



**ESCUELA DE
POSTGRADOS**
FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ISSN: 2711 - 1075



MAESTRÍA EN
**SEGURIDAD
OPERACIONAL**
ESCUELA DE POSTGRADOS FAC / SNIES 102978



MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL
**CUARTO
COLOQUIO DE
INVESTIGACIÓN
FORMATIVA 2021**

21
de mayo



07:00 Hrs

Videoconferencia
plataforma AVAFP-EPFAC

**IV COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA
MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL
MAESO**

MEMORIAS

**ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA FAC
EDIFICIO DE AULAS JOSÉ EDMUNDO SANDOVAL**

21 DE MAYO DE 2021

Tabla de Contenido

EDITORIAL.....	6
PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL DE LOS CONTROLADORES DE TRÁNSITO AÉREO DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA, A PARTIR DE LOS CONCEPTOS DE AUTORIDAD, PROVEEDOR DE SERVICIOS Y VIGILANCIA DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL.....	7
ESTUDIO DE ERGONOMÍA PARA EL USO DE LOS ELECTRONIC FLIGHT BAG EN LA CABINA DE LAS AERONAVES C-295 DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA.....	11
GUÍA COMPLEMENTARIA PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA FUERZA AÉREA DE CHILE.....	15
ESTUDIO DE ACCIDENTES AÉREOS DE AVIACIÓN CIVIL TIPO CFIT OCURRIDOS EN COLOMBIA ENTRE 1995 Y 2020	20
EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS POTENCIALES PRESENTES EN LA ANTÁRTIDA PARA EFECTUAR MISIONES ANÁLOGAS ESPACIALES COLOMBIANAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA PANORAMA DE RIESGOS	24
INSTRUCTIVO TÉCNICO PARA LA INSPECCIÓN EN VUELO Y CALIBRACIÓN DE SISTEMAS INDICADORES DE TRAYECTORIA DE APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN MEDIANTE LA OPERACIÓN DE UNA AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA	29

MEMORIAS

IV COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL MAESO

EDITOR

Jean Paul Giraldo Moncada
Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana
Maestría en Seguridad Operacional MAESO
Cuarta edición. Mayo de 2021. Bogotá, Colombia.
Periodicidad. Anual

Comité Académico y Revisor.

Bryan Felipe Ramírez Segura
Leidy Echeverry Reina
Juan David Pava

Edición No. 03

La información de este documento no puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna, ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico de grabación o fotocopia sin permiso del autor y/o Editor.

Equipo Organizador:

Grupo de investigación Celso: Cultura, educación y liderazgo en Seguridad Operacional
Código Minciencias No. COL0198845
Programa nacional de CyT. Ciencia, Tecnología e innovación en Seguridad y Defensa. Líneas de investigación: Factores Humanos, Gestión de la Seguridad Operacional e Investigación de Accidentes.

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

IV COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA MAESO

Objetivo General

Dar a conocer los avances de proyectos de investigación de la Maestría en Seguridad Operacional a la comunidad académica, aeronáutica y en general en modalidad de infografía interactiva.

Finalidades

- Presentar a los participantes y evaluadores los avances de los proyectos de investigación que se encuentran realizando los estudiantes de cuarto semestre de la Cohorte IV de la Maestría.
- Proponer a los expositores un análisis objetivo y de acciones de mejora con el ánimo de fortalecer su trabajo de grado.

Presentación de Comunicaciones Orales

1. Propuesta para el mejoramiento del desempeño profesional de los controladores de tránsito aéreo de la Fuerza Aérea Colombiana, a partir de los conceptos de autoridad, proveedor de servicios y vigilancia de la seguridad operacional.
2. Estudio de ergonomía para el uso de los Electronic Flight Bag en la cabina de las aeronaves C-295 de la Fuerza Aérea Colombiana.
3. Guía complementaria para el sistema de gestión de seguridad operacional de la Fuerza Aérea de Chile.
4. Estudio de accidentes aéreos de aviación civil tipo CFIT ocurridos en Colombia entre 1995 y 2020.
5. Evaluación de los riesgos potenciales presentes en la Antártida para efectuar misiones análogas espaciales colombianas mediante la metodología panorama de riesgos.
6. Estandarización la capacitación de seguridad operacional en temas CFIT, ALAR, CRM y factores humanos en la brigada de aviación N.º 25 del Ejército Nacional.
7. Instructivo técnico para la inspección en vuelo y calibración de sistemas indicadores de trayectoria de aproximación de precisión mediante la operación de una aeronave piloteada a distancia.

LA INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN LA MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL

Jean Paul Giraldo Moncada
Director de la Maestría en Seguridad Operacional MAESO

EDITORIAL

La cuarta versión del Coloquio de Investigación Formativa, que ha venido liderando el programa de Seguridad Operacional anualmente desde el 2018, es la muestra del avance y el fortalecimiento de nuestros procesos académicos con los maestrantes que están cursando su último semestre, dado a que el desarrollo de sus trabajos de grado son el reflejo de una ardua indagación que está dejando un valioso aporte en el área de conocimiento en el sector aeronáutico, además, son el punto de partida para mejorar los procesos organizacionales, que permean sin duda alguna las operaciones aéreas con el propósito de garantizar vuelos seguros y una óptima gestión del riesgo para la prevención de accidentes.

En esta oportunidad, las memorias del Coloquio son muy significativas ya que los trabajos descritos en este documento son desarrollados por el grupo de maestrantes que finalizó su plan de estudios antes de obtener la renovación del Registro Calificado en el 2020, y que a la fecha ya se encuentra en ejecución.

Dichos trabajos fueron presentados por los estudiantes de forma virtual ante un comité evaluador de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana y, también dadas las facilidades de las tecnologías, se permitió el acceso de académicos externos y profesionales que laboran en la industria aeronáutica permitiendo una interacción entre todos los participantes que resultó muy constructiva y enriquecedora en materia pedagógica.

Finalmente, es muy grato contar con una compilación de nuevas investigaciones formativas que reúnen diversas perspectivas teóricas desde los factores humanos, que permiten ampliar la visión de lo que se está realizando en aviación de estado y comercial.

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL DE LOS CONTROLADORES DE TRÁNSITO AÉREO DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA, A PARTIR DE LOS CONCEPTOS DE AUTORIDAD, PROVEEDOR DE SERVICIOS Y VIGILANCIA DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL.

PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF THE PROFESSIONAL PERFORMANCE OF THE
COLOMBIAN AIR FORCE AIR TRAFFIC CONTROLLERS, BASED ON THE CONCEPTS OF
AUTHORITY, SERVICE PROVIDER AND SAFETY OVERSIGHT

CARMONA, JUAN CARLOS¹

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana – Colombia

Juan.carmona@fac.mil.co

Resumen

Se considera que hay garantía de la seguridad operacional cuando la Autoridad Aeronáutica ejerce de una manera adecuada su función de vigilancia en los Proveedores de Servicios de Tránsito Aéreo (ATSP). Si el Controlador de Tránsito Aéreo no reconoce quien es la Autoridad Aeronáutica, la función de vigilancia se pone en duda y por consiguiente la garantía de la seguridad. En otras palabras, la seguridad que pueden brindar los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) a las aeronaves dependerá del grado de vigilancia que la Autoridad haga del cumplimiento prescriptivo y de desempeño que previamente le ha establecido al proveedor. El presente trabajo de investigación estudia este fenómeno en los controladores de tránsito aéreo de la Fuerza Aérea Colombiana para identificar en ellos sus conceptos de Autoridad Aeronáutica, función de vigilancia, Autoridad ATS Competente y ATSP.

Organismos rectores de la aviación establecen que debe existir una clara diferenciación y distinción entre la Autoridad encargada de la reglamentación y la Entidad responsable de la prestación del servicio (OACI, 2018). No se puede ser juez y parte en una actividad tan delicada como lo son los Servicios de Tránsito Aéreo, ya que difícilmente se podría evitar un posible conflicto de intereses que impida distinguir aquellas problemáticas que subyacen a un fenómeno que quizás pase desapercibido entre los controladores aéreos.

Con un enfoque cualitativo la investigación identifica en los controladores sus nociones en los temas objeto de estudio, mediante la aplicación de una entrevista

semiestructurada que conjuntamente se aplica a personal experto para obtener de ellos información relevante que apoye la investigación. Los resultados del análisis de estas entrevistas, junto con la revisión del Plan de Estudios diseñado para la formación de los controladores se integra con los referentes conceptuales desarrollados en el marco de referencia. En este apartado del documento se determina para la FAC quien es la Autoridad Aeronáutica, la Autoridad ATS Competente, el ATSP y se explica el concepto de la función de vigilancia, de tal forma que el ATCO los comprenda y aplique en el cumplimiento de sus funciones.

¹ Ingeniero aeronáutico - Fundación Universitaria los Libertadores, Colombia, Estudiante de Maestría en Seguridad Operacional – Escuela de Postgrados FAC, Colombia, Juan.carmona@fac.mil.co

La comprensión de estos conceptos debe tener lugar en la formación inicial recibida en la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana (ESUFA). Por consiguiente, el plan de estudios debe adaptarse al actual contexto de la aviación de Estado (AE) relacionado con la creación de la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAES) y de la misma manera, debe garantizar que el controlador aéreo en formación tenga claridad del alcance y aplicación que tiene para la Aviación Militar y Policial la reglamentación de aviación civil. Esto requiere que el docente del área de conocimiento en Derecho Aéreo tenga unas competencias y un perfil específico.

Las entrevistas dan cuenta de la confusión que tienen los controladores aéreos al tratar de identificar a la Autoridad con funciones de Reglamentación y al Proveedor de Servicios de Tránsito Aéreo de la institución. Por otra parte, no conocen de una manera apropiada a la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado y por consiguiente sus funciones y competencias, lo que concluye que se necesita mejorar el plan de estudios en lo que concierne al área de conocimiento en Derecho Aéreo y determinar unas competencias y perfil específico del docente responsable de la asignatura; así como plantear la oportunidad de mejora en el proceso de consolidación de la AAAES. El análisis cualitativo de los datos obtenidos a partir de las entrevistas se realiza con apoyo del software Atlas. Ti, mejorando la calidad en la interpretación de los mismos y enriqueciendo el análisis por parte del investigador.

Palabras clave: Autoridad Aeronáutica, Autoridad ATS Competente, Vigilancia, Seguridad Operacional, Proveedor de Servicios, Controlador de Tránsito Aéreo.

Abstract

It is considered that there is a guarantee of safety when the Aeronautical Authority adequately exercises its oversight function on the Air Traffic Services Providers (ATSP). If the Air Traffic Controller does not recognize who the Aeronautical Authority is, the oversight function is questioned and therefore the guarantee of safety. In other words, the safety that Air Traffic Services (ATS) can provide to aircraft is going to depend on

the degree of oversight that the Authority makes of the prescriptive compliance and performance that it has previously established for the provider. The present research studies this phenomenon in the Colombian Air Force Air Traffic Controllers (ATCO) to identify in them their concepts of Aeronautical Authority, oversight function, Relevant ATS Authority and ATSP.

Aviation governing bodies establish that there must be a clear differentiation and distinction between the Regulatory Authority and the Entity responsible for the provision of the service (ICAO, 2018). You cannot be a judge and a party in an activity as delicate as Air Traffic Services, since it would be difficult to avoid a possible conflict of interest that prevents distinguishing those problems that underlie a phenomenon that may go unnoticed by air traffic controllers.

With a qualitative approach, the research identifies in the controllers their notions in the subjects under study, through the application of a semi-structured interview that is jointly applied to expert personnel to obtain relevant information from them to support the research. The results of the analysis of these interviews, together with the revision of the Study Plan designed for the training of controllers, is integrated with the conceptual references developed in the reference framework. In this section of the document, it is determined for the FAC who is the Aeronautical Authority, the Relevant ATS Authority, the ATSP and the concept of the oversight function is explained, in such a way that the ATCO understands and applies them in the performance of its functions.

The understanding of these concepts must take place in the initial training received at the Colombian Air Force NCO School (ESUFA). Consequently, the curriculum must adapt to the current context of State Aviation (AE)

related to the creation of the State Aviation Aeronautical Authority (AAAES) and in the same way, it must guarantee that the air traffic controller in training has clarity of the scope and application that civil aviation regulations have for Military and Police Aviation. This requires that the teacher of the area of knowledge in Air Law have specific skills and profile.

The interviews reveal the confusion that air traffic controllers have when trying to identify the Authority with regulatory functions and the institution's Air Traffic Service Provider. On the other hand, they do not know in an appropriate way the State Aviation Aeronautical Authority and consequently its functions and competences, which concludes that it is necessary to improve the curriculum regarding the area of knowledge in Air Law and determine specific competencies and profile of the teacher responsible for the subject; as well as raising the opportunity for improvement in the AAAES consolidation process. The qualitative analysis of the data obtained from the interviews is carried out with the support of the Atlas.ti software, improving the quality of their interpretation and enriching the analysis by the researcher.

Key words: Aeronautical Authority, Relevant ATS Authority, Oversight, Safety, Air Traffic Services Provider, Air Traffic Controller.

Referencias Bibliográficas

- AAAES. (2020). RACAE 91 - REGLAS DE VUELO Y OPERACIÓN (0 ed.).
- Bernal Pérez, C. A. (2019). Modelo de Entrenamiento en Toma de Decisiones para Operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas Scan Eagle de la FAC. Proyecto de Grado Maestría, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Di Gravio, G., Mancini, M., Patriarca, R., & Costantino, F. (2015). Overall safety performance of the air traffic management system: Indicators and analysis. *Journal of Air Transport Management*, 44–45, 65–69. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.02.005>
- Esterberg, K. (2001). *Qualitative Methods in Social Research* (McGraw-Hill (ed.))
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES (ed.); 6th ed.).
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2020). *Safety Report* (2020th ed.).
- Lee Husley, A. (2012). *SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS: ANTICIPATED IMPACTS ON AVIATION STAKEHOLDERS A*.
- Lyu, T., Song, W., & Du, K. (2019). Human Factors Analysis of Air Traffic Safety Based on HFACS-BN Model. *Applied Sciences*, 9(23), 1–19. <https://doi.org/10.3390/app9235049>
- MAA. (2020). MAA02: Military Aviation Authority Master Glossary (Issue 9). <http://www.maa.mod.uk/linkedfiles/regulation/maa02.pdf>
- OACI. (1998). Doc 9863 *MANUAL DE INSTRUCCIÓN SOBRE FACTORES HUMANOS* (1sted.).
- OACI. (2005). Anexo 2: *Reglamento del aire* (10th ed.).
- OACI. (2006). Doc 7300 *Convenio sobre Aviación Civil Internacional* (9th ed.). http://www.icao.int/publications/Documents/7300_9ed.pdf

- OACI. (2016). Anexo 19 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional Gestión de la seguridad operacional (2nd ed.).
- OACI. (2017). Doc 9734 Manual de vigilancia de la seguridad operacional Parte A – Establecimiento y gestión de un sistema estatal de vigilancia de la seguridad operacional (3rd ed.).
- OACI. (2018). Anexo 11 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional Servicios de tránsito aéreo (15th ed.).
- OACI. (2019). State of global Aviation safety. In ICAO Safety Report 2019 Edition. https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2019_final_web.pdf
- San Martín Cantero, D. (2014). Teoría fundamentada y Atlas . ti : recursos metodológicos para la investigación educativa. *Revisa Electrónica de Investigación Educativa*, 16(1), 104–122.
- Simón, A. (2018). Propuesta de una guía de implementación estratégica de un Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS) basado en el Manual de Gestión de la Seguridad Operacional, Documento 9859 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)”. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9734?show=full>
- Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional. (2019). Manual del Inspector de navegación aérea MINAV (SRVSOP (ed.); 2nd ed.).
- Tamayo, M. (2003). EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA incluye evaluación y administración de proyectos de investigación (Noriega Editores (ed.); 4th ed.).
- UAEAC. (2020). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 1 Cuestiones Preliminares, Disposiciones Iniciales, Definiciones y Abreviaturas (Enmienda 1). <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC 1 - Definiciones.pdf>
- UAEAC. (2021). RAC 211 Gestión de tránsito aéreo (Enmienda).

ESTUDIO DE ERGONOMÍA PARA EL USO DE LOS ELECTRONIC FLIGHT BAG EN LA CABINA DE LAS AERONAVES C-295 DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ERGONOMICS STUDY FOR THE USE OF ELECTRONIC FLIGHT BAGS IN THE COCKPIT OF THE C-295
AIRCRAFT OF THE COLOMBIAN AIR FORCE

HERNANDEZ MARTINEZ MARIO²

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana – Colombia
mario.hernandez@fac.mil.co

Resumen

Desde la perspectiva de seguridad operacional, la evidencia ha demostrado que el factor humano es el recurso más importante en el medio aeronáutico y el que presenta el mayor potencial de generación de error y la consecuente accidentalidad, por lo cual todos los esfuerzos se han dirigido a la investigación de este componente para evitar o mitigar sus consecuencias. Así mismo, en razón a la dinámica del avance tecnológico en el ambiente aeronáutico y al creciente volumen de información que se maneja durante la operación, se han desarrollado estrategias para involucrar dispositivos tecnológicos tipo IPads en las cabinas de las aeronaves que permitan facilitar el desempeño de las tripulaciones mediante la disminución de documentos impresos, reducción de pesos innecesarios, contribución al medio ambiente, y que se pueda transportar más información referente al vuelo, que facilite una mejor gestión y distribución de datos de los vuelos. Sin embargo, es evidente que su uso se puede asociar con factores ergonómicos en el empleo de estas herramientas ya que estas aeronaves no cuentan con un estudio que determine donde emplear estos dispositivos, lo que podría afectar el rendimiento de las tripulaciones si su ubicación dentro de la cabina no permite adecuadas condiciones para el desarrollo de las actividades de la operación aérea.

La realización del análisis de la estación de trabajo de cabina C-295 considerando la mejor posición del maletín de vuelo electrónico (EFB) correlacionando los datos de seguridad de vuelo, suficiencia y confort visual, riesgos laborales que contribuyen a la aeronavegabilidad y la eficiencia del vuelo. Por lo expuesto se considera necesario realizar un estudio de ergonomía con mediciones óptimas a través de herramientas estandarizadas en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo aplicado en aeronaves como C-295 aeronave de transporte que participa en la operación aérea de la Fuerza Aérea Colombiana.

Esto nos permite establecer como interrogante inicial: ¿Qué ubicación debe proponerse para ser utilizado el maletín de vuelo electrónico en los pilotos de C-295 de la Fuerza Aérea colombiana, que les permita mitigar los riesgos ergonómicos y de seguridad en la operación normal de vuelo?

El objetivo es proponer un modelo de ubicación ergonómica para los Electronic Flight Bag portátil tipo IPAD al interior de la cabina de las aeronaves C-295 de la Fuerza Aérea Colombiana que permita las mejores condiciones ergonómicas y de seguridad de operación para los tripulantes.

Para esto se planteó el desarrollo de una investigación cuantitativa que inició con una exhaustiva revisión teórica del conocimiento existente en términos de normatividad, historia y otros estudios relacionados con los Electronic Flight Bag, (área objeto de investigación). Se eligieron cuatro organizaciones (Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), Administración de Aviación Federal (FAA), Unidad Administrativa

² Administrador Aeronáutico, Escuela Militar de Aviación – Colombia, Estudiante de Maestría en Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados FAC – Colombia, Mario.hernandez@fac.mil.co

Especial Aeronáutica Civil (UAEAC), Fuerza Aérea Colombiana (FAC)) referentes en términos de generación de normas y procedimientos aeronáuticos.

La metodología subsiguiente en la investigación tiene dos fases. La primera es realizar la aplicación de dos métodos ergonómicos llamados OWAS y ROSA que permiten la evaluación ergonómica en las diferentes ubicaciones del EFB motivo de estudio.

La segunda fase el empleo del procedimiento para autorizar el uso de Electronic Flight Bags (EFB) clase 1, 2 y 3 de la Aeronáutica Civil Colombiana en conjunto con un inspector y el piloto estandarizador del equipo.

Posteriormente, se espera que el resultado de esta herramienta permita identificar las fortalezas y/o debilidades actuales del empleo de los EFB en las cabinas de los aviones C-295. Las relaciones encontradas en los datos que arrojen las pruebas, combinadas con el estudio de los modelos previamente mencionados, será concatenado con la intención de proponer un modelo de ubicación ergonómica para los Electronic Flight Bag portátil tipo IPAD al interior de la cabina de las aeronaves C-295 de la Fuerza Aérea Colombiana que permita las mejores condiciones ergonómicas y de seguridad de operación para los tripulantes y que sirva de referencia para otras aeronaves de características similares.

Palabras clave: Factores humanos, Electronic Flight Bag, ergonomía, seguridad aérea, cabina, C-295.

Abstract

From a safety perspective, the evidence has shown that the human factor is the most important resource in the aeronautical environment and that presents the greatest potential for errors generation and the consequent accidents, for which all efforts have been directed to the investigation of this component to avoid or mitigate its consequences. Likewise, due to the dynamics of technological advance in the aeronautical environment and the increasing volume of information handled during operation, strategies have been developed to involve technological devices as iPad in aircraft cabins that facilitate the pilots performance; reducing printed documents, unnecessary weights are reduced and it contributes to the environment, more information regarding the flight can be transported and this facilitates better management and distribution of flight data. However, it is evident that their use can be associated with ergonomic factors in the use of these tools due to these kinds of aircraft do not have a study to determine where to use these devices, which could affect the performance of the crews if their location within the cabin does not allow adequate conditions for the development for flight.

Carrying out the analysis of the C-295 cockpit workstation considering the best position of the (EFB), correlating the flight safety data, sufficiency and visual comfort, occupational risks to airworthiness and flight efficiency. Therefore, it is considered necessary to carry out an ergonomics study with optimal measurements through standardized tools in the occupational health and safety management system applied in aircraft C-295 transport aircraft that participates in the air operation of the Colombian Air Force.

This allows to establish as an initial question: ¿What location should be proposed to be used for the electronic flight bag in the C-295 cockpit of the Colombian Air Force, which allow them to mitigate the ergonomic and safety risks in normal flight operation?

The objective is to propose an ergonomic location model for the portable IPAD-type Electronic Flight Bag inside the cabin of the C-295 aircraft of the Colombian Air Force that allows the best ergonomic and operational safety conditions for the pilots.

For this, the development of a quantitative research was proposed that began with an exhaustive theoretical review of the existing knowledge in terms of regulations, history and other studies related to electronic flight bags, (area under investigation). Four organizations (International Civil Aviation Organization (ICAO), Federal

Aviation Administration (FAA), Special Civil Aeronautical Administrative Unit (UAEAC), Colombian Air Force (FAC)) were chosen as referents in terms of generation of aeronautical standards and procedures.

The subsequent methodology in the investigation has two phases. The first one is to apply two ergonomic methods called OWAS and ROSA that allow ergonomic evaluation in the different locations of the EFB under study.

The second phase is the use of the procedure to authorize the use of electronic flight bags (EFB) class 1, 2 and 3 of the UAEAC in conjunction with an inspector and the standardizing pilot of the equipment.

Subsequently, the result of this tool is expected to identify the current strengths and / or weaknesses of the use of EFBs in the cockpits of C-295 aircraft. The relationships found in the data provided by the tests, combined with the study of the previously mentioned models, will be concatenated with the intention of proposing an ergonomic location model for the iPad-type portable Electronic Flight Bag inside the cabin of C-295 aircraft of the Colombian Air Force that allows the best ergonomic and operational safety conditions for the crew and that serves as a reference for other aircrafts with similar characteristics.

Referencias Bibliográficas

- Ahlstrom, U., Onesie, O., & Caddigan, E. (2016). Portable Weather Applications for General Aviation Pilots. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(6), 864–885. <https://doi.org/10.1177/00187208166641783>
- Boeing Commercial Airplanes. (2016). Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. Boeing Commercial Airplanes, 24. Recuperado a partir de <http://www.boeing.com/commercial/safety/investigate.html>
- Burian, B. K., Pruchnicki, S., Rogers, J., Christopher, B., Williams, K., Silverman, E., ... Runnels, B. (2013). Single-Pilot Workload Management in Entry-Level Jets, (August), 1–149.
- Caldwell, J. A. (2005). Fatigue in aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 3(2), 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2004.07.008>
- FAC, F. A. C. (2015). Directiva permanente N.048 Uso de Electronic Flight Bag clase 1/tipo B (Mini-iPad's Institucionales) a bordo de aeronaves tripuladas FAC y actualización de la información aeronáutica en dichos dispositivos.
- Federal Aviation Administration. (2002). Advisory Circular AC No: 120-76. FAA. Recuperado a partir de [http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/list/AC120-76/\\$FILE/AC120-76.pdf](http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/list/AC120-76/$FILE/AC120-76.pdf)
- Hart, S. G. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904–908. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- OACI, O. de A. C. I. (2010). Anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Parte I Transporte Aéreo Internacional-aviones. Operación de aeronaves, ADJ A-1. Recuperado a partir de [https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS Tools/Amendment 35 for FRMS SARPS AttA \(sp\).pdf](https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/Amendment%2035%20for%20FRMS%20SARPS%20AttA%20(sp).pdf)

- OACI, O. de A. C. I. (2012). Phase of Flight, Definitions and Usage Notes, 2012(April), 195–199.
- OACI, O. de A. C. I. (2015). Manual on Electronic Flight Bags (EFBs). En OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) (Ed.), Doc 10020 (First Edit, pp. 1–51). Recuperado a partir de http://www.aviationchief.com/uploads/9/2/0/9/92098238/icao_doc_10020_-_unedited_en_efbs_1.pdf
- Ohme, M. (2014). Use of Tablet Computers as Electronic Flight Bags in General Aviation. *Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 1–28.
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J., & Puente, J. M. (2004). Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology*, 53(1), 61–86. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2004.00161.x>
- Sweet, J., Vu, K. L., Battiste, V., Strybel, T. Z., Beach, L., Jose, S., ... Regulations, O. (2017). the Comparative Benefits and Hazards of Efb and Paper Documents in the Cockpit, 99–100.
- UAEAC, U. A. E. A. C. de C. (2014). Boletín técnico procedimiento para autorizar el uso de electronic flight bags (efb) clase 1, 2 y 3. Bogotá. Recuperado a partir de <http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/biblioteca-tecnica/Direccion de estandares de vuelo/BT 5100-069-001 EFB V3.pdf>

GUÍA COMPLEMENTARIA PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA FUERZA AÉREA DE CHILE

COMPLEMENTARY GUIDE FOR THE OPERATIONAL SAFETY MANAGEMENT SYSTEM OF THE
CHILEAN AIR FORCE

BEDECARRATZ K. ARNOLDO PABLO³

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana – Santiago, Chile
abedecarratzk@gmail.com

Resumen

El desarrollo de la aviación, desde el 17 de diciembre de 1903 con el primer vuelo de los Wright, ha estado acompañada por aciertos y errores, por logros y fracasos. Esta relación intrínseca al factor humano (error humano y variabilidad), se debe en términos generales a su naturaleza imperfecta (Lazreg, 2017), lo cual explica por qué se ha incurrido e incurrirá en errores de diseño, fabricación, mantenimiento y operación, de razonamiento, juicio y decisión, etc., los que han causado y probablemente continuarán causando accidentes, en síntesis, pérdidas.

En este contexto evolutivo, la Fuerza Aérea de Chile (FACH), simultáneamente al desarrollo del poderío aeroespacial internacional, aplicó estrategias, enfoques y acciones para la identificación, evaluación y mitigación de riesgos, con el propósito de prevenir accidentes aéreos. En tal sentido, la Institución elaboró normas y procedimientos, desarrollo herramientas, incorporó tecnologías, aplicó programas de educación genérica y especializada para el personal en materia de prevención de accidentes, logrando reducir sostenidamente las tasas de eventos de seguridad de vuelo desde inicios del siglo XXI, hasta el año 2011, momento en que producto de una serie de accidentes aéreos institucionales ocurridos ese año, llevó a tomar la decisión de migrar hacia el modelo de seguridad operacional propuesto por la Organización de Aviación Civil Internacional, el Safety Management System (SMS) o Sistema de Gestión de Seguridad Operacional.

Sin embargo, desde que se inició el proceso de desarrollo e implementación del SMS en la FACH (SMS-FACH) en 2012, las tasas de eventos (incidentes más accidentes) han presentado un comportamiento variable, con una tendencia al alza, basado en la proyección estadística del R^2 (R cuadrático; línea de tendencia polinómica de 0,51), lo que se traduce en incertidumbre respecto de la efectividad del modelo SMS-FACH implementado, “*efecto de la incertidumbre sobre los objetivos*” (Norma de Gestión de Riesgos ISO 31.000:2018, 2019), puesto que no se ha logrado reducir la tasa de eventos y accidentes, sino que al contrario, se proyecta un incremento.

En consecuencia, se generan interrogantes respecto la efectividad del proceso de implementación, de los procesos de gestión de riesgos, del aseguramiento de la Seguridad Operacional y de la incorporación de la cultura de Seguridad Operacional (política, normas y procedimientos), lo que lleva al autor a preguntarse ¿qué mejoras requiere el Sistema de Gestión de Seguridad Operacional de la FACH para incrementar la eficacia de sus procesos y en consecuencia contribuir al logro de sus objetivos?

³ Piloto de Helicópteros - Fuerza Aérea de Chile, Estudiante de Maestría en Seguridad Operacional – Escuela de Postgrados FAC – Colombia, abedecarratzk@gmail.com

Esta pregunta, es la que ilumina al desarrollo de este proceso investigativo, el cual se orienta a describir los procesos del SMS-FACH, diagnosticar el estado actual del sistema a través de diferentes métodos de muestreo, para identificar, por medio de su análisis, las desviaciones e ineficacias de este.

En este sentido, es que basado en la misma metodología de la gestión de riesgos del SMS (identificar, evaluar y mitigar), y de otras herramientas de gestión como la ISO 9001 y la 31000, se aplicarán las medidas correctivas a los hallazgos que se identifiquen como desviaciones o ineficacias del SMS-FACH, de manera que, proponer las medidas correctivas o potenciadoras (hasta donde los recursos disponibles lo permitan), que se orienten a consolidar el proceso de implementación del SMS-FACH y a incrementar la efectividad de sus procesos de gestión.

Para lograr lo anterior, el autor ha empleado el diseño metodológico de enfoque mixto (CUAL + CUAN) con diseño de triangulación concurrente (DITRIAC), lo que “*se fundamenta en el pragmatismo*” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 551). No obstante, el autor estima posible (dependiendo de los resultados parciales que se obtengan) emplear un enfoque mixto de integración (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, p. 563), lo que permitirá potenciar el proceso investigativo aplicando las metodologías definidas con una visión flexible e integradora, consecuente con el propósito general del enfoque mixto.

El desarrollo de esta metodología se ha materializado en la revisión documental del SMS-FACH (que comprende entre otros, a la Doctrina y el Manual de Gestión de Seguridad Operacional), para levantar los procesos institucionales que se relacionan con los cuatro componentes y doce elementos del SMS propuesto por la Organización de Aviación Civil Internacional).

A partir de estos procesos (referencias del estados del arte, del deber ser), se ejecutó una recolección de datos cuantitativos de una muestra de informes de investigación de seguridad operacional de eventos ocurridos entre 2012 y 2019 (más de 45 eventos), registrados en el Sistema Informático de Gestión de Seguridad Operacional de la FACH (SIGSO), sobre el sistema de armas X (denominación representativa modificada para una flota de aeronaves FACH, por necesidad de reserva de la información), de lo cual, se obtuvo hasta este estado de avance de la investigación, que los hallazgos más significativos se refieren a desviaciones respecto de la aplicación de las recomendaciones, lo que es evidencia de procesos parcialmente inconclusos, manteniendo con ello, condiciones y acciones subestándares sin corregir, en otras palabras, riesgos sin mitigar.

Cabe destacar, que dichos hallazgos no son los únicos que se evaluarán, puesto que el autor se encuentra diseñando una herramienta evaluativa, simple, pero precisa, basada en los procesos SMS antes mencionados, que se relacionan con la adecuada identificación de la situación (qué, cuándo, dónde, cómo y porqué ocurrió), y de las acciones que corresponde seguir para minimizar y/o evitar que se repitan.

Una vez levantados los datos cuantitativos respecto de las desviaciones identificadas en la muestra antes indicada (reducción de la muestra y del problema de investigación), el autor diseñará y aplicará una herramienta de encuesta no probabilística (guiada por el autor basado en su experiencia) sobre el personal clave de seguridad operacional, con el propósito de complementar y validar los hallazgos antes identificados, de manera de complementar la identificación de los elementos y variables que se constituyan como ineficacias al SMS-FACH.

Finalmente, con los datos recabados, se analizarán y evaluarán las deficiencias del sistema, para generar, basado en el estado del arte y de entrevistas a expertos, las propuestas y recomendaciones que permitan, corregir las desviaciones, consolidar y potenciar el SMS-FACH.

Palabras clave: Sistema de Gestión de Seguridad Operacional, Procesos, Riesgo, Factores Humanos.

Abstract

The development of aviation, since December 17, 1903, with the first flight of the Wrights Brothers, has been accompanied by successes and errors, by achievements and failures. This intrinsic relationship to the human factor (human error and variability), is due in general terms to its imperfect nature (Lazreg, 2017), which explains why design, manufacturing, maintenance and operation errors have been incurred and will be incurred. Reasoning, judgment, and decision, etc., which have caused and will probably continue to cause accidents, in short, losses.

In this evolving context, the Chilean Air Force (FACH), simultaneously with the development of international aerospace power, applied strategies, approaches and actions for the identification, evaluation, and mitigation of risks, in order to prevent air accidents. In this sense, the Institution drew up standards and procedures, developed tools, incorporated technologies, applied generic and specialized education programs for personnel in accident prevention matters, achieving a sustained reduction in the rates of flight safety events since the beginning of the 21st century, until 2011, when, as a result of a series of institutional air accidents that occurred that year, led to the decision to migrate to the operational safety model proposed by the International Civil Aviation Organization, the Safety Management System (SMS). o Operational Safety Management System.

However, since the SMS development and implementation process began at the FACH (SMS-FACH) in 2012, the event rates (incidents plus accidents) have presented a variable behavior, with an upward trend, based on the statistical projection of R2 (quadratic R; polynomial trend line of 0.51), which translates into uncertainty regarding the effectiveness of the SMS-FACH model implemented, "effect of uncertainty on objectives" (Risk Management Standard ISO 31,000: 2018, 2019), since it has not been possible to reduce the rate of events and accidents, but on the contrary, an increase is projected.

Consequently, questions are raised regarding the effectiveness of the implementation process, risk management processes, Operational Safety assurance and the incorporation of the Operational Safety culture (policy, standards, and procedures), which leads to author to ask himself, what improvements does the FACH Operational Safety Management System require to increase the efficiency of its processes and consequently contribute to the achievement of its objectives?

This question is what illuminates the development of this research process, which is aimed at describing the SMS-FACH processes, diagnosing the current state of the system through different sampling methods, to identify, through its analysis, the deviations, and inefficiencies of the same.

In this sense, it is that based on the same methodology of SMS risk management (identify, evaluate and mitigate), and other management tools such as ISO 9001 and 31000, corrective measures will be applied to the findings that are identified as deviations or inefficiencies of the SMS-FACH, in order to propose corrective or enhancing measures (as far as available resources allow), which are aimed at consolidating the SMS-FACH implementation process and increasing the effectiveness of its processes management.

To achieve the above, the author has used the mixed approach methodological design (CUAL + CUAN) with a concurrent triangulation design (DITRIAC), which "is based on pragmatism" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, p. 551). However, the author considers it possible (depending on the partial results obtained) to use a mixed integration approach (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, p. 563), which will make it possible to enhance the investigative process by applying the defined methodologies with a flexible and inclusive vision, consistent with the general purpose of the mixed approach.

The development of this methodology has materialized in the documentary review of the SMS-FACH (which includes, among others, the Doctrine and the Operational Safety Management Manual), to raise the

institutional processes that are related to the four components and twelve elements of the SMS proposed by the International Civil Aviation Organization).

Based on these processes (state-of-the-art, duty-to-be references), a quantitative data collection of a sample of safety investigation reports of events occurred between 2012 and 2019 (more than 45 events), recorded in the FACH Operational Safety Management Information System (SIGSO), on the X weapon system (representative name modified for a fleet of FACH aircraft, due to the need to reserve information), from which it was obtained up to this state progress of the investigation, that the most significant findings refer to deviations from the application of the recommendations, which is evidence of partially incomplete processes, thereby maintaining substandard conditions and actions without correcting, in other words, risks without mitigating .

It should be noted that these findings are not the only ones to be evaluated, since the author is designing a simple, pre-precise evaluative tool, based on the aforementioned SMS processes, which are related to the adequate identification of the situation (what , when, where, how and why it happened), and the actions to be followed to minimize and / or prevent their recurrence.

Once the quantitative data regarding the deviations identified in the aforementioned sample (reduction of the sample and the research problem) have been collected, the author will design and apply a non-probabilistic survey tool (guided by the author based on his experience) on key operational safety personnel, in order to complement and validate the findings identified above, in order to complement the identification of the elements and variables that constitute SMS-FACH inefficiencies.

Finally, with the data collected, the deficiencies of the system will be analyzed and evaluated, to generate, based on the state of the art and interviews with experts, proposals and recommendations that allow correcting deviations, consolidating and enhancing the SMS-FACH.

Keywords: Operational Safety Management System, Processes, Risk, Smoke Factors.

Referencias Bibliográficas

- Biblioteca Nacional Digital. (09 de noviembre de 2019). Del capitán Manuel Avalos al comodoro Arturo Merino Benítez. Obtenido de <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-728.html>
- Cordero, Z. R. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- EAN, U. (2018). Modulo metodologia de la investigación. Bogota: EPFAC.
- EASA. (2016). EMAR 21 EUROPEAN DEFENCE AGENCY. EUROPEAN MILITARY AIRWORTHINES.REGULATION.
- EASA. (2016). EUROPEAN MILITARY AIRWORTHINESS DOCUMENT EMAD 21. UNION EUROPEA: EUROPEAN DEFENCE AGENCY.
- ESPAÑA RAD, M. D. (2015). Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa. Madrid: MDE.
- Esterberg. (2002). Qualitative methods in social research. Boston.: McGraw Hill.
- Federal Aviation Administration. (01 de MAYO de 2016). FAA, Safety Management System Basis. Obtenido de <https://www.faa.gov/about/initiatives/sms/explained/basis/>
- Fuerza Aérea de Chile. (2000). Manual de Seguridad de Vuelo. Santiago: Comando de Combate.

CUARTO COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA 2021

- Fuerza Aérea de Chile. (10 de octubre de 2018). Doctrina de Seguridad Operacional y Medio Ambiente. Santiago, Cerrillos, Región Metropolitana: Dirección de planificación y Doctrina.
- Graph. (06 de 11 de 2019). Plotting of mathematical functions. Obtenido de <https://www.padowan.dk/doc/spanish/InsertTrendlineDialog.html>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Mexico D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Javier, M. (2010). Apuntes Master de Ensayos en Vuelo 2010. Madrid.
- Organismo de Normalización Española. (MARZO de 2018). Gestión del Riesgo. UNE-ISO 31.000. UNE.
- PCAE, F. (2017). Publicación Colombiana de Aviacion de Estado. Bogota: FAC.
- Robertson, M. (31 de 01 de 2005). www.faa.gov. Obtenido de www.faa.gov: https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/human_factors_guide_for_aviation_maintenance_-_chapter_16.maintenance_resource_management.pdf
- Sampieri, H. (2014). Metodologia de Investigación. Ciudad de México: Mc. Graw Gill.
- SGS Ltda. (16 de OCTUBRE de 2019). Manual Guía del Alumno. Implementación de SGS ISO 9001:2015. SANTIAGO DE CHILE, Providencia, CHILE, REGIÓN METROPOLITANA: SGS Ltda.
- TAMAYO, M. T. (2003). EL PROCESO DE LA INVESTIGACION CIENTÍFICA. LIMUSA S.A.
- Vivina Asensi-Artiga, A. P.-P. (2002). EL MÉTODO CIENTÍFICO Y LA NUEVA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA. España: Departamento de Información y Documentación. Universidad de Murcia.

ESTUDIO DE ACCIDENTES AÉREOS DE AVIACIÓN CIVIL TIPO CFIT OCURRIDOS EN COLOMBIA ENTRE 1995 Y 2020

STUDY OF CFIT-TYPE CIVIL AVIATION AIR ACCIDENTS THAT OCCURRED IN COLOMBIA
BETWEEN 1995 AND 2020

JULIAN CAMARGO GONZÁLEZ⁴

Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
camargoj897@gmail.com

Resumen

Los accidentes clasificados como “Vuelos Controlados Hacia El Terreno” (CFIT), aunque suelen ser pocos, representan una cantidad alta de fatalidades en comparación con otras clasificaciones, siendo la segunda categoría con más alta tasa de mortalidad en la aviación, a nivel mundial (IATA, 2017). Los eventos CFIT hacen referencia a accidentes en los que hay una colisión de una aeronave en vuelo con el terreno, el agua o un obstáculo, sin indicación de pérdida de control. La característica fundamental en este tipo de accidentes es el hecho encontrar la aeronave con funcionamiento óptimo y en control total de la tripulación de vuelo, adecuadamente entrenada, que de forma inadvertida sufre el evento.

Este trabajo pretende estudiar los accidentes tipo CFIT ocurridos en la aviación civil colombiana, en el período 1995-2020, a través de la identificación y análisis de factores que están potencialmente asociados con la causalidad de los eventos, con el objetivo de presentar información detallada que pueda ayudar a la industria en la implementación de estrategias de mitigación para prevenir la ocurrencia de este tipo de accidentes.

Durante el desarrollo de la operación aérea civil colombiana se ha evidenciado que una gran parte de la accidentalidad aérea se relaciona con factores meteorológicos y geográficos propios del territorio local, aspectos que contribuyen, en la mayoría de los casos, a la ocurrencia de accidentes de taxonomía CFIT, clasificación que ocupa el segundo lugar a nivel global en número de fatalidades de los accidentes aéreos (IATA, 2017).

En Colombia no existe un estudio que haya identificado y analizado los factores contribuyentes que se encuentren asociados con la causalidad de los accidentes CFIT ocurridos durante los últimos veinticinco años en la aviación civil local, donde sean expuestos de forma detallada la secuencia de ocurrencia, la contribución de características propias del territorio colombiano, las normas y procedimientos organizacionales que se vieron vulnerados para dar pie a la materialización de estos accidentes. Considerando lo anterior, el objetivo es establecer las medidas de control que pueden implementar los operadores aéreos para prevenir la ocurrencia de accidentes tipo CFIT, a través del análisis detallado de los factores que contribuyeron a la materialización de este tipo de accidentes.

La investigación corresponde a un diseño de tipo documental el cual se basa en la selección y compilación de información a través de la lectura y crítica de documentos (Baena 1985), que inicialmente tendrá un enfoque cuantitativo simbolizado por la recolección de datos que busca generar una base estadística matricial, para posteriormente, a través de un enfoque cualitativo, se analice la información captada y se logre interpretar el fenómeno de accidentalidad aérea CFIT ocurrida en los últimos 25 años en la aviación civil colombiana.

⁴ Ingeniero Aeronáutico, Universidad San Buenaventura – Colombia, Estudiante de Maestría en Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados FAC – Colombia, camargoj897@gmail.com

CUARTO COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA 2021

El enfoque cuantitativo hace referencia a la revisión sistemática de 94 informes investigativos de accidentes de taxonomía CFIT, los cuales son denominados documentos de acceso público y se encuentran publicados en la página oficial de la Autoridad de Aviación Civil Colombiana (UAEAC). La ejecución de esta revisión pretende extraer los datos claves y condensarlos en una matriz que permita categorizarlos con el fin de facilitar un análisis general.

Para la recolección y organización de información derivada de los informes investigativos, será utilizada una matriz de datos como instrumento de manejo de la información, donde serán dispuestas las variables obtenidas de los informes de investigaciones de los accidentes CFIT, con el fin lograr ejecutar un análisis desde una perspectiva estadística a través de la organización de información masiva (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Después, será implementado el enfoque cualitativo que busca a través de la interpretación de datos y la revisión detallada informes investigativos, en comparación con las teorías que estudian del fenómeno de accidentalidad aérea y su comportamiento a nivel global, identificar los factores predominantes de causalidad y emitir recomendaciones de seguridad operacional que logren prevenir los accidentes CFIT en la aviación civil colombiana.

Las técnicas de recolección estarán inicialmente compuestas por una lectura detallada de los informes y la extracción de elementos clave (variables independientes) para ser recopilada en una base de datos estadística, esta base será desarrollada a través del empleo del software Microsoft Excel, permitiendo efectuar una manipulación de datos masiva que de paso a un análisis de tendencias y patrones de comportamiento a gran escala.

Posteriormente, se pretende migrar esta información recopilada al software de procesamiento de datos masivo Microsoft Power BI, con el objetivo de generar una representación gráfica y visual, de la información previamente organizada, pero con un enfoque intuitivo, interactivo y de fácil comprensión, que permita identificar la causa raíz de los eventos y visualizar el comportamiento de los factores predominantes que contribuyeron a la materialización de los accidentes.

Por último se efectuará una análisis profundo de enfoque cualitativo que buscará relacionar las tendencias, comportamientos y patrones observados durante la manipulación de datos e información extraída de los informes, el cual permita interpretar el fenómeno en comparación con los procedimientos y normas recomendados por la OACI, UAEAC y mejores prácticas de la industria, para consecuentemente lograr emitir las recomendaciones de seguridad operacional que puedan ser implementadas por los operadores aéreos civiles de Colombia en busca de prevenir los accidentes tipo CFIT y la contribución de la seguridad operacional local y regional.

Palabras clave: accidente aéreo, CFIT, seguridad operacional, causa raíz, factores contribuyentes.

Abstract

The air accident classified such as “Controlled Flight into Terrain” (CFIT), although they are usually few, represent a high number of fatalities compare with others classifications, being the second category with the most deaths in aviation, in the world (IATA, 2017). CFIT events refer to accidents in which there is a collision of an aircraft in flight with the ground, water or an obstacle, with no indication of loss of control. The fundamental characteristic in this type of accident is the fact of finding the aircraft with optimal functioning and in total control of the flight crew, adequately trained, who inadvertently suffers the event.

This research aims to study the CFIT-type accidents that occurred in Colombian civil aviation, in the 1995-2020 period, by identifying and analyzing factors potentially associated with the causality of the events, with the aim

of presenting detailed information that can help to the industry in the implementation of mitigation strategies to prevent the occurrence of this type of accident.

During the development of the Colombian civil air operation, it has been shown that a large part of the air accident rate is related to meteorological and geographical factors typical of the local territory, aspects to be used, in most cases, to the occurrence of CFIT accidents, a ranking that ranks second globally in number of fatalities from air accidents (IATA, 2017).

In Colombia there is no study that has identified and analyzed the contributing factors that are associated with the causality of CFIT accidents that have occurred during the last twenty-five years in local civil aviation, where the sequence of occurrence, the contribution characteristics of the Colombian territory, the rules and organizational procedures that were violated to give rise to the materialization of these accidents. Considering the above, the objective is to establish the control measures that air operators can implement to prevent the occurrence of CFIT-type accidents, through a detailed analysis of the factors that contributed to the materialization of this type of accident.

The research corresponds to a documentary-type design that is based on the selection and compilation of information through the reading and criticism of documents (Baena, 1985), which will initially have a quantitative approach symbolized by the collection of data that seeks to generate a matrix statistical base, for later, by means of a qualitative approach, the captured information is analyzed and the CFIT air accident phenomenon that occurred in the last 25 years in Colombian civil aviation is interpreted.

The quantitative approach refers to the systematic review of 94 CFIT taxonomy accident investigation reports, which are called public access documents and are published on the official website of the Colombian Civil Aviation Authority (UAEAC). The purpose of this review is to extract the key data and condense it into a matrix that allows categorization to facilitate an overall analysis.

For the collection and organization of the information derived from the investigation reports, a data matrix will be used as an information management instrument, where the variables obtained from the CFIT accident investigation reports will be ordered, in order to execute an analysis from a statistical perspective through the organization of massive information (Hernández, Fernández and Baptista, 2010).

Subsequently, the qualitative approach sought through the interpretation of data and the review of accident reports will be implemented, in comparison with the theories that study the phenomenon of air accidents and their behavior at a global level, identify the predominant causal factors and issue safety recommendations to prevent CFIT accidents in Colombian civil aviation.

The collection techniques will initially be composed of a detailed reading of the reports and the extraction of key elements (independent variables) to be compiled in a statistical database, this base will be developed through the use of Microsoft Excel software, allowing a massive data manipulation leading to large-scale analysis of trends and behavior patterns.

Then, it is intended to migrate this collected information to the massive data processing software Microsoft Power BI, with the aim of generating a graphic and visual representation of the previously organized information, but with an intuitive, interactive, and easy-to-understand approach, which allows identify the root cause of the events and visualize the behavior of the predominant factors that contributed to the occurrence of accidents.

Finally, an in-depth analysis will be carried out with a qualitative approach that will seek to relate the trends, behaviors and patterns observed during the manipulation of data and information extracted from the reports, which will allow the phenomenon to be interpreted in comparison with the procedures and standards recommended by the ICAO, UAEAC and the best practices of the industry, in order to issue safety

recommendations that can be implemented by Colombian civil air operators in order to prevent CFIT-type accidents and contribute to local and regional safety.

Keywords: air accident, CFIT, aviation safety, roots cause, contributing factors.

Referencias bibliográficas

- Asociación Internacional de Transporte Aéreo. (2014) Estudio de la capacidad del sistema de advertencia de proximidad al terreno y los factores humanos en los accidentes CFIT 2005-2014.
- Asociación Internacional de Transporte Aéreo. (2017) Informe de análisis de accidentes de vuelo controlado hacia el terreno por IATA.
- Baena, G., (2017). Metodología de la investigación.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). Fundamentos de metodología de la investigación.
- Kelly, D., & Efthymiou, M. (2019). An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017. *Journal of Safety Research*, 69, 155-165.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2016). Anexo 13 Investigación de accidentes e incidentes de aviación (Undécima Edición).
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2020). Reporte de seguridad operacional.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2019). Situación de la seguridad operacional mundial.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2020). RAC 114 Investigación de accidentes e incidentes de aviación.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, (2017). RAC 219 Implementación del sistema SMS.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2015) Documento 9756: Investigación de accidentes e incidentes de aviación (Segunda Edición).
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2018) Base de datos – Taxonomía (Volumen 2).
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2018) Documento 9859: Manual de gestión de la seguridad operacional (Cuarta Edición).
- Rojas, R. (1983). Métodos para la investigación social (una proposición dialéctica).
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2001). Unraveling the mystery of general aviation-controlled flight into terrain accidents using HFACS.
- Wang, H., Wan, J., & Miao, L. (2017). Research on controlled flight into terrain risk analysis based on Bow-tie model and WQAR data. *Destech Transactions on Engineering and Technology Research*.

EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS POTENCIALES PRESENTES EN LA ANTÁRTIDA PARA EFECTUAR MISIONES ANÁLOGAS ESPACIALES COLOMBIANAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA PANORAMA DE RIESGOS

EVALUATION OF THE POTENTIAL RISKS PRESENT IN ANTARCTICA TO CARRY OUT COLOMBIAN ANA
LOGOUS SPACE MISSIONS THROUGH THE RISK OVERVIEW METHODOLOGY

CT. CRUZ GODOY ANA BEATRIZ⁵

Escuela de Posgrados José Edmundo Sandoval – Colombia
ana.cruz@fac.mil.co

Resumen

Las misiones Análogas Espaciales han sido desarrolladas desde los inicios de la carrera espacial en la época de la Guerra Fría, este tipo de misiones consisten en la simulación en la Tierra de misiones espaciales orientadas a diferentes fases de estas teniendo en cuenta el entorno operacional en el cual se van a desarrollar. En las misiones análogas se realizan misiones para el estudio de factores humanos en condiciones de confinamiento, pruebas de equipos y dispositivos que serán utilizados o tienen potencial para ser utilizados en el espacio tales como Rovers, trajes espaciales, sensores, laboratorios robóticos móviles entre otros, así como los diferentes procedimientos de operación y emergencias que se puedan presentar en cada operación.

Entre los diferentes escenarios para misiones análogas espaciales se encuentran, los desiertos, cuevas, misiones en la profundidad del mar, modelos de cápsulas espaciales dentro de facilidades en centros espaciales y la Antártida. En esta última, la más conocida es la Estación Italo-Francesa Concordia ubicada en la meseta polar de la Antártida y perteneciente al programa espacial de la Agencia Espacial Europea (ESA: European Space Agency), en donde se desarrollan misiones en condiciones de confinamiento entre 6 a 12 meses e incluyen misiones de pruebas de dispositivos y telecomunicaciones, procedimientos de atención médica remota entre otros desde la Antártida.

Colombia posee diferentes posibilidades de establecer un programa de misiones análogas espaciales, entre estas se encuentra la Antártida en la cual la Fuerza Aérea Colombiana se encuentra realizando anualmente en verano austral misiones orientadas a ciencia y tecnología y enmarcadas en el Manual de Investigaciones de la FAC (2015) como programa Antártico de la FAC y en el Programa Antártico Colombiano liderado por la Comisión Colombiana del Océano. En este sentido, y ante la nueva misión de la FAC que incluye el campo espacial, y teniendo en cuenta que la Antártica ofrece un escenario para estudio de misiones espaciales que permiten la simulación de misiones en entorno Luna y Marte; el Centro de Investigaciones Biomédicas Aeronáuticas de la FAC se encuentra desarrollando y financiando el macroproyecto “Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártida” (Corzo y cols, 2019).

Dentro de los objetivos de este se encuentra determinar los riesgos que puede presentar la Antártida para el desarrollo de este tipo de misiones, teniendo en cuenta que en la Antártida se experimentan condiciones extremas como lo es la temperatura, radiación ultravioleta, vientos, estaciones atípicas, campo magnético entre otras. Basado en esta necesidad se formuló el presente proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar los riesgos potenciales presentes en la Antártida para efectuar misiones análogas espaciales colombianas en la Antártida mediante la metodología del panorama de Riesgos.

⁵ Administradora Aeronáutica, Escuela Militar de Aviación – Colombia, Estudiante de Maestría en Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados FAC – Colombia, Ana.cruz@fac.mil.co

CUARTO COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA 2021

Para alcanzar este objetivo, se diseñó un proyecto con enfoque cuantitativo no experimental de tipo transeccional descriptivo. Así, se busca determinar los riesgos por medio de la observación y medición de fenómenos en la Antártida en su contexto natural, para posteriormente analizarlos para considerar su incidencia e interrelación en un momento dado y reflejar los resultados en un panorama de riesgos. (Hernández et al., 2014)

Para el desarrollo de este proyecto se definieron 5 etapas. Inicialmente se aborda una revisión de la literatura, donde se identificaron los tipos de misiones espaciales análogas en la Antártida, tales como, equipamiento robótico, vehículos, hábitats, comunicaciones, generación de electricidad, movilidad, infraestructuras y almacenamiento, adicionalmente, se describen posibles riesgos en la implementación de dichas misiones, en esta fase en conjunto con el equipo investigador se determina que las misiones análogas a evaluar para el presente proyecto son misiones de confinamiento para estudio de factores humanos, misiones para la prueba de rovers y drones de pequeño tamaño.

La segunda fase, responde a la Identificación y clasificación riesgos; a partir de la revisión de la literatura se estandarizan los parámetros o variables que pueden llegar a afectar la seguridad dentro del desarrollo de las operaciones. Entre los cuales se encuentran costos de operación, condiciones meteorológicas, topográficas y fisicoquímicas.

Seguidamente en la tercera fase, se analiza la información y se procede a la obtención de datos los cuales fueron recolectados en el verano austral 2019-2020 en el marco de la VI expedición científica Colombiana y IV campaña Antártica de la Fuerza Aérea Colombiana, para este fin, un miembro del equipo investigador del macroproyecto, visitó en la isla Rey Jorge la Base Antártica Presidente Eduardo Frei Montalva perteneciente a la Fuerza Aérea de Chile entre el 20 al 24 de enero de 2020 en donde se realizaron mediciones de temperatura, viento, radiación ultravioleta, sensación térmica y humedad relativa.

La cuarta fase, en la cual se encuentra el proyecto actualmente, consta del procesamiento de la información recolectada aplicando el modelo más afín para el levantamiento de panorama de riesgos en el contexto de las misiones análogas, con el fin último de obtener un panorama de riesgo que puede ser consultado y aplicado para una segura operación.

En cuanto a la elaboración del panorama de riesgos, preliminarmente se han identificado aproximaciones metodológicas que permiten evaluar integralmente los riesgos. En este sentido, ARMS es una metodología que se enfoca en integrar el Monitoreo del desempeño de la seguridad operacional con la Evaluación de riesgos operativos para garantizar que los eventos, ocurrencias, investigaciones y riesgos se gestionen de manera efectiva. La metodología define un proceso general para la Evaluación de Riesgo Operacional y describe cada paso. El proceso de evaluación comienza con la Clasificación de riesgo de eventos (ERC), que es la primera revisión de los eventos en términos de urgencia y la necesidad de una mayor investigación. Este paso también asigna un valor de riesgo a cada evento, que es necesario para crear estadísticas de seguridad que reflejen el riesgo.

El siguiente paso es el análisis de datos para identificar problemas de seguridad actuales. Estos problemas de seguridad se evalúan en detalle a través de la Evaluación de riesgos de problemas de seguridad (SIRA). Todo el proceso garantiza que se identifiquen las acciones de seguridad necesarias, crea un Registro para el seguimiento de riesgos y acciones y proporciona una función de Monitoreo del desempeño de seguridad. SIRA también se puede utilizar para realizar evaluaciones de seguridad, (Nisula., 2009).

OACI por su parte, ofrece una visión general de cómo debería ser el proceso de evaluación / mitigación de principio a fin si la evaluación del problema es tolerable, es decir, "aceptable", en donde se identifican peligros y riesgos asociados, se evalúa el problema identificado con probabilidad / gravedad; en caso de ser aceptable se continúan las operaciones y se documenta que la evaluación está aprobada y es apropiada. Luego, la OACI

pasa a considerar si las evaluaciones indican un problema que no es "tolerable" o "aceptable". Bajo consideraciones como ¿Se puede eliminar el riesgo por completo? ¿Se puede reducir el riesgo a un nivel tolerable? Si los riesgos no pueden mitigarse, las operaciones aplicables no deberían continuar. Esta es la eliminación del riesgo mediante la evitación total de la actividad. Si el riesgo puede eliminarse por completo, entonces tomará medidas para mitigarlo.

Finalmente, ECSS-M-ST-80C es una norma que define los principios y requisitos para la gestión integrada de riesgos en un proyecto espacial; explica lo que se necesita para implementar una política de gestión de riesgos integrada por cualquier actor del proyecto, en cualquier nivel. Esta Norma contiene un resumen del proceso general de gestión de riesgos, que se subdivide en cuatro (4) pasos básicos y nueve (9) tareas. El proceso de gestión de riesgos requiere el intercambio de información entre todos los dominios del proyecto, y proporciona visibilidad sobre los riesgos, con una clasificación según su importancia para el proyecto; Estos riesgos son monitoreados y controlados de acuerdo con las reglas definidas para los dominios a los que pertenece (Standard, E. C. S. S., 2008).

Palabras clave: Misiones análogas, panorama de riesgos, Antártida

Abstract

Analogous Space missions have been developed since the beginning of the space race in the Cold War era. This type of mission consists of the simulation on Earth of space missions oriented to different phases of these missions taking into account the operational environment in which they are going to be developed.

In analogous missions, missions are carried out for the study of human factors in confined conditions, testing of equipment and devices that will be used or have potential to be used in space such as Rovers, space suits, sensors, mobile robotic laboratories among others, as well as the different operating procedures and emergencies that may arise in each operation.

Among the different scenarios for analogous space missions are deserts, caves, deep sea missions, space capsule models within space centers and Antarctica. In the latter, the best known is the Italo-French Concordia Station located on the polar plateau of Antarctica and belonging to the European Space Agency (ESA) space program, where missions are carried out under confined conditions for 6 to 12 months and include device and telecommunications testing missions, remote medical care procedures and others from Antarctica.

Has different possibilities of establishing a program of analogous space missions, among these is the Antarctic in which the Colombian Air Force is carrying out annual missions oriented to science and technology in the southern summer and framed in the FAC Research Manual (2015) as an Antarctic program of the FAC and in the Colombian Antarctic Program led by the Colombian Ocean Commission.

In this sense, and in view of the new FAC mission that includes the space field, and taking into account that Antarctica offers a scenario for the study of space missions that allow the simulation of missions in the Moon and Mars environment; the FAC Center for Aeronautical Biomedical Research is developing and financing the macroproject "Study for the development of analogous Colombian space missions in the Antarctic" (Corzo et al, 2019).

One of the objectives of the project is to determine the risks that Antarctica may present for the development of this type of mission, taking into account that extreme conditions are experienced in Antarctica, such as temperature, ultraviolet radiation, winds, atypical stations and magnetic fields, among others. Based on this need, the present research project was formulated with the objective of evaluating the potential risks present in

Antarctica for carrying out similar Colombian space missions in Antarctica through the Risk Overview methodology.

To achieve this objective, a project was designed with a non-experimental quantitative approach of a descriptive transectional type. Thus, it seeks to determine risks through the observation and measurement of phenomena in Antarctica in their natural context, and then analyze them to consider their incidence and interrelationship at a given time and reflect the results in a risk scenario. (Hernández et al., 2014)

Five stages were defined for the development of this project. Initially, a literature review was undertaken, where the types of analogous space missions in Antarctica were identified, such as robotic equipment, vehicles, habitats, communications, electricity generation, mobility, infrastructure, and storage.

In addition, possible risks in the implementation of such missions were described, and in this phase, together with the research team, it was determined that the analogous missions to be evaluated for this project are confinement missions for the study of human factors, missions for the testing of rovers and small drones.

The second phase responds to the identification and classification of risks; based on a review of the literature, the parameters or variables that may affect safety during operations are standardized. Among these are operating costs, meteorological, topographical and physicochemical conditions.

Then, in the third phase, the information is analyzed and data is obtained, which were collected in the southern summer 2019-2020 in the framework of the VI Colombian scientific expedition and IV Antarctic campaign of the Colombian Air Force. For this purpose, a member of the research team of the macro project visited the Presidente Eduardo Frei Montalva Antarctic Base of the Chilean Air Force on King George Island between January 20 and 24, 2020, where temperature, wind, ultraviolet radiation, wind chill and relative humidity measurements were made.

The fourth phase, in which the project is currently underway, consists of processing the information collected by applying the most suitable model for the collection of risk scenarios in the context of similar missions, with the ultimate aim of obtaining a risk scenario that can be consulted and applied for safe operations.

As for the elaboration of the risk panorama, methodological approaches have been preliminarily identified that allow for a comprehensive risk assessment. In this sense, ARMS is a methodology that focuses on integrating Safety Performance Monitoring with Operational Risk Assessment to ensure that events, occurrences, investigations and risks are effectively managed. The methodology defines an overall process for Operational Risk Assessment and describes each step.

The assessment process begins with the Event Risk Rating (ERC), which is the first review of events in terms of urgency and the need for further investigation. This step also assigns a risk value to each event, which is necessary to create security statistics that reflect the risk. The next step is data analysis to identify current security issues. These security issues are assessed in detail through Risk Assessment.

Keywords: Analogous missions, risk overview, Antarctica

Referencias bibliográficas

- Colombia Ministerio de Defensa Fuerza Aérea Colombiana. (2015). Modelo de investigación del sistema educativo de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Corzo Z, MA, Alvarado Y, AC (2019). Estudio Para El Desarrollo De Misiones Análogas Espaciales Colombianas En La Antártida. Investigación en curso
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. Editorial McGraw Hill.
- Nisula, J. (2009). Operational Risk Assessment. Next Generation Methodology. Recuperado el 10 de mayo de 2020 de: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/694.pdf>
- Standard, E. C. S. S. (2008). Space Project Management-Risk Management (ECSS-M-ST-80C).
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2013). Manual de gestión de la seguridad operacional (SMM)
- Vicente Cabañas, N. (2011). Ayer, hoy y mañana de la información espacial: metamorfosis del periodismo especializado en la era espacial. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones

INSTRUCTIVO TÉCNICO PARA LA INSPECCIÓN EN VUELO Y CALIBRACIÓN DE SISTEMAS INDICADORES DE TRAYECTORIA DE APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN MEDIANTE LA OPERACIÓN DE UNA AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA

TECHNICAL INSTRUCTION FOR IN-FLIGHT INSPECTION AND CALIBRATION OF PRECISION
APPROACH PATH INDICATOR SYSTEMS BY OPERATING A REMOTE PILOTED AIRCRAFT

EDGAR B. RIVERA FLÓREZ⁶

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

ragde721@hotmail.com

Resumen

Durante la aproximación para el aterrizaje, los aviones deben conservar con respecto al plano horizontal de la pista, un ángulo que generalmente debe ser de tres grados. El simple ojo humano, desde la posición del piloto, normalmente no es capaz de medir ese ángulo, particularmente durante las llamadas aproximaciones de precisión, ante lo cual se hace necesaria la utilización de ayudas visuales luminosas para facilitarlas. Esas ayudas son conocidas como Indicadores de Trayectoria de Aproximación de Precisión -PAPI, (Por su sigla en inglés de Precision Approach Path Indicator).

Debido a causas, ya sea humanas o ambientales, esos indicadores PAPI se descalibran frecuentemente, por lo que deben ser inspeccionados y calibrados periódicamente. Actualmente la inspección para la calibración se hace desde una aeronave convencional en vuelo, involucrando tripulantes y personal especializado a bordo y en tierra a un alto costo. El procedimiento también puede implicar traumatismos a la operación aérea, comprometiendo su eficiencia y eventualmente su seguridad. Pensando en ello, se han adelantado investigaciones en algunos países y se han llevado a la práctica procedimientos de inspección en vuelo mediante la utilización de una aeronave pilotada a distancia o RPA.

Estando suficientemente demostrada la posibilidad de adelantar la inspección en vuelo mediante el empleo de una RPA en lugar de un avión, el problema que se debe abordar ahora es cómo hacerlo. Es decir, se requiere un instructivo que establezca un procedimiento estandarizado para adelantar de manera eficiente y segura esa tarea, ante lo cual cabe preguntarse: ¿Cómo diseñar un instructivo técnico para la inspección en vuelo y calibración de indicadores de trayectoria de aproximación de precisión -PAPI mediante la operación de una RPA, sin comprometer la seguridad operacional ni la eficiencia en las operaciones aéreas, logrando igual o mayor precisión que la que se consigue con aeronaves convencionales?

Para responder al anterior interrogante, se tiene como objetivo de esta investigación el de diseñar un instructivo técnico para la inspección en vuelo y calibración de indicadores de trayectoria de aproximación de precisión -PAPI, mediante la operación de una RPA. Se espera que la aplicación de esas instrucciones permita una maniobra eficiente y segura.

⁶ Abogado, Universidad de Cartagena – Colombia, Especialista en Derecho Aeronáutico -Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima, Especialista en Derecho del Transporte, Universidad Externado de Colombia Especialista en Derecho Procesal, Universidad del Rosario – Colombia, Estudiante de Maestría en Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados FAC – Colombia, ragde721@hotmail.com

El procedimiento de inspección en vuelo actualmente aceptado en todo el mundo implica el empleo del avión con dos pilotos y un técnico a bordo, y en tierra un operario que lo guía para conservar la pendiente de 3° con el apoyo de un teodolito, mientras otro técnico hace la calibración bajo instrucciones que recibe desde el avión. Los parámetros de la calibración han sido definidos en el RAC 14 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, concordante con el Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional.

Las PAPI son un conjunto de cuatro luces alineadas en una barra a la izquierda o a ambos lados de la pista. Cuando están adecuadamente calibradas, se verán desde un avión en vuelo que se aproxima a la pista, dos luces blancas y dos rojas, si la pendiente con que lo hace es de tres grados. Si se ven tres luces blancas y una roja o las cuatro blancas, el avión estará alto o muy alto, con una pendiente mayor respecto de la pista. Si se ven tres luces rojas y una blanca o las cuatro rojas, el avión vendrá bajo o muy bajo, con una pendiente menor a la requerida. Estando ubicado el avión en la trayectoria correcta (3°), si la lectura no es de dos luces blancas y dos rojas, significa que las luces están descalibradas y debe ajustarse su ángulo.

La mayoría de trabajos existentes han descrito la anterior tarea mediante el empleo del avión convencional, aunque algunos más recientes informan sobre la posibilidad de hacerlo mediante el empleo de una RPA sin mayores detalles acerca de cómo hacerlo. El enfoque teórico de esta investigación muestra que, si se sitúa la RPA a una distancia y altura tales con respecto a la ubicación de las luces, formando un triángulo rectángulo, donde la altura desde el suelo y la distancia sobre el plano horizontal hasta las luces en la pista forman sus catetos con un ángulo de 90° entre ellos y la línea imaginaria entre la RPA y las luces forma la hipotenusa, el ángulo entre esa hipotenusa y la prolongación del plano horizontal de la pista, cuyo vértice son las luces, será de 3° si se establece la altura adecuada para la RPA.

lo cual se consigue mediante la aplicación de conocidas fórmulas trigonométricas, o con el apoyo del teodolito actualmente empleado. Con la RPA en vuelo estacionario en esa posición, se hace la inspección visual mediante el empleo de una cámara, cuya imagen es vista desde tierra, para determinar la calibración requerida, según ha sido explicado.

El método utilizado para adelantar la investigación es el inductivo, de carácter cualitativo, narrativo, soportado en la revisión de literatura y la observación exploratoria. La literatura revisada incluyó normas, manuales y documentos de la OACI, la Aerocivil de Colombia y la FAA de los Estados Unidos, así como artículos científicos e información publicada por proveedores de servicios de inspección en vuelo. La fase de revisión de literatura fue agotada, pero como el tema está en plena evolución, sigue apareciendo información que debe ser consultada.

En cuanto a la observación, esta incluye las tareas efectuadas tanto a bordo como en tierra, durante la inspección en vuelo. Se efectuó una primera observación piloto a bordo y se diseñó un instrumento para recoger la información, pero no se ha podido continuar dicha observación, debido a que la Pandemia de COVID-19 afectó la programación de vuelos por parte de la Aeronáutica Civil. Entretanto, se sigue revisando nueva literatura emergente y se están planificando algunas observaciones a efectuar mediante el empleo de una RPA. Al propio tiempo, se está definiendo cuáles son los temas o secciones que debería abordar el manual. Una vez concluida la fase de observación se espera recopilar y analizar la información que ha de servir como soporte para diseñar el procedimiento que haya de quedar plasmado en las diferentes secciones del manual, como entregable de esta investigación.

Palabras clave: Luces PAPI, inspección en vuelo, calibración, avión, RPA, pendiente, ángulo, trayectoria.

Abstract

During the approaching for landing process, and with respect to the horizontal plane of the runway, aircrafts must keep an angle which is generally of three degrees. Human eye, from pilot sight perspective, is not usually capable of measuring this angle, particularly during precision approaching maneuvers, which makes necessary using lighting visual tools to help the pilot throughout the process. These tools are known as *Precision Approach Path Indicators*, or PAPI.

Due to different facts, either human or environmental, PAPI indicators are often miscalibrated, so they must be inspected and calibrated periodically. The inspection for calibration is made from a conventional aircraft during flight, involving crew and specialized personnel both from the ground and on-board, which is an expensive task. The procedure can disturb the normal airport operation, compromising its efficiency and eventually its safety. With this in mind, research has been made in some countries, and inspection procedures have been taken in place, using a remotely piloted aircraft (RPA).

Being sufficiently demonstrated the possibility of advancing flight inspection processes by using an RPA instead of an airplane, the issue to be addressed now is how to do it. In other words, an instruction manual is required that establishes a standardized procedure to carry out this task efficiently and safely, from which it is worth asking: How to design a technical instruction manual for the in-flight inspection and calibration of precision approach path indicators - PAPI through the operation of an RPA, without compromising operational safety or efficiency in air operations, achieving equal or greater precision than the achieved by using conventional aircrafts?

In-flight inspection procedure is currently accepted worldwide, involves the use of an aircraft with two pilots and an on-board technician, and an on-ground operator who guides the pilot to maintain the 3° slope with the support of a theodolite, while another technician does the calibration under instructions he receives from the plane. The calibration parameters have been defined in RAC 14 of the Colombian Aeronautical Regulations, in accordance with Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation.

The PAPIs are a set of four lights aligned in a bar on the left or on both sides of the runway