitativa descriptiva en la que se usó como medio de recolección de datos las encuestas y una observación directa que permitió identificar los factores asociados al síndrome de burnout en aquellas personas que realizan labores de mantenimiento en el Comando Aéreo de Combate No 4.

En conclusión este proyecto permite identificar el grado de despersonalización, agotamiento emocional y reducción de la realización por parte del personal de técnicos, así como paralelamente permite identificar factores acordes a la fatiga, generando de esta manera un estudio de alto impacto para la organización ya que le permitirá tomar decisiones basados en datos, así mismo la caracterización demográfica permitirá identificar qué tipo de población es la más afectada, esto entonces redundará en el incremento de los planes



y programas por parte de seguridad operacional para incrementar la conciencia situacional, reducir aquellos puntos que se tomen como críticos para la realización de labores de mantenimiento y con esto mitigar el riesgo de eventos operacionales no deseados.

**Palabras clave:** Burnout, fatiga, factor humano, error, mitigación, riesgos.

## **Burnout Syndrome in Personnel Performing Maintenance on Medium and Light Helicopters of the Colombian Air Force**

### **Abstract**

The human factor in aviation has been one of the main causes of accidents. According to Hobbs, Allan (2008) (Hobbs 1-37), between 70 and 80% of aviation accidents result from human factors. It's worth noting that within this significant percentage, maintenance personnel are also involved, not just the flight crew.

Therefore, it is important to establish that human factors should also be considered in maintenance. The FAA, in its AMT (Aviation Maintenance Technicians) handbook, defines human error as an action with unintentional consequences. It is crucial to acknowledge that human error is inherent in human nature, and its consequences are intrinsic to it.

Considering the crucial roles played by medium and light rotary-wing aircraft in aerospace operations, ranging from training to firefighting, it is vital to determine the maintenance conditions these aircraft must meet. Moreover, it is paramount to recognize that behind every instructional flight, weapon delivery, rescue operation, or firefighting mission, there are thousands of hours of maintenance work. Thus, analyzing an individual's professional growth and emotional and psychophysical stability becomes indispensable. This analysis enables them to perform maintenance tasks under the highest quality standards.

This leads to the initiation of a study focusing on the human factor and its implications in aviation accidents. The starting point for this study is the burnout syndrome, initially adopted by Herbert Freudenberger, as per Fernandes Fontes (2020), and extensively studied by American Psychologist Cristina Maslach. She defined burnout syndrome as "a psychological problem of emotional exhaustion, depersonalization, and reduced personal accomplishment that can occur among individuals who work with others in some capacity" (Maslach 19-32).

Once the burnout syndrome is defined, Maslach continued her studies to the point of developing a measurement tool under a scale called the Maslach Burnout Inventory. This instrument consists of 22 questions aiming to establish the relationship between the three variables: depersonalization, accomplishment, and emotional exhaustion.

This instrument was adapted for application to maintenance technicians at the 4th Combat Air Command to determine the effects of the increasing aircraft fleet and the





progressive reduction of personnel. Simultaneously, efforts were made to identify the most affected population in terms of degree, age, gender, and marital status, achieving as preliminary results a moderate level of burnout. These findings provide insights into identifying fatigue in personnel, offering valuable reference data for decision-making by the high command.

To ensure the study's data quality, the adapted instrument underwent reliability and validity analyses using Cronbach's Alpha and Pearson correlation. Based on the results, the instrument demonstrated high reliability and, consequently, validity.

The research utilized a mixed qualitative and quantitative descriptive methodology, employing surveys and direct observation to identify factors associated with burnout syndrome among maintenance personnel at the 4th Combat Air Command.

In conclusion, this project allows for the identification of depersonalization, emotional exhaustion, and reduced accomplishment levels among maintenance technicians. Simultaneously, it helps identify factors related to fatigue, creating a high-impact study for the organization. This study enables data-driven decision-making, and demographic characterization helps identify the most affected population, leading to increased operational safety plans and programs. This, in turn, enhances situational awareness, reduces critical points in maintenance operations, and mitigates the risk of unwanted operational events.

**Key words:** Burnout, fatigue, human factor, error, risks.

## References

- Canu, Michael, and Ismael Mauricio Duque Escobar. "Sobre El Coeficiente Alpha De Cronbach Y Su Interpretación En La Evaluación Educativa." *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería* (2017) Web.
- Fernandes Fontes, Flávio. "Herbert J. Freudenberger and the Making of Burnout as a Psychopathological Syndrome." *Memorandum: Memória E História Em Psicologia*.37 (2020) Web.
- Hobbs, Alan. "An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance." *ATSB Safty Report, Aviation Research and Analysis Report AR 55.2008* (2008): 1-37. Web.
- Maslach, Christina. "Burnout: A Multidimensional Perspective." , 1993. 19-32. Web.



## **Análisis de Riesgos Regulados en Operaciones “Drone Delivery” en los Países Líderes de esta Actividad y sus posibles defensas**

Alex Yoarly Jaramillo Otero  
Maestría en Seguridad Operacional  
Colombia

Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana, Administrador Aeronáutico de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, Especialista en Seguridad y Defensa Nacional de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Piloto de aeronaves de ala fija y ala rotatoria, Jefe del Departamento de Operaciones del Comando Conjunto No. 4 “Orinoquía” del Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia.

**Correo electrónico institucional:** [alex.jaramillo@fac.mil.co](mailto:alex.jaramillo@fac.mil.co)

**Línea de investigación:** Gestión de la Seguridad Operacional

### **Resumen**

Gracias a los avances tecnológicos que se han presentado en los últimos años y su rápida adaptación a los sistemas de aeronaves no tripuladas, se ha generado un aumento exponencial en las capacidades tanto de hardware, como de software de estas aeronaves (Chen et al., 2023), lo que ha causado una revolución de innovación en la adaptación de nuevas configuraciones a los drones, con el fin que estos puedan cumplir una amplia gama de nuevos roles y funciones (Park et al., 2018), para satisfacer las múltiples necesidades de la humanidad, relacionadas incluso con sectores comerciales e industriales (Mukhamediev et al., 2021), tales como fotografía, filmación, mapeo a través de fotogrametría, gestión de inventarios, air shows, trabajo en áreas de difícil acceso como minería o trabajo en grandes alturas (pintar, limpiar vidrios edificios), construcción de infraestructura, búsqueda y salvamento, vigilancia, extinción de incendios como el “e-hang firefighting” (Randall, 2020), transporte de policía como el “hoverbike” (Blackstock, 2018), transporte de medicamentos (Korosec, 2022), aspersión agrícola (VILLEGAS, 2016), transporte de personas como el “E-hang 216” (Ehang, 2023), entre muchos otros más.

Estas nuevas configuraciones, capacidades y usos de los drones, sumadas al bajo costo, menor riesgo y bajo impacto ambiental, ha originado que cada vez más compañías estén interesadas en usar drones para apoyar sus actividades comerciales y/o industriales (Valencia-Arias et al., 2022), causando así, un gigantesco incremento en la producción, comercialización y uso de drones a lo largo del mundo (Mukhamediev et al., 2021), lo que ha repercutido en un aumento significativo de los actores aéreos que interactúan dentro de un mismo espacio, causando un incremento directamente proporcional de amenazas, peligros y riesgos, los cuales se acentúan al centrarse este fenómeno, en la introducción de un sistema de aviación incipiente, para relacionarse sobre un sistema de aviación tripulada ya desarrollado y con experiencia (Shao, 2020).



El presente artículo se centra en analizar puntualmente uno de estos nuevos roles, que están asumiendo hoy en día los drones, tal como es “el transporte de carga (paquetes, encomiendas) con drones”, mejor conocido como “drone delivery”; ya que es una de las actividades comerciales con drones, que presenta mayor interés, auge y avances de iniciar su explotación comercial a nivel mundial (Park et al., 2018), además en Colombia ya iniciaron las primeras manifestaciones e intenciones de iniciar con esta práctica comercial, específicamente en la ciudad de Medellín, donde el gobierno local y la autoridad civil aeronáutica, ya se han pronunciado públicamente al respecto, anunciando el inicio de pruebas con drones para el reparto de paquetes sobre el río Medellín (Valencia-Arias et al., 2022), con miras a ofrecer este servicio al público en un futuro cercano de acuerdo con los resultados de las pruebas. Además, el pasado mes de noviembre del año 2023, la autoridad civil aeronáutica colombiana, sancionó el RAC 100, el cual ya permite y regula el desarrollo de esta actividad en territorio colombiano (UAEAC, 2023).

La presente investigación es de tipo cualitativo con diseño sistemático, ya que se usaron pasos secuenciales para el análisis de los datos, agrupando la información por categorías para su procesamiento (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018), lo cual se efectuó a través de una serie de revisiones de literatura con enfoque sistémico, donde se aplicaron una secuencia de pasos metodológicos durante la búsqueda, selección y clasificación de la bibliografía, con el fin de facilitar la revisión, análisis y comprensión de la información (Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, 2003), para posteriormente esta ser sometida a un proceso de análisis a través de matrices y herramientas analíticas que permita determinar una caracterización de factores comunes y la tendencia de la ocurrencia, probabilidad y severidad de los riesgos que se puedan presentar durante las operaciones de transporte de carga con drones.

El proceso de análisis metodológico del presente artículo, tuvo como punto de partida, establecer la totalidad de países donde se realizaban operaciones de “drone delivery” comercialmente, alrededor del mundo, ya que era necesario iniciar con este censo para identificar la población total del estudio (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018) y en razón a que durante la revisión bibliográfica no pudo evidenciarse una publicación actualizada de estudios científicos o información en medios abiertos, donde se pudiera establecer el número de compañías o cuales países ofrecen el servicio de “drone delivery” en la actualidad, por tanto se inició esta revisión sistémica de literatura (Caro et al., 2005), donde se seleccionaron 21 fuentes bibliográficas, de las cuales mediante una matriz comparativa correlacional se identificaron 47 compañías que efectúan operaciones de reparto de encomiendas usando drones actualmente alrededor del mundo y posterior se efectuó la revisión de las páginas oficiales de cada una de estas compañías, para establecer los territorios donde actualmente desarrollaban sus operaciones de “drone delivery”, identificando 27 países donde operan estas compañías en la actualidad, lo cual definió el universo poblacional de la presente investigación.

El siguiente paso fue definir el tamaño de la muestra, sin embargo, al ser esta una investigación de tipo cualitativo, la muestra fue seleccionada tentativamente y no probabilísticamente ya que no se buscó generalizar resultados (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018), sino profundizar en los factores que intervienen durante el desarrollo de las operaciones de “drone delivery”. Por tanto, la muestra que finalmente se seleccionó, fueron los 7 países que en la actualidad cuentan con más compañías realizando



transporte de carga con drones, lo cual corresponde al 25% o primer cuartil de la población total. Continuando con el proceso metodológico investigativo, se continuó con el desarrollo de una caracterización a las regulaciones aéreas de drones en estos 7 países, con el fin de identificar los factores de riesgo en común a los que están direccionados mitigar estas regulaciones (Jones, s/f).

Con el fin de brindar objetividad al presente estudio y poder contar con una herramienta que permitiera contribuir a la valoración de la incidencia (probabilidad, severidad) de cada factor identificado durante el proceso de caracterización (Federal Aviation Administration, 2022), se efectuó una revisión de literatura sistémica de las publicaciones en medios abiertos, relacionadas con los incidentes y accidentes donde han estado involucrados drones, ya que no existe una base de datos de las autoridades civiles aeronáuticas donde sean registrados estos oficialmente, determinando un total de 70 sucesos de riesgo donde han estado involucrado drones, los cuales fueron clasificados en cada uno de los factores anteriormente mencionados.

Finalmente se efectuó el procesamiento de la información en una herramienta analítica, que permitió evidenciar la tendencia en términos de probabilidad e impacto (CASA, 2014), de un incidente o accidente que se relacione con los factores anteriormente identificados, lo cual permitió establecer como principales hallazgos, que los riesgos que tienen mayor tendencia de presentar ocurrencia y generar mayor impacto negativo (OACI, 2013), son principalmente las colisiones en vuelo con aeronaves tripuladas y las precipitaciones descontroladas hacia la superficie, los cuales involucran posibilidad de pérdida de vidas humanas y lesiones a la integridad física de las personas (Shao, 2020).

El presente artículo de investigación busca brindar a las compañías que tengan intenciones de iniciar con la práctica de “drone delivery” en Colombia, las bases fundamentales para desarrollar sus panoramas de riesgos y así proponer los puntos vitales donde deben enfocar su atención y los esfuerzos de mitigación. Por tanto, al haber determinado, que los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y consecuencias negativas durante la operación de “drone delivery”, son las posibles colisiones en vuelo entre actores aéreos y las precipitaciones descontroladas de los UAS sobre las personas, se expusieron los métodos que actualmente se están desarrollando y aplicando alrededor del mundo para mitigar estos riesgos, tal como son: La adaptación de Tecnología UTM (Unmanned Traffic Management) (Straubinger, 2019), empleo de drones autónomos con continuo autodiagnóstico de operación y automatización para resolución de fallas (Jiang et al., 2016) y asignación de corredores aéreos libres de tránsito de personas, para la operación de transporte de cargas mediante drones (Shao, 2020).

**Palabras claves:** Riesgos, Mitigación, Operaciones, Drone, UAS, Delivery, Transporte, Entrega, Reparto, Distribución, Paquetes, Encomiendas, Carga.

Título en inglés

**Summary**



Thanks to the technological advances that have been presented in recent years and their rapid adaptation to unmanned aircraft systems, an exponential increase in the hardware and software capabilities of these aircraft has been generated (Chen et al., 2023), which has caused a revolution of innovation in the adaptation of new configurations to drones, so that they can fulfill a wide range of new roles and functions (Park et al., 2018), to satisfy the multiple needs of humanity, even related to commercial and industrial sectors (Mukhamediev et al., 2021), such as photography, filming, mapping through photogrammetry, inventory management, air shows, work in difficult-to-access areas such as mining or work in high rises (painting, cleaning glass buildings), infrastructure construction, search and rescue, surveillance, firefighting such as “e-hang firefighting” (Randall, 2020), police transportation such as the “hoverbike” (Blackstock, 2018), transportation of medicines (Korosec, 2022), agricultural spraying (VILLEGAS, 2016), transportation of people like the “E-hang 216” (Ehang, 2023), among many others.

These new configurations, capabilities and uses of drones, added to the low cost, lower risk and low environmental impact, have caused more and more companies to be interested in using drones to support their commercial and/or industrial activities (Valencia-Arias et al. ., 2022), thus causing a gigantic increase in the production, marketing and use of drones throughout the world (Mukhamediev et al., 2021), which has resulted in a significant increase in aerial actors that interact within the same space, causing a directly proportional increase in threats, dangers and risks, which are accentuated when this phenomenon focuses on the introduction of an incipient aviation system, to relate to an already developed and experienced manned aviation system (Shao , 2020).

This article focuses on specifically analyzing one of these new roles that drones are assuming today, such as “cargo transportation (packages, parcels) with drones”, better known as “drone delivery”; since it is one of the commercial activities with drones, which presents the greatest interest, boom and progress in starting its commercial exploitation worldwide (Park et al., 2018), in addition in Colombia the first demonstrations and intentions to start with this have already begun. commercial practice, specifically in the city of Medellín, where the local government and the civil aeronautical authority have already spoken publicly about it, announcing the start of tests with drones for the delivery of packages over the Medellín River (Valencia-Arias et al. ., 2022), with a view to offering this service to the public in the near future according to the test results. Furthermore, last November 2023, the Colombian civil aeronautical authority sanctioned RAC 100, which already allows and regulates the development of this activity in Colombian territory (UAEAC, 2023).

The present research is qualitative with a systematic design, since sequential steps were used to analyze the data, grouping the information by categories for processing (Hernández Sampieri and Mendoza Torres, 2018), which was carried out through a series of literature reviews with a systemic approach, where a sequence of methodological steps were applied during the search, selection and classification of the literature, in order to facilitate the review, analysis and compression of the information (Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, 2003), to subsequently be subjected to an analysis process through matrices and analytical tools that allow determining a characterization of common factors and the trend of the occurrence, probability and severity of the risks that may arise. during drone cargo transportation operations.





The methodological analysis process of this article had as its starting point, establishing all the countries where “drone delivery” operations were carried out commercially, around the world, since it was necessary to start with this census to identify the total population of the study. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018) and because during the bibliographic review, an updated publication of scientific studies or information in open media could not be evidenced, where the number of companies or which countries offer the “drone” service could be established. delivery” at present, therefore this systemic review of literature was initiated (Caro et al., 2005), where 21 bibliographical sources were selected, of which, through a comparative correlational matrix, 47 companies that carry out parcel delivery operations were identified. currently using drones around the world and subsequently a review of the official pages of each of these companies was carried out, to establish the territories where they currently developed their “drone delivery” operations, identifying 27 countries where these companies currently operate, which which defined the population universe of the present investigation.

The next step was to define the size of the sample, however, since this is a qualitative research, the sample was selected tentatively and not probabilistically since the aim was not to generalize results (Hernández Sampieri and Mendoza Torres, 2018), but rather to delve deeper into the factors that intervene during the development of “drone delivery” operations. Therefore, the sample that was finally selected were the 7 countries that currently have the most companies carrying out cargo transportation with drones, which corresponds to 25% or the first quartile of the total population. Continuing with the investigative methodological process, we continued with the development of a characterization of the drone aerial regulations in these 7 countries, in order to identify the common risk factors to which these regulations are aimed at mitigating (Jones, s/ F).

In order to provide objectivity to this study and to be able to have a tool that would contribute to the assessment of the incidence (probability, severity) of each factor identified during the characterization process (Federal Aviation Administration, 2022), a review was carried out of systemic literature from publications in open media, related to incidents and accidents where drones have been involved, since there is no database of civil aeronautical authorities where these are officially registered, determining a total of 70 risk events where drones have been involved, which were classified in each of the aforementioned factors.

Finally, the information was processed in an analytical tool, which made it possible to show the trend in terms of probability and impact (CASA, 2014) of an incident or accident that is related to the previously identified factors, which allowed establishing as the main findings, that the risks that have the greatest tendency to occur and generate the greatest negative impact (ICAO, 2013) are mainly collisions in flight with manned aircraft and uncontrolled precipitation towards the surface, which involve the possibility of loss of human life and injuries to people's physical integrity (Shao, 2020).

This research article seeks to provide companies that intend to start the practice of “drone delivery” in Colombia, the fundamental bases to develop their risk panoramas and thus propose the vital points where they should focus their attention and efforts. mitigation. Therefore, having determined that the risks with the highest probability of occurrence and negative consequences during the “drone delivery” operation are possible collisions in flight between aerial actors and uncontrolled precipitation of UAS on people, the methods that are



currently being developed and applied around the world to mitigate these risks, such as: The adaptation of UTM (Unmanned Traffic Management) Technology (Straubinger, 2019), use of autonomous drones with continuous self-diagnosis of operation and automation to resolve problems. faults (Jiang et al., 2016) and allocation of air corridors free of human traffic, for the operation of cargo transportation using drones (Shao, 2020).

## Keywords

Risks, Mitigation, Operations, Drone, UAS, Delivery, Transportation, Delivery, Delivery, Distribution, Packages, Parcels, Cargo.

## Refencias Bibliograficas

- Blackstock, E. (2018). *Dubai's Police Force Have Started Training on Their Drone-Like Hoverbikes*. Jalopnik. <https://jalopnik.com/dubais-police-force-have-started-training-on-their-dron-1830357346>
- Caro, M. A., Rodríguez, A., Calero, C., Fernández-Medina, E., & Piattini, M. (2005). Análisis y revisión de la literatura en el contexto de proyectos de fin de carrera: Una propuesta. *Revista Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación*, 6(1), 9.
- CASA. (2014). *SMS 1, Safety management system basics*. [www.casa.gov.au/sms](http://www.casa.gov.au/sms)
- Chen, C., Zheng, Z., Xu, T., Guo, S., Feng, S., Yao, W., & Lan, Y. (2023). YOLO-Based UAV Technology: A Review of the Research and Its Applications. *Drones*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/drones7030190>
- Ehang. (2023). *The Era of Urban Air Mobility is Coming*. Ehang. <https://www.ehang.com/ehangaav/>
- Federal Aviation Administration. (2022). *Risk Management Handbook (FAA-H-8083-2A)*. 80. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-06/risk\\_management\\_handbook\\_2A.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-06/risk_management_handbook_2A.pdf)
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación - Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. <https://www.ebooks7-24.com:443/?il=6443>. En *Macgraw hill education*. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=metodologia+de+la+investigacion+roberto+sampieri&ots=TjTgUWUoE5&sig=4pB9KOGUJaydxelH8eCVCpcKJKw&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false%0Ahttps://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64018215/M](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=metodologia+de+la+investigacion+roberto+sampieri&ots=TjTgUWUoE5&sig=4pB9KOGUJaydxelH8eCVCpcKJKw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false%0Ahttps://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64018215/M)
- Jiang, T., Geller, J., Ni, D., & Collura, J. (2016). Unmanned Aircraft System traffic management: Concept of operation and system architecture. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 5(3), 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2017.01.004>
- Jones, T. (s/f). *Drone Regulation and Drone Delivery Services*.
- Korosec, K. (2022). *Zipline is now the national drone service provider for Rwanda*. Tech Crunch. <https://techcrunch.com/2022/12/15/zipline-is-now-the-national-drone-service-provider-for-rwanda/>
- Mukhamediev, R. I., Symagulov, A., Kuchin, Y., Zaitseva, E., Bekbotayeva, A., Yakunin, K., Assanov, I., Levashenko, V., Popova, Y., Akzhalova, A., Bastaubayeva, S., & Taby نباева, L. (2021). Review of some applications of unmanned aerial vehicles



technology in the resource-rich country. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21).  
<https://doi.org/10.3390/app112110171>

OACI. (2013). Safety Management Manual ( SMM ). En *Organization* (Vol. 2012, Número Third Edition). [http://www.icao.int/fsix/\\_Library/SMM-9859\\_1ed\\_en.pdf](http://www.icao.int/fsix/_Library/SMM-9859_1ed_en.pdf)

Park, J., Kim, S., & Suh, K. (2018). A Comparative Analysis of the Environmental Benefits of Drone-Based Delivery Services in Urban and Rural Areas. *sustainability*, 10(1–15).  
<https://doi.org/doi:10.3390/su10030888>

Randall, C. (2020). *Ehang presents fire-fighting drone*. *electrive.com*.  
<https://www.electrive.com/2020/08/11/ehang-presents-fire-fighting-drone/>

Shao, P. C. (2020). Risk assessment for UAS logistic delivery under UAS traffic management environment. *Aerospace*, 7(10).  
<https://doi.org/10.3390/AEROSPACE7100140>

Straubinger, A. (2019). Policies addressing possible urban air mobility market distortions-a first discussion. *Transportation Research Procedia*, 41(2016), 64–66.  
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.013>

Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal Management*, 14, 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>

UAEAC. (2023). *Rac 100 Operación De Sistemas De Aeronaves No Tripuladas Uas*. 56.

Valencia-Arias, A., Rodríguez-Correa, P. A., Patiño-Vanegas, J. C., Benjumea-Arias, M., De La Cruz-Vargas, J., & Moreno-López, G. (2022). Factors Associated with the Adoption of Drones for Product Delivery in the Context of the COVID-19 Pandemic in Medellín, Colombia. *Drones*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/drones6090225>

VILLEGAS, F. (2016). *Drones: alternativa para la aspersion aérea de productos agrícolas*. Cenicaña. <https://www.cenicana.org/drones-alternativa-para-la-aspersion-aerea-de-productos-agricolas/>



## Impacto de los Simuladores de Vuelo en el Proceso de Formación de los Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

Andrés Felipe Medina Vega  
Maestría en Seguridad Operacional  
Colombia

Oficial piloto nacido en el corregimiento de la Palma Cundinamarca, graduado de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez” perteneciente al curso No. 87, Ingeniero Informático, Especialista Estratégico en Investigación de Accidentes Aéreos de la Autoridad Aeronáutica de Aviación De Estado, cursando Maestría en Seguridad Operacional.

**Correo electrónico institucional:** [andres.medina@fac.mil.co](mailto:andres.medina@fac.mil.co)

**Línea de investigación:** Factores Humanos

### Resumen

Durante el proceso de formación como oficiales del personal cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez” (EMAVI), se encuentra una de las fases primordiales para concluir su desarrollo profesional, la fase de vuelo. Esta fase permite a los alumnos tener su primera interacción con las condiciones y características de las aeronaves y su envolvente de vuelo. Así se establece un programa de entrenamiento dividido en dos ejes: un teórico y uno práctico. Estos ejes permiten al cadete desarrollar de manera íntegra las condiciones y habilidades necesarias para formarse como pilotos militares. Este escrito pretende identificar la injerencia del uso de herramientas tecnológicas en el proceso de vuelo de los alumnos, mostrando desde una perspectiva analítica-cuantitativa como estos dispositivos intervienen en todos los niveles del proceso.

Dentro del eje teórico el cadete conoce y desarrolla los conceptos aeronáuticos vitales para comprender las aeronaves, su comportamiento y su interacción en los diferentes medios donde opera. En el eje práctico aplica los conocimientos teóricos y desarrolla las habilidades físicas requeridas para manipular y controlar el comportamiento de una aeronave durante las diferentes fases del vuelo. Es en esta etapa donde se evidencia la mayor falencia en proceso de formación como piloto de los cadetes, ya que, al interactuar físicamente por primera vez con los controles de vuelo de las aeronaves, en muchos casos, estos no corresponden a los estándares mínimos requeridos para controlar y volar la aeronave, esto se presenta en mayor medida por la incapacidad cognitiva y física del individuo, resultando en la eliminación del proceso de formación como pilotos al interior de la EMAVI (Álvarez, Castillo, 2022).

El análisis desarrollado por (Suarez, 2022) sobre la estadística de alumnos de vuelo que reposa en el Grupo de Vuelos de la EMAVI, evidenció que entre el año 2017 y 2021, un total de 443 cadetes alumnos desarrollaron el curso de vuelo, de los cuales 122 fueron eliminados del proceso, evidenciando una desvinculación del proceso de vuelo del 27% de los alumnos.



Las estadísticas reflejan que entre el 2017 y el 2018 se produjo la mayor cantidad de eliminación de alumnos de vuelo, y es a partir del 2020 donde la tasa de eliminación se reduce notablemente. Los datos evidenciados anteriormente muestran la eficacia de la implementación de los programas de simulación en el proceso de formación de vuelo, así como se describe en el artículo publicado titulado *“Flight Simulation In Air Force Training. A Knowledge Transfer Efficiency Perspective”*, donde muestran que la preparación y formación de pilotos con mayor eficiencia se realiza actualmente en simuladores. Así mismo la obligación de realizar pruebas mediante simulación llevó a la estandarización de los simuladores de vuelo, para garantizar la coherencia del sistema y correlacionar los vínculos entre los operadores y las autoridades reguladoras y fabricantes de sistemas.

El artículo también resalta que, la simulación contribuye de manera importante a la mejora de la seguridad en la aviación, reduce los costos generales de formación y tiene un buen impacto en la conservación del medio ambiente. (FLIGHT SIMULATION IN AIR FORCE TRAINING, 2013). Por eso, al analizar los resultados de la EMAVI, se atribuye a la implementación y organización del Centro de Excelencia Operacional de la EMAVI en 2019, donde se rediseñaron planes de entrenamiento para implementar simuladores de vuelo.

De esta forma, el cadete adquiere las competencias necesarias para identificar qué acciones puede implementar ante una situación de vuelo en circunstancias reales. Este método de adiestramiento es una forma indirecta de adquirir nociones y experiencia que puede transferirse directamente a una realidad de vuelo (Limanche, Rojas, & Murillo, 2010).

Durante el proceso de formación es importante dimensionar la perspectiva económica que se encuentra implícita en el entrenamiento de los pilotos. Esto teniendo en cuenta que, para este proceso se asignan recurso del Estado Colombiano, personificados en la asignación de personal especializado y el costo de las horas de vuelo de las aeronaves asignadas a cada alumno.

Por lo anterior, la implementación de equipos, como los simuladores de vuelo, permiten desarrollar un proceso de entrenamiento previo al vuelo real complementario, donde el alumno puede, a través de la práctica en escenarios digitales simulados, mejorar sus capacidades físicas y mentales, antes de enfrentarse a las condiciones de una aeronave real. Se reducen los costos significativamente, teniendo en cuenta que los simuladores de vuelo tienen menores precios en el mercado, así como ciclos de mantenimiento más sencillos, cortos y económicos. Al estar en tierra permite un fácil acceso para su uso, lo cual reduce los tiempos de inactividad, así como la ventaja que sus sistemas mecánicos son de fácil acceso y compra, facilitando los procesos técnicos de manera rápida y precisa, reduciendo al mínimo los tiempos de mantenimiento (Martin, 2016).

Así como se muestran en los resultados obtenidos con el estudio desarrollado en el artículo titulado *“Importance Of Flight Simulation In The Primary Training Of Colombian Air Force Pilots, For The Proper Management Of Defense Resources”*, donde se observa una reducción del 4.5 % en los costos de operación y mantenimiento de un simulador frente al de una aeronave real (Suarez, 2022).





Así mismo se presentaría una reducción notable en los recursos dispuestos en este proceso, ya que al preparar previamente al alumno antes de iniciar un proceso de vuelo real, se aumenta la probabilidad de que este pueda finalizar su curso de manera positiva, reduciendo la tasa de eliminación y las horas de vuelo en alumnos que no culminaran esta etapa.

La implementación de simuladores de vuelo en la formación como pilotos militares de los cadetes de la EMAVI ha mejorado los procesos de entrenamiento de vuelo primario al interior de FAC, reduciendo el 36 % en la eliminación de los alumnos de vuelo, y evidenciando una disminución significativa en los costos (horas de vuelo y horas laborales), generando un impacto institucional de gran magnitud, afectando los tres ejes primarios del funcionamiento de la FAC; administración de personal, recursos económicos y seguridad operacional. Este último atacado directamente con el mejoramiento de los planes de entrenamiento en simulador, al permitir graduar pilotos con mayores competencias técnicas y no técnicas, que soportan el proceso de tomas de decisiones y administración de riesgos y peligros implícitos en el ámbito aeronáutico.

**Palabras clave:** Alumno de vuelo, entrenamiento, habilidades, simulador de vuelo, vuelo primario.

## **Impact of Flight Simulators on the Training Process of the Cadets of the “Marco Fidel Suárez” Military Aviation School**

### **Abstract**

During the training process as cadet staff officers of the “Marco Fidel Suarez” Military Aviation School (EMAVI), there is one of the essential phases to conclude their professional development, the flight phase. This phase allows students to have their first interaction with the conditions and characteristics of the aircraft and its flight envelope. This establishes a training program divided into two axes: a theoretical and a practical one. These axes allow the cadet to fully develop the conditions and skills necessary to train as military pilots. This paper aims to identify the interference of the use of technological tools in the students' flight process, showing from an analytical-quantitative perspective how these devices intervene at all levels of the process.

Within the theoretical axis, the cadet knows and develops the aeronautical concepts vital to understanding aircraft, their behavior and their interaction in the different environments where they operate. In the practical axis, you apply theoretical knowledge and develop the physical skills required to manipulate and control the behavior of an aircraft during the different phases of flight. It is at this stage where the greatest shortcoming is evident in the cadets' pilot training process, since, when physically interacting for the first time with the aircraft flight controls, in many cases, these do not correspond to the minimum standards required for control and fly the aircraft, this occurs to a greater extent due to the cognitive





and physical inability of the individual, resulting in the elimination of the training process as pilots within the EMAVI (Álvarez, Castillo, 2022).

The analysis developed by (Suarez, 2022) on the statistics of flight students that rests in the EMAVI Flight Group, shows that between 2017 and 2021, a total of 443 student cadets developed the flight course, of which 122 were eliminated from the process, which shows a disengagement from the flight process of 27% of the students.

The statistics reflect that between 2017 and 2018 the largest number of flight students were eliminated, and it is from 2020 onwards that the elimination rate is significantly reduced. The data evidenced above show the effectiveness of the implementation of simulation programs in the flight training process, as described in the published article titled “Flight Simulation In Air Force Training. A Knowledge Transfer Efficiency Perspective”, where they show that the preparation and training of pilots with greater efficiency is currently carried out in simulators. Likewise, the obligation to carry out simulation testing led to the standardization of flight simulators, to guarantee system coherence and correlate the links between operators and regulatory authorities and system manufacturers.

The article also highlights that simulation contributes significantly to improving aviation safety, reduces overall training costs and has a good impact on environmental conservation. (FLIGHT SIMULATION IN AIR FORCE TRAINING, 2013). Therefore, when analyzing the EMAVI results, it is attributed to the implementation and organization of the EMAVI Center of Operational Excellence in 2019, where training plans were redesigned to implement flight simulators.

In this way, the cadet acquires the necessary skills to identify what actions he can implement in a flight situation in real circumstances. This training method is an indirect way of acquiring notions and experience that can be directly transferred to a flight reality (Limanche, Rojas, & Murillo, 2010).

During the training process it is important to dimension the economic perspective that is implicit in pilot training. This is taking into account that, for this process, resources from the Colombian State are assigned, personified in the assignment of specialized personnel and the cost of the flight hours of the aircraft assigned to each student.

Therefore, the implementation of equipment, such as flight simulators, allows the development of a complementary training process prior to real flight, where the student can, through practice in simulated digital scenarios, improve their physical and mental capabilities, before to face the conditions of a real aircraft. Costs are significantly reduced, taking into account that flight simulators have lower prices on the market, as well as simpler, shorter and cheaper maintenance cycles. Being on land allows easy access for use, which reduces downtime, as well as the advantage that its mechanical systems are easy to access



and purchase, facilitating technical processes quickly and accurately, reducing time to a minimum. maintenance (Martin, 2016).

As shown in the results obtained with the study developed in the article titled "Importance Of Flight Simulation In The Primary Training Of Colombian Air Force Pilots, For The Proper Management Of Defense Resources", where a 4.5% reduction in the operation and maintenance costs of a simulator compared to that of a real aircraft (Suarez, 2022).

Likewise, there would be a notable reduction in the resources available in this process, since by previously preparing the student before starting a real flight process, the probability that he can finish his course positively is increased, reducing the rate of elimination and flight hours in students who did not complete this stage.

The implementation of flight simulators in the training of EMAVI cadets as military pilots has improved the primary flight training processes within FAC, reducing the elimination of flight students by 36%, and evidencing a significant decrease in costs (flight hours and work hours), generating a large institutional impact, affecting the three primary axes of the FAC's operation; personnel administration, economic resources and operational security. The latter is directly attacked with the improvement of simulator training plans, by allowing the graduation of pilots with greater technical and non-technical skills, which support the decision-making process and management of risks and dangers implicit in the aeronautical field.

**Keywords:** Flight student, training, skills, flight simulator, primary flight.

## Bibliografía

Flight Simulation In Air Force Training. (2013). *Alexandru GHEORGHIU*, 7.

Ricardo, S. S. (2021). Importance Of Flight Simulation In The Primary. *La 17ª Conferencia Científica Internacional* (p. 12). Braşov: Regional Department of Defense Resources Management Studies.

Limanche, A., Rojas, P., & Murillo, M. (2010). *Design of a Modern Real-Time Flight Simulator in Computational Mechanics*. International Center of Computational Methods in Engineering (CIMEC).

Martin, E. (2016). Trainers and flight simulators in the Army. Histarmar Foundation.

W. (2021, 23 abril). Evidence Based Training: How to improve this concept in regular line operations. CEFA Aviation. <https://www.cefa-aviation.com/evidence-based-training-how-to-improve-this-concept-in-regular-line-operations>.



# I Simposio de **INVESTIGACIÓN FORMATIVA**

VANDELLÓS, A. N. (3-4 de Octubre de 2019). Il congreso prevencionar 2019. Simulador de factores huemanos: el entrenamiento como pilar de la mejora continua de la cultura de seguridad: <https://www.anav.es/es/search/ffhh/>.



## **Resultados Preliminares del estudio de Factores Asociados al Rendimiento en Mantenimiento de la Flota HUEY II de la Fuerza Aérea Colombiana**

Ricardo Andrés Rozo Linares  
Maestría en Seguridad Operacional  
Colombia

Oficial de grado Mayor de la Fuerza Aérea Colombiana, Piloto de helicópteros y de avión, Ingeniero Informático de la Escuela Militar de Aviación, Curso en Seguridad Aérea, Curso Investigación de Accidentes en Helicópteros, Especialista Operacional Instrucción vuelo primario y básico de la Jefatura de Educación Aeronáutica y Espacial.

**Correo electrónico institucional:** [ricardo.rozo@fac.mil.co](mailto:ricardo.rozo@fac.mil.co)

**Línea de investigación:** Gestión de la Seguridad Operacional

### **Resumen**

La industria aeronáutica a nivel mundial entendió que para cumplir de manera eficiente sus operaciones y contar con niveles de seguridad operacional aceptables, se debe implementar procesos continuos que permitan identificar peligros y mitigar riesgos (OACI, 2018). Un factor fundamental que esta alineado con la mitigación de los riesgos es el monitoreo del rendimiento de las aeronaves, para ello la FAC tiene establecidos los *Key Performance Indicators* (KPI), que son los encargados de evaluar el rendimiento de los diferentes tipos de aeronaves y sus procesos mantenimiento, con el fin de cumplir con su misión constitucional y optimizar los recursos asignados (Raju et al., 2012).

La institución militar cuenta con diferentes tipos de aeronaves tanto de ala fija como ala rotatoria, esto implica que la implementación de defensas como procedimientos, entrenamiento y la adquisición de tecnología sea un desafío para el sistema de gestión de seguridad operacional. Por otra parte, se observa que el factor técnico es la variable que afecta en mayor medida los niveles de seguridad operacional. El proyecto de investigación busca identificar los factores asociados al rendimiento de la flota de helicópteros UH-1H II (HUEY II), considerando que entre 2013 y 2023 ha presentado 399 eventos de seguridad operacional, de los cuales el 73,1% se relacionan con el factor técnico. La flota de helicópteros HUEY II ha estado al servicio de la FAC desde el año 1969 y según la identificación de riesgos en 2019 fue considerada como flota crítica del Comando Aéreo de Combate No. 4. Las organizaciones de la industria aeronáutica, al igual que la FAC son conscientes de la importancia de adquirir nuevas tecnologías, sin embargo, es importante establecer indicadores retrospectivos que evalúen de manera constante su rendimiento con base en la experiencia y el modo de falla (Roelen & Klompstra, 2012).

El estudio tiene un enfoque mixto – descriptivo, que busca determinar los factores que inciden de manera positiva o negativa en el rendimiento de la flota, con base en el análisis de las fallas de mantenimiento entre el año 2016 y 2022, mediante la aplicación de modelos



estadísticos que permitan conocer el estado actual del sistema y evaluar el rendimiento de la flota respecto a los niveles aceptables de riesgo operacional (NARO) establecidos por la FAC (Hernández & Mendoza, 2018) (Ward et al., 2010).

Primero, se realizó la recolección de datos por medio de las bases de datos que usa mantenimiento para el registro de fallas (Sistema de información SAP) donde se realizó la identificación de la cantidad de falla que presentan los helicópteros HUEY II entre los años 2016 y 2022. Luego, a través de un diagrama de Pareto (regla del 80/20), se logró identificar los sistemas que presentaban mayor número de fallas, no obstante, el resultado mostró que el sistema de mayor ocurrencia de fallas es el ATA 34 que hace referencia a sistema de navegación. Cuando se hace la correlación de la evaluación de riesgos por medio de la metodología ARMS (Aviation Risk Management Solutions) dejó en evidencia que el sistema que más presenta fallas no representa un riesgo alto para la operación de las aeronaves. Para esto, se aplicó un instrumento (encuesta) a 76 pilotos del equipo HUEY, que permitió validar los sistemas que consideraban críticos de acuerdo con la experiencia operacional. Los 5 sistemas que tienen mayor relevancia en caso de presentar una falla son los siguientes: motor y planta de potencia (ATA 72) con 96,1%, rotor de cola (ATA 64 y 65) con 88,4%, rotor principal (ATA 62) con 69,2%, controles de vuelo (ATA 27) con 57,6% y el sistema de impulsor del rotor principal (ATA 63) con 38,4%.

Segundo, se realizó una caracterización de los datos donde se logró analizar 4761 fallas de los sistemas críticos validados. Se encontró que cerca de 40% de las fallas tuvieron que reclasificarse después de verificar la descripción de los reportes. Posterior, se hizo la evaluación del desempeño actual de la flota a través del análisis del comportamiento del tiempo medio entre falla (MTBF por sus siglas en inglés), con el fin de identificar momentos en el tiempo donde el rendimiento estuvo por fuera de los niveles aceptables de riesgos operacional. Una vez se determinó el desempeño actual y excursiones fuera de los parámetros establecidos, se busca hacer un análisis estadístico multivariado (regresión lineal múltiple) que permita predecir la cantidad de fallas y reducir el MTBF a través de la implementación de RCM que busque la migración de procesos de mantenimiento reactivo a procesos predictivos, que permita aumentar el rendimiento operacional de la flota (Smith, 1993) (Li et al., 2022).

El modelo estadístico de regresión lineal múltiple permite determinar la incidencia que tiene la cantidad de fallas y las horas de operación sobre el desempeño de la flota. Lo anterior busca dar soporte matemático para la implementación de los indicadores de rendimiento en seguridad (SPI por sus siglas en inglés). Además, verificar momentos en el tiempo donde el rendimiento de la flota tuvo comportamientos (superiores o inferiores) a los esperados por la organización (Pettit et al., 2001)

Las conclusiones parciales del proceso de investigación corroboran que la flota de helicópteros HUEY II debe tener un monitoreo continuo de su rendimiento en mantenimiento, ya que el 73,1% del total de eventos presentados están relacionados con el factor técnico. Se evidenció que existen falencias en la estandarización del personal de mantenimiento frente a la clasificación de fallas según el sistema ATA 100, considerando que durante el proceso de análisis de datos fue necesario la reclasificación de 2190 de 4761 fallas. Se logró la identificación y validación de los 5 sistemas que generan una mayor





afectación al desempeño de la flota de acuerdo con la metodología ARMS para la estimación de riesgos asociados a la operación.

De igual forma, se logró la recolección de datos para analizar y predecir el desempeño de la flota aplicando la regresión lineal para identificar el patrón de comportamiento frente a los SPI, referido al factor mantenimiento. Además, los procesos de seguridad operacional y los de mantenimiento pueden mejorar la ejecución de iniciativas que busquen la optimización de recursos, el mejoramiento del desempeño de sus aeronaves y reduzcan la ocurrencia de eventos de seguridad por factor técnico.

**Palabras clave:** Aeronaves, confiabilidad, indicadores, mantenimiento, seguridad operacional, sistemas críticos, cultura organizacional.

### **Preliminary Results of the Study of Factors Associated with the Maintenance Performance of the Colombian Air Force HUEY II Fleet**

#### **Abstract**

The aeronautical industry worldwide understood that in order to efficiently fulfill its operations and have acceptable safety levels, continuous processes must be implemented to identify hazards and mitigate risks (ICAO, 2018). A fundamental factor is the monitoring of aircraft performance, from the technical point of view, the FAC has indicators that evaluate the performance of the different types of aircraft and their maintenance processes, in order to fulfill its constitutional mission and optimize the resources allocated (Raju et al., 2012).

In addition, the military institution has several types of aircraft, both fixed wing and rotary wing, which is why the implementation of risk mitigation defenses (regulations, training and technology) is a challenge for operational safety management systems. The research project is aimed at identifying the factors that are associated with the performance of the UH-1H II (HUEY II) helicopter fleet. This aircraft entered FAC service in 1969 and has a statistic of 399 operational safety events reported between 2013 and 2023, of which 73.1% were due to technical factors (maintenance). Despite advances in technology, it is important for organizations to establish retrospective indicators of their performance based on experience and failure mode (Roelen & Klompstra, 2012).

The study has a mixed - descriptive approach, which seeks to determine the factors that positively or negatively affect fleet performance, based on the analysis of maintenance failures between 2016 and 2022, through the application of statistical models that allow knowing the current state of the system and evaluating the fleet performance with respect to the acceptable levels of operational risk (NARO) established by the FAC (Hernandez & Mendoza, 2018) (Ward et al., 2010).

First, the identification of critical systems during the operation was performed, from the pilots' point of view, in order to evaluate situations where the severity of the failure can have a catastrophic result in case of occurrence. For this purpose, an instrument (survey) was applied to 76 pilots of the HUEY team, which allowed to determine the systems that



they considered critical according to their operational experience. The 5 systems that are most relevant in case of failure are the following: engine and power plant (ATA 72) with 96.1%, tail rotor (ATA 64 and 65) with 88.4%, main rotor (ATA 62) with 69.2%, flight controls (ATA 27) with 57.6% and the main rotor impeller system (ATA 63) with 38.4%.

Once the critical systems were validated by the most experienced pilots, data was collected on the failures presented to identify the behavior during operation, resulting in the meantime between failures (MTBF) per critical system. Next, a multivariate statistical analysis of the impact of maintenance tasks, failure correction and major repairs (overhaul) on the operational performance of the fleet is sought (Li et al., 2022).

According to the complexity of the object of study, a multivariate analysis was chosen as a statistical method to help in the performance forecast based on the number of failures per critical system and the number of operating hours per year (Closas et al., 2013). Finally, the results will help in the establishment of safety performance indicators (SPI), which allow verifying moments in time when the fleet performance had behaviors (higher or lower) than those expected by the organization (Pettit et al., 2001).

The partial conclusions of the research process corroborate that the HUEY II helicopter fleet must have a continuous monitoring of its performance, since it has presented one of the highest rates of occurrence of safety events compared to other types of rotary wing aircraft. Likewise, it is evident that the FAC does not have a standardized procedure for the establishment of the SPI, which refers to the maintenance factor. In addition, the operational safety and maintenance processes can improve the execution of initiatives that seek the optimization of resources, the improvement of aircraft performance and reduce the occurrence of safety events due to technical factors.

**Key words:** Aircraft, reliability, indicators, maintenance, operational safety, critical systems, organizational culture.

nance and its implications for hazard identification. *Ergonomics*, 53(2), 247-267.

## Referencias Bibliográficas

Closas, A. H., Arriola, E. A., Kuc Zening, C. I., Amarilla, M. R., & Jovanovich, E. C. (2013). Análisis multivariante, conceptos y aplicaciones en psicología educativa y psicometría. *Enfoques*, 25(1), 65-92.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). In Mc Graw Hill (Ed.), *Metodología de la investigación* (Primera ed.)



- Li, C., Zhang, Y., Su, X., & Wang, X. (2022). An improved optimization algorithm for aeronautical maintenance and repair task scheduling problem. *Mathematics*, 10(20), 3777.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2018). Doc 9859. Manual de Gestión de Seguridad Operacional (Cuarta ed.). Montreal: OACI.
- Pettit, D., Turnbull, A., & Roelant, H. A. (2001). General aviation aircraft reliability study. (NAS 1.26: 210647)
- Raju, V., Gandhi, O. P., & Deshmukh, S. G. (2012). Maintenance, repair, and overhaul performance indicators for military aircraft. *Defence Science Journal*, 62(2), 83-89.
- Roelen, A., & Klompstra, M. B. (2012). The challenges in defining aviation safety performance indicators. *Preprint for PSAM II and ESREL*, , 25-29.
- Ward, M., McDonald, N., Morrison, R., Gaynor, D., & Nugent, T. (2010). A performance improvement case study in aircraft maintenance and its implications for hazard identification. *Ergonomics*, 53(2), 247-267.



## **Análisis de datos de vuelo un camino eficiente para la optimización de la seguridad operacional**

John Jairo Sánchez Muñoz  
Maestría en seguridad operacional  
Colombia

Oficial de la reserva activa de la Fuerza Aérea Colombiana, administrador aeronáutico de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, del cuerpo de vuelo especialidad piloto, estudiante maestría en seguridad operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

**John.sanchez@epfac.edu.co**

**Línea de investigación:** Factores Humanos

### **Resumen**

La innovación en la industria aeronáutica y los amplios avances en automatización y sistemas de información hace que la aviación tome un curso más dinámico y eficiente, y permite la transición hacia un enfoque predictivo y sistémico para la gestión de la seguridad de la aviación la cual puede apoyar la toma de decisiones basados en datos (Jung et al., 2018). Con el desarrollo de programas de análisis de datos de vuelo como herramienta confiable y eficiente permite obtener estrategias para la optimización de la seguridad operacional (Ranjan et al., 2022).

La necesidad de crear programas de análisis de datos data de 1960, y las primeras compañías y organizaciones pioneras en su desarrollo encontraron en su desarrollo una importante e innovadora idea, que a través de los datos permite encontrar tendencias y parametrizar procedimientos de acuerdo a las exigencias de cada una de ellas, es ahí donde se plantea como un Flight Data Analysis FDA puede integrarse con un método para la toma de decisiones y cumplir con el aseguramiento de la calidad, componente del sistema de administración de la seguridad de una compañía(OACI, 2014).

Como objetivo principal de este artículo es mostrar el funcionamiento de un programa de análisis de datos e identificar estrategias o ideas que permitan tomar decisiones no solo a nivel operativo, mejorando los procedimientos y corrigiendo fallas y errores, si no también desde el área directiva organizacional tomar decisiones adecuadas que realmente muestren un cambio significativo en la cultura de la seguridad (Jung et al., 2018).

Para ello se efectuó un estudio minucioso y se aplicó un enfoque investigativo de tipo mixto (Johnson y Christensen, 2014) ya que revisando las variables principales de manera cuantitativa del sistema se puede identificar cuáles son los puntos estratégicos y los datos más relevantes en una compañía o escuadrón de vuelo, y de manera cualitativa se hace imperante conocer que saben las tripulaciones de estos sistemas y como se realiza su



retroalimentación con respecto a los datos obtenidos por el programa, y en si su funcionamiento, aplicabilidad por medio de las tendencias y la información recibida, finalmente las decisiones a nivel gerencial.

Adicional se desarrolló una serie de entrevistas a expertos en la diferentes aerolíneas locales del área de seguridad operacional en donde se arrojaron resultados satisfactorios en cuanto a la información de cómo funciona este tipo de programas en una compañía, cuáles son los enfoques y la explicación en forma general que hacen y como procesan los datos de vuelo obteniendo resultados altamente estratégicos que han permitido que cada vez se cierre más la brecha de ocurrencia de eventos ya sean accidentes o incidentes.

Para el funcionamiento del programa de análisis de datos es necesario conocer sus características y su uso por lo que vio la importancia de crear el manual del usuario para un sistema de análisis de datos explicando su diseño y de cómo se fue perfeccionando toda su arquitectura partiendo desde algoritmos y diseños de tableros de datos digitalizados utilizando como prototipo una aeronave de la Fuerza Aérea Colombiana para ir verificando la generación de lectura de datos y como podrá llegar a ser usado por el equipo de analistas lo cual permitirá un rápida y factible toma de datos.

Finalmente el desarrollo de la investigación no apunta solo a identificar los avances de la aplicabilidad y puesta en funcionamiento de un programa de análisis de datos de vuelo sino también las estrategias y posibles actividades que se generen a partir de esa información como son indicadores o analizadores de factores de riesgo que pueden llegar a constituirse una parte fundamental para el cumplimiento no solo de un sistema de administración de la seguridad sino también de los estándares de aviación en el mundo.

**Palabras clave:** Análisis de datos de vuelo, Seguridad operacional, Sistema de administración de la seguridad, aseguramiento de la seguridad, toma de decisiones

### Referencias Bibliograficas

Jung, H., Merens, M., Valipour, M., Liang, X., Abboud, D., Wen, H. A., Yuan, Y., & Zimmerman, R. (2018). *DATA-DRIVEN DECISION-MAKING PROCESSES, DATA SERVICES AND APPLICATIONS FOR GLOBAL AVIATION SAFETY. 2.*

Ranjan, S., Anand, G., Nanda, M., & Lakshmi, S. J. (2022). Design and Development of Flight Data Visualization Tool for Post Flight Analysis. *ITM Web of Conferences, 50*, 02003. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20225002003>

OACI, Organización de aviación civil internacional, Documento 10000 AN 501, Manual sobre programa de análisis de datos de vuelo (FDAP) primera edición 2014

Johnson, R. B., & Christensen, L. (2019). *Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches.* SAGE Publications.





## Flight Data Analysis: An Efficient Path to Safety Optimization

### Summary

Innovation in the aviation industry and extensive advances in automation and information systems are taking aviation on a more dynamic and efficient course and enabling the transition to a predictive and systemic approach to aviation safety management that can be supported by data-driven decision-making (Jung et al., 2018) and with the development of flight data analysis programs as a reliable and efficient tool, it allows to obtain strategies for the optimization of operational safety (Ranjan et al., 2022).

The need to create data analysis programs dates back to 1960, and the first pioneering companies and organizations in its development found in its development an important and innovative idea of using data to find trends and parameterize procedures according to the demands of each of them, that is where it is proposed how an FDA can be integrated with a method for decision-making and comply with assurance of the quality component of a company's security management system (ICAO, 2014).

The main objective of this article is to show the operation of a data analysis program and identify strategies or ideas that allow decisions to be made not only at the operational level, improving procedures and correcting failures and errors, but also from the organizational management area to make concrete and efficient decisions that really show a significant change in the safety culture (Jung et al., 2018).

To this end, a detailed study was carried out and a mixed research approach was applied (Johnson & Christensen, 2014) since by reviewing the main variables quantitatively of the system, it is possible to identify which are the strategic points and the most relevant data in a company or flight squadron, and qualitatively it is imperative to know what the crews know about these systems and how their feedback is made with respect to the data obtained by the program, and its operation itself, applicability through trends and the information received, finally decisions at the management level.

In addition, a series of interviews were conducted with experts in the different local airlines in the area of operational safety, where satisfactory results were obtained in terms of information on how this type of program works in a company, what are the approaches and the explanation in a general way that they do and how they process flight data, obtaining highly strategic results that have allowed the gap to be increasingly closed. occurrence of events, whether accidents or incidents.

For the operation of the data analysis program, it is necessary to know its characteristics and its use, so he saw the importance of creating a user manual for a data analysis system, explaining its design and how its entire architecture was perfected, starting from algorithms



and designs of digitized data dashboards using as a prototype an aircraft of the Colombian Air Force to verify the generation of data reading and how it can be used by the team of analysts, which will allow a quick and feasible data collection.

Finally, the development of the research aims not only to identify the advances in the applicability and implementation of a flight data analysis program, but also the strategies and possible activities that are generated from this information, such as indicators or risk factor analyzers that can become a fundamental part of the compliance not only of a safety management system, but also of the safety management system. aviation standards around the world.

**Keywords:** Flight Data Analysis, Operational Safety, Safety Management System, Safety Assurance, Decision Making

### **Bibliographical References**

Jung, H., Merens, M., Valipour, M., Liang, X., Abboud, D., Wen, H. A., Yuan, Y., & Zimmerman, R. (2018). *DATA-DRIVEN DECISION-MAKING PROCESSES, DATA SERVICES AND APPLICATIONS FOR GLOBAL AVIATION SAFETY. 2.*

Ranjan, S., Anand, G., Nanda, M., & Lakshmi, S. J. (2022). Design and Development of Flight Data Visualization Tool for Post Flight Analysis. *ITM Web of Conferences, 50*, 02003. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20225002003>

ICAO, International Civil Aviation Organization, Document 10000 AN 501, Flight Data Analysis Program (FDAP) Manual First Edition 2014

Johnson, R. B., & Christensen, L. (2019). Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches. SAGE Publications.



## **Identificación de los Factores Contribuyentes al Error Humano en los Procesos de Mantenimiento del Escuadrón Técnico de Grupo Aéreo del Oriente**

*Nelson Enrique Gómez Reina*  
*Maestría en Seguridad Operacional*  
*Colombia*

Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana de grado Mayor, Ingeniero Aeronáutico, Estudiante Maestría en Seguridad Operacional, Escuela de Posgrados Fuerza Aeroespacial Colombiana.

**Correo electrónico institucional:** [nelson.gomez@fac.mil.co](mailto:nelson.gomez@fac.mil.co)  
**Línea de investigación:** Factores Humanos

### **Resumen**

La identificación de los factores contribuyentes al error humano dentro del ámbito aeronáutico ha sido un tema clave como herramienta para la identificación de riesgos y mitigación de peligros dentro de los programas de seguridad operacional. Esta identificación de factores no es común en los procesos de mantenimiento en las organizaciones de mantenimiento aprobadas, lo que genera un ambiente propicio para que el personal técnico aeronáutico cometa errores en el interior de los procesos de mantenimiento. La investigación pretende identificar los factores contribuyentes al error humano en los procesos de mantenimiento del Escuadrón Técnico de Grupo Aéreo del Oriente, para mejorar la seguridad operacional. Con una revisión bibliográfica y documental se identificó la tendencia mundial de los contribuyentes al error humano en los procesos de mantenimiento en las organizaciones de mantenimiento aprobadas, con esta información y el método (e) Delphi, se diagnosticaron los factores que afectan al personal técnico de GAORI.

**Palabras clave:** Factores contribuyentes, error humano, procesos de mantenimiento, mitigación de riesgo, seguridad operacional.

### **1. Introducción**

La presente investigación se centra en la identificación de los factores contribuyentes al error humano en los procesos de mantenimiento del Escuadrón Técnico de Grupo Aéreo del Oriente. Teniendo en cuenta lo expuesto por el señor Brigadier General Comandante de Operaciones Aéreas (COAES) de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC), en Reunión de Seguridad FAC el día 9 de febrero del 2024, en donde se da a conocer que el 40% de los eventos de seguridad a nivel Fuerza ocurridos en el 2023, tienen su origen en los procesos de mantenimiento, y que en un periodo de 14 meses se presentaron 3 eventos de seguridad en GAORI por la misma causa, es de suma importancia identificar los factores contribuyentes a los errores del personal técnico con el fin de evitar la repetición de estos eventos y aumentar la Seguridad Operacional. Esta investigación está circunscrita en el paradigma pragmático (Bernal, 2010), siendo de tipo aplicada (DuocUC, s.f), con enfoque



mixto ya que presenta correlación entre sus variables y con un alcance explicativo (Hernández y Mendoza, 2018). La población de estudio la componen 28 hombres y 2 mujeres, de los cuales se clasifican en 6 oficiales, 23 suboficiales y 1 civil, según el método elegido, la muestra es de tipo no aleatoria y, según los investigadores, escogen 8 personas con mayor experiencia en los procesos de mantenimiento.

### **1.1. El Error Humano en Mantenimiento**

El error humano se puede definir como la acción de una o más personas que resulta en un daño o avería a una aeronave, los errores pueden ser omisiones de obligaciones determinadas por los entes reguladores, casa fabricante o la organización (AEROCIVIL, 2007). También se puede definir como una acción involuntaria en un proceso de mantenimiento que puede resultar en un daño en la aeronave que representa un peligro y afecta la seguridad, este puede ser perceptible u oculto (Virovac et ál., 2017). Los errores humanos son los causales aproximadamente del 80% de los incidentes y accidentes de aviación (Khan, et ál, 2022).

### **1.2. Factores Contribuyentes al Error**

Los factores contribuyentes (FC) son condiciones latentes en el ecosistema laboral, favorecen que el personal técnico cometa errores aumentando potencialmente el riesgo de un incidente o accidente y afectando la seguridad operacional (CASA, 2013). Otra definición dice que los factores contribuyentes son las causas que afectan el rendimiento en el personal técnico, si estas causas se intervienen se reducirán los riesgos de un accidente (AEROCIVIL, 2007).

## **2. Metodología**

La presente investigación se desarrolló a través de dos pasos principales, el primero consiste en identificar las principales tendencias en factores contribuyentes al error humano en los procesos de mantenimiento a nivel mundial a partir de la búsqueda de bibliografía especializada, el cual, se afrontó a través de una revisión de fuentes bibliográficas científicas y publicaciones de autoridades aeronáuticas obteniendo como resultado los principales programas en factores contribuyentes que afectan al personal que interviene en los procesos de mantenimiento (Muneklich et ál, 2023). Después de obtener los resultados mencionados, se realiza un diagnóstico de los principales factores contribuyentes al error humano en los procesos de mantenimiento al interior del Escuadrón Técnico del GAORI, desarrollado mediante la construcción de un instrumento tipo encuesta Likert que validaron expertos externos al Escuadrón, una vez aprobado, se aplica con el método (e) Delphi (Romero-Collado, 2021).

## **3. Resultados**

El error humano no se presenta por casualidad, siempre hay factores que contribuyen a que se presente. La Organización de Aviación Civil (OACI) enumera más de 300 precondiciones o factores al error en todos los ámbitos de la aviación, en la Circular 240-AN/144 (OACI, 1993), existen programas humanos que identifican los factores contribuyentes al error, encontrando dos modelos principales Dirty Dozen y el Sistema de Clasificación y Análisis de Factores Humanos.

### 3.1. Dirty Dozen

Gordon Dupont desarrollo el modelo llamado Dirty Dozen, en cual se pudieron identificar los doce factores contribuyentes al error humano en el personal técnico (ver figura 1), cuando realizan sus labores de mantenimiento (Nzelu, et ál, 2018). La utilización de este modelo ha servido para el análisis e identificación de los factores contribuyentes que llevaron a que el personal de mantenimiento cometiera errores los cuales desencadenaron accidentes e incidentes (Muneklich et ál, 2023).

**Figura 1**

*Modelo Dirty Dozen*



Fuente: Elaboración propia a partir de (Muecklich et ál., 2023).

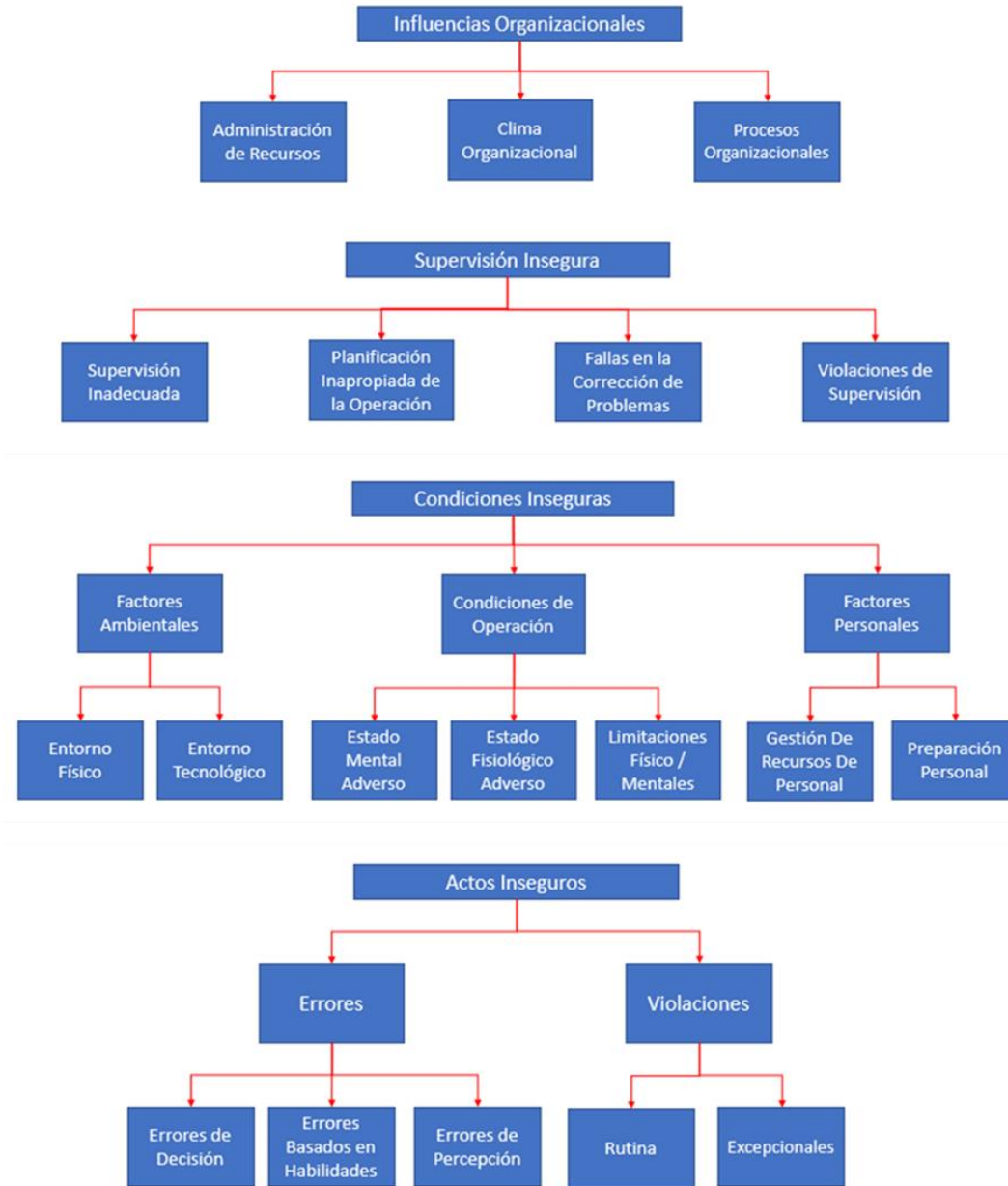
### 3.2. Sistema de Clasificación y Análisis de Factores Humanos (HFACS)

El HFACS es un modelo el cual se centra en el estudio de los errores humanos en aviación, inicialmente fue utilizado en la industria aeronáutica de Estados Unidos como una herramienta para analizar los factores humanos en el proceso de investigación de incidentes y accidentes de aviación, tiene un enfoque sistemático el cual identifica fallos en las organizaciones las cuales tienen la capacidad de desencadenar un accidente (ver figura 2). El HFACS es utilizado bajo un enfoque reactivo el cual descifra los factores contribuyentes y fallos sistemáticos con el fin de prevenir la repetición de incidentes y accidentes (Materna, et ál, 2023). Este modelo tiene su origen en el Centro de Seguridad Naval de la Armada de los Estados Unidos, en busca de analizar los errores que causan accidentes en la Aviación Naval. Fue desarrollado por Shappell y Wiegmann en el año 2000, y se basa en la Teoría del Domino de Heinrich, el Modelo SHELL de Edward y el Modelo Reason, abordando de manera completa los factores que pueden ser precursores de los accidentes (Schmidt, et ál, 2000).

**Figura 2**

*Sistema de Clasificación y Análisis de Factores Humanos*





Fuente: Elaboración propia a partir de (Muecklich, N., et. ál, 2023).

### 3.3. Identificación de los Factores Contribuyentes mediante el método (e) Delphi

De acuerdo con lo planteado por Romero-Collado (2021), el método (e) Delphi consta de 6 pasos:

- Identificación del problema
- Construcción del Cuestionario
- Selección de Expertos
- Administración del cuestionario
- Análisis de Datos y Feedback
- Resultados



Basado en lo anterior, el problema es que se desconocen los FC al interior del ESTEC de GAORI, para la construcción del cuestionario se basó en el modelo Dirty Dozen, teniendo en cuenta que es un programa proactivo a diferencia del HFACS que es un modelo reactivo, la selección de expertos fue determinada por el investigador por su experiencia y cargo dentro del ESTEC (ver tabla 1), la administración del cuestionario se realizó por correo electrónico a cada uno de los encuestados, los resultados se analizaron y se registraron en la figura 3, teniendo en cuenta que los FC que se encuentren calificados con un puntaje de 70 o superior serán los que se encuentran presentes al interior del ESTEC, los que sean calificados con 30 o inferior se descartaran y los que se encuentren con un puntaje entre 30 a 70 puntos serán utilizados para realizar una retroalimentación sobre estos con los encuestados, para así proceder a una segunda aplicación del cuestionario (ver figura 4) para obtener los resultados definitivos.

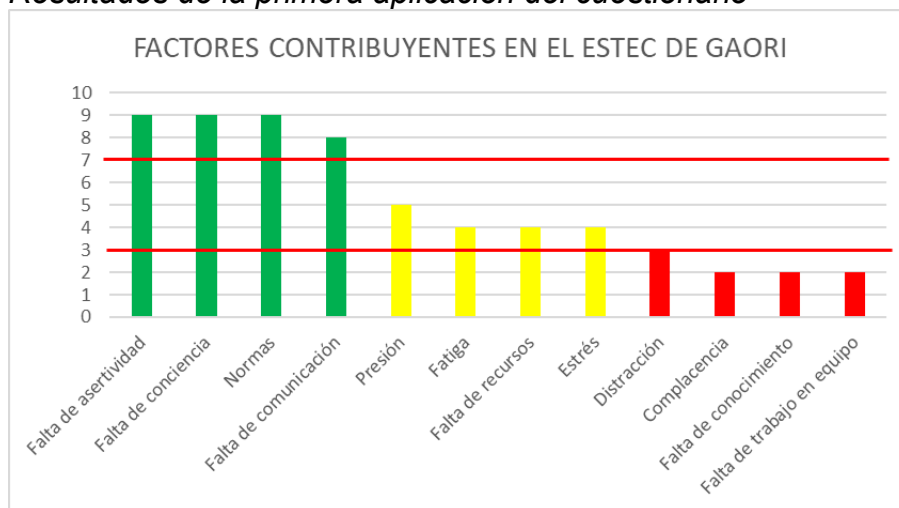
**Tabla 1**  
*Personal Encuestado*

Ítem	Grado	Cargo	Experiencia
1	Capitán	Jefe Sección Táctica Calidad	10 años
2	Capitán	Jefe Sección Táctica Planeación	08 años
3	Subteniente	Especialista en Seguridad Operacional	01 años
4	Técnico Primero	Jefe de Inspectores	17 años
5	Técnico Primero	Inspector Control Mantenimiento	16 años
6	Técnico Primero	Inspector Aseguramiento de la Calidad	16 años
7	Técnico Primero	Técnico Pronósticos e Inventarios	16 años
8	Técnico Primero	Técnico Especialista Producción	16 años

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se registraron los resultados de la primera aplicación del cuestionario en donde se evidencio que 04 Factores Contribuyentes están presentes en el ESTEC, 04 definitivamente no se encuentran presentes y 04 se encuentran en duda.

**Figura 3**  
*Resultados de la primera aplicación del cuestionario*

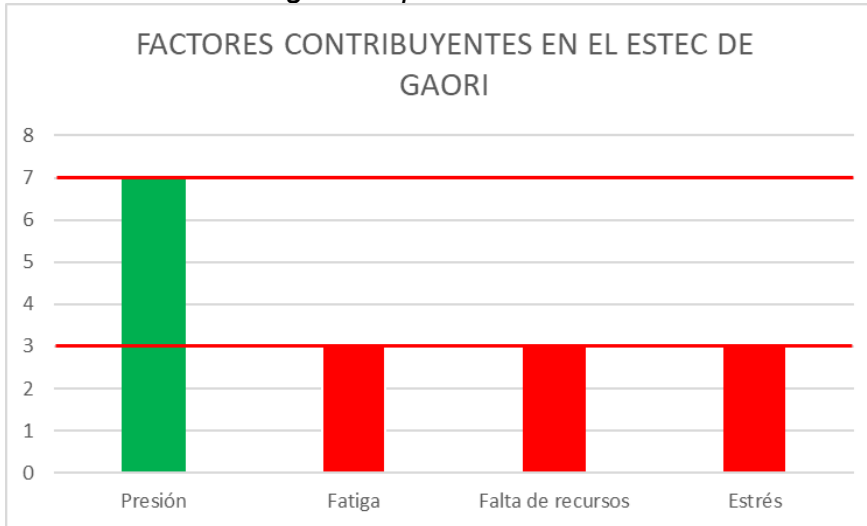


Fuente: Elaboración propia.

La segunda aplicación del cuestionario se basó solo en aquellos FC que se encontraron en duda, tras retroalimentar con el personal encuestado, lo que arrojó 01 FC presente en el ESTEC y 03 FC que no están presentes.

#### Figura 4

Resultados de la segunda aplicación del cuestionario



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

Después de la aplicación de las encuestas se concluyó que al interior del ESTEC se encuentran presentes los siguientes Factores Contribuyentes:

- Falta de asertividad
- Falta de conciencia
- Normas
- Falta de comunicación
- Presión

#### 5. Recomendaciones

Se recomienda que se genere un programa para mitigar la acción de los factores contribuyentes en el personal técnico evitando que estos cometan errores en la ejecución de los procesos de mantenimiento.

#### 6. Referencias Bibliográficas

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson. 3er ed.

<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

DuocUC. (s.f). *Investigación aplicada*. DuocUC Bibliotecas.

<https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación*. McGrawHill.



- Khan, Z., Siddique, R., & Farrukh, M. (2022). Link between human factors and aviation accident and incidents. *Global Scientific Journals*, 10(6), 669-682
- Materna, M., Maternová, A., Kamenická, D., & Chodelka, F. (2023). The Influence of Human Factor on Aviation Accidents in Slovakia through HFACS Framework: A Comprehensive Study. *Transportation Research Procedia*, 75, 173-182.
- Muecklich, N., Sikora, I., Paraskevas, A., & Padhra, A. (2023). The role of human factors in aviation ground operation-related accidents/incidents: A human error analysis approach. *Transportation Engineering*, 13, 100-184
- Nzelu, O., Chandrarahan, E., & Pereira, S. (2018). Human factors: the dirty dozen in CTG misinterpretation. *Glob J Reprod Med*, 6(2), 555-683
- Romero-Collado, A. (2021). Elementos esenciales para elaborar un estudio con el (e) método Delphi. *Enfermería Intensiva (ed. inglesa)*, 32 (2), 100-104
- Virovac, D., Domitrović, A., & Bazijanac, E. (2017). The influence of human factor in aircraft maintenance. *Promet-Traffic&Transportation*, 29(3), 257-266
- Aeronáutica Civil de Colombia [AEROCIVIL]. (enero 2 de 2007). Factores humanos involucrado en la inspección y reparación en ambientes de mantenimiento. Guía para el inspector de aeronavegabilidad. Rev 2. Cap. V, 1-31.
- Civil Aviation Safety Authority [CASA]. (2013). Safety Behaviours Human Factors; Resource Guide For Engineers.
- Schmidt, J. K., Lawson, D. & Figlock, R. (2000). *Human Factors Analysis and Classification System Maintenance Extension (HFACS-ME) Review of Select NTSB Maintenance Mishaps: An Update*, Norfolk, VA: Naval Safety Centre, US Navy

## **Identification of Contributing Factors to Human Error in the Maintenance Processes of the Technical Squadron of the Eastern Air Group**

### **Abstract**

The identification of factors contributing to human error within the aeronautical field has been a key issue as a tool for risk identification and hazard mitigation within operational safety programs. This identification of factors is not common in maintenance processes in approved maintenance organizations, which creates an environment conducive to aeronautical technical personnel making errors within maintenance processes. The research aims to identify the factors contributing to human error in the maintenance processes of the Eastern Air Group Technical Squadron, to improve operational safety. With a bibliographic and documentary review, the global trend of contributors to human error in



maintenance processes in approved maintenance organizations was identified. With this information and the (e) Delphi method, the factors that affect technical personnel were diagnosed. GAORI.

**Keywords:** Contributing factors, human error, maintenance processes, risk mitigation, operational safety.

## 1. Introduction

This research focuses on the identification of the factors contributing to human error in the maintenance processes of the Eastern Air Group Technical Squadron. Taking into account what was stated by the Brigadier General Commander of Air Operations (COAES) of the Colombian Aerospace Force (FAC), in the FAC Security Meeting on February 9, 2024, where it is announced that 40% of The security events at the Force level that occurred in 2023 have their origin in the maintenance processes, and that in a period of 14 months there were 3 security events in GAORI for the same cause, it is of utmost importance to identify the contributing factors to the errors of technical personnel in order to avoid the repetition of these events and increase Operational Safety. This research is circumscribed in the pragmatic paradigm (Bernal, 2010), being of an applied type (DuocUC, s.f), with a mixed approach since it presents correlation between its variables and with an explanatory scope (Hernández and Mendoza, 2018). The study population is made up of 28 men and 2 women, of which they are classified as 6 officers, 23 non-commissioned officers and 1 civilian, depending on the method chosen, the sample is non-random and, according to the researchers, they choose 8 people with higher experience in maintenance processes.

### 1.1. Human Error in Maintenance

Human error can be defined as the action of one or more people that results in damage or breakdown to an aircraft; errors can be omissions of obligations determined by regulatory entities, the manufacturer or the organization (AEROCIVIL, 2007). It can also be defined as an involuntary action in a maintenance process that can result in damage to the aircraft that represents a danger and affects safety; this can be perceptible or hidden (Virovac et al., 2017). Human errors are responsible for approximately 80% of aviation incidents and accidents (Khan, et al, 2022).

### 1.2. Factors Contributing to Error

Contributing factors (CF) are latent conditions in the work ecosystem, they encourage technical personnel to make errors, potentially increasing the risk of an incident or accident and affecting operational safety (CASA, 2013). Another definition says that the contributing factors are the causes that affect the performance of technical personnel; if these causes are intervened, the risks of an accident will be reduced (AEROCIVIL, 2007).





## 2. Methodology

The present investigation was developed through two main steps, the first consists of identifying the main trends in factors contributing to human error in maintenance processes worldwide based on the search of specialized bibliography, which was addressed through a review of scientific bibliographic sources and publications from aeronautical authorities, resulting in the main programs on contributing factors that affect the personnel involved in maintenance processes (Muneklich et al, 2023). After obtaining the aforementioned results, a diagnosis of the main factors contributing to human error in the maintenance processes within the GAORI Technical Squadron is carried out, developed through the construction of a Likert survey type instrument that was validated by experts external to the Squadron, a Once approved, it is applied with the (e) Delphi method (Romero-Collado, 2021).

## 3. Results

Human error does not occur by chance, there are always factors that contribute to its occurrence. The Civil Aviation Organization (ICAO) lists more than 300 preconditions or factors for error in all areas of aviation, in Circular 240-AN/144 (ICAO, 1993), there are human programs that identify the factors contributing to error, finding two main models Dirty Dozen and the Human Factors Analysis and Classification System.

### 3.1. Dirty Dozen

Gordon Dupont developed the model called Dirty Dozen, in which the twelve factors contributing to human error in technical personnel could be identified (see figure 1), when they carry out their maintenance tasks (Nzelu, et al, 2018). The use of this model has served to analyze and identify the contributing factors that led maintenance personnel to make errors which triggered accidents and incidents (Muneklich et al, 2023).

**Figure 1**  
*Dirty Dozen Model*

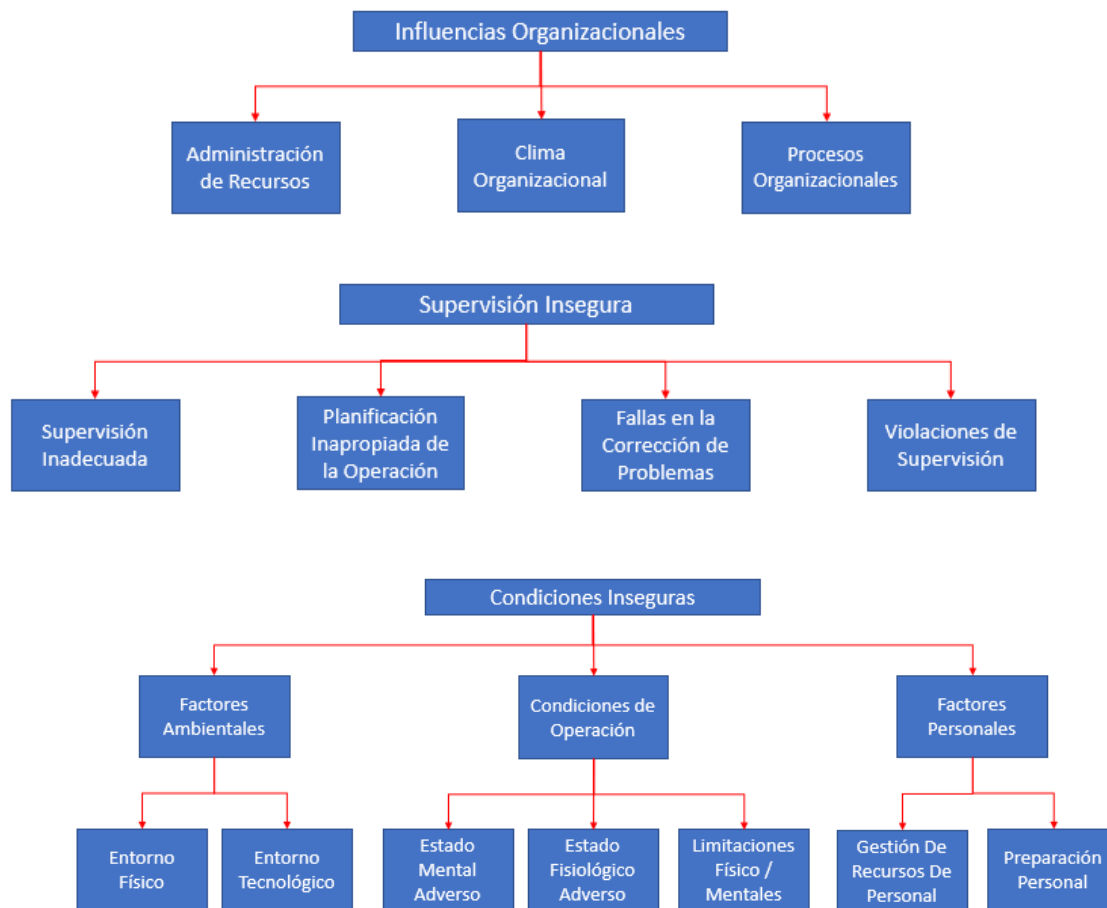


Source: Own elaboration based on (Muecklich et al., 2023).

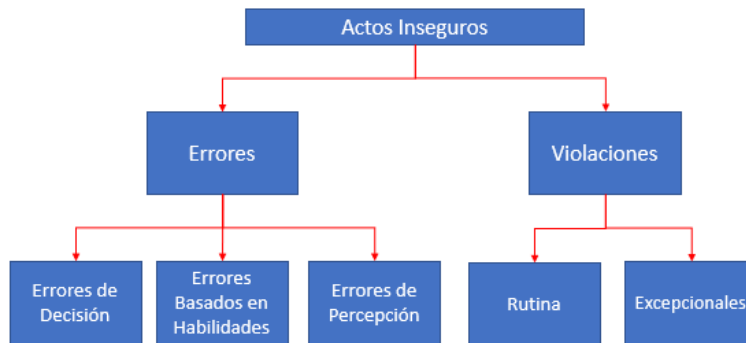
### 3.2. Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)

The HFACS is a model which focuses on the study of human errors in aviation, it was initially used in the United States aeronautical industry as a tool to analyze human factors in the process of investigating aviation incidents and accidents, it has a systematic approach which identifies failures in organizations which have the capacity to trigger an accident (see figure 2). The HFACS is used under a reactive approach which deciphers contributing factors and systematic failures to prevent the repetition of incidents and accidents (Materna, et al, 2023). This model has its origins in the Naval Safety Center of the United States Navy, seeking to analyze the errors that cause accidents in Naval Aviation. It was developed by Shappell and Wiegmann in 2000, and is based on Heinrich's Domino Theory, Edward's SHELL Model and the Reason Model, comprehensively addressing the factors that can be precursors to accidents (Schmidt, et al., 2000).

**Figure 2**  
*Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*



Cont. Figure 1. *Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*



Source: Own elaboration based on (Muecklich et al., 2023).

### 3.3. Identification of Contributing Factors using the (e) Delphi method

According to what was proposed by Romero-Collado (2021), the (e) Delphi method consists of 6 steps:

- Identification of the problem
- Construction of the Questionnaire
- Expert Selection
- Questionnaire administration
- Data Analysis and Feedback
- Results

Based on the above, the problem is that the FCs within the GAORI ESTEC are unknown, for the construction of the questionnaire it was based on the Dirty Dozen model, taking into account that it is a proactive program unlike the HFACS which is a reactive model. , the selection of experts was determined by the researcher based on his experience and position within ESTEC (see table 1), the administration of the questionnaire was carried out by email to each of the respondents, the results were analyzed and recorded in the figure 3, taking into account that the FCs that are qualified with a score of 70 or higher will be those that are present within the ESTEC, those that are qualified with 30 or lower will be discarded and those that are found with a score between 30 The 70 points will be used to provide feedback on these with the respondents, in order to proceed to a second application of the questionnaire (see figure 4) to obtain the final results.

**Table 1**  
*Surveyed Personnel*

Ítem	Grado	Cargo	Experiencia
1	Capitán	Jefe Sección Táctica Calidad	10 años
2	Capitán	Jefe Sección Táctica Planeación	08 años
3	Subteniente	Especialista en Seguridad Operacional	01 años

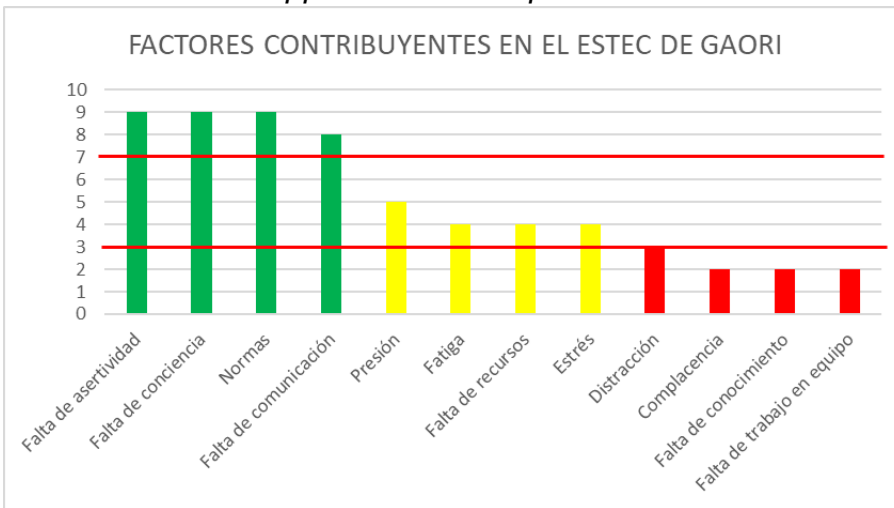


4	Técnico Primero	Jefe de Inspectores	17 años
5	Técnico Primero	Inspector Control Mantenimiento	16 años
6	Técnico Primero	Inspector Aseguramiento de la Calidad	16 años
7	Técnico Primero	Técnico Pronósticos e Inventarios	16 años
8	Técnico Primero	Técnico Especialista Producción	16 años

Source: self-made.

In Figure 3, the results of the first application of the questionnaire were recorded, where it was evident that 04 Contributing Factors are present in the ESTEC, 04 are definitely not present and 04 are in doubt.

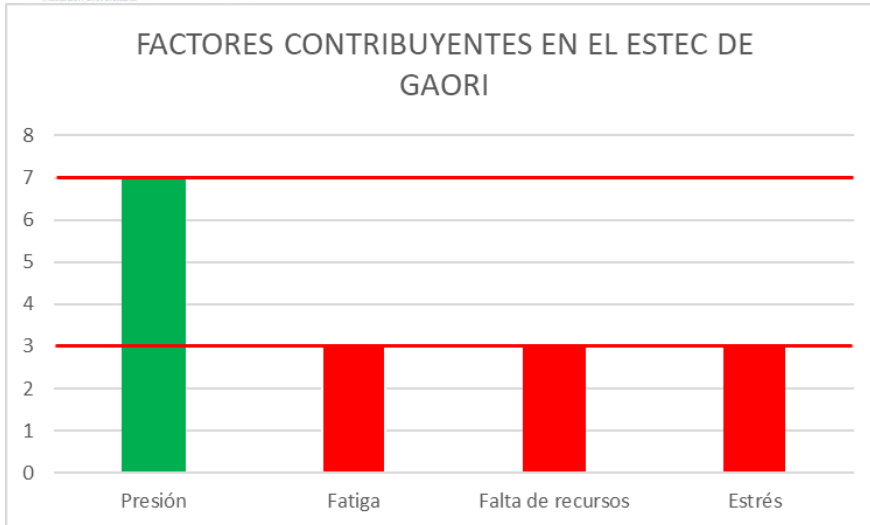
**Figure 3**  
*Results of the first application of the questionnaire*



Source: self-made.

The second application of the questionnaire was based only on those FC that were in doubt, after feedback from the personnel surveyed, which showed 01 FC present in the ESTEC and 03 FC that are not present.

**Figure 4**  
*Results of the second application of the questionnaire*



Source: self-made.

#### 4. Conclusions

After the application of the surveys, it was concluded that the following Contributing Factors are present within ESTEC:

- Lack of assertiveness
- Lack of awareness
- Rules
- Lack of communication
- Pressure

#### 5. Recommendations

It is recommended that a program be generated to mitigate the action of contributing factors on technical personnel, preventing them from making errors in the execution of maintenance processes.

#### 6. Refences

- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson. 3er ed. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- DuocUC. (s.f). *Investigación aplicada*. DuocUC Bibliotecas. <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación*. McGrawHill.
- Khan, Z., Siddique, R., & Farrukh, M. (2022). Link between human factors and aviation accident and incidents. *Global Scientific Journals*, 10(6), 669-682





- Materna, M., Maternová, A., Kamenická, D., & Chodelka, F. (2023). The Influence of Human Factor on Aviation Accidents in Slovakia through HFACS Framework: A Comprehensive Study. *Transportation Research Procedia*, 75, 173-182.
- Muecklich, N., Sikora, I., Paraskevas, A., & Padhra, A. (2023). The role of human factors in aviation ground operation-related accidents/incidents: A human error analysis approach. *Transportation Engineering*, 13, 100-184
- Nzelu, O., Chandraharan, E., & Pereira, S. (2018). Human factors: the dirty dozen in CTG misinterpretation. *Glob J Reprod Med*, 6(2), 555-683
- Romero-Collado, A. (2021). Elementos esenciales para elaborar un estudio con el (e) método Delphi. *Enfermería Intensiva (ed. inglesa)*, 32 (2), 100-104
- Virovac, D., Domitrović, A., & Bazijanac, E. (2017). The influence of human factor in aircraft maintenance. *Promet-Traffic&Transportation*, 29(3), 257-266
- Aeronáutica Civil de Colombia [AEROCIVIL]. (enero 2 de 2007). Factores humanos involucrado en la inspección y reparación en ambientes de mantenimiento. Guía para el inspector de aeronavegabilidad. Rev 2. Cap. V, 1-31.
- Civil Aviation Safety Authority [CASA]. (2013). Safety Behaviours Human Factors; Resource Guide For Engineers.
- Schmidt, J. K., Lawson, D. & Figlock, R. (2000). *Human Factors Analysis and Classification System Maintenance Extension (HFACS-ME)* Review of Select NTSB Maintenance Mishaps: An Update, Norfolk, VA: Naval Safety Centre, US Navy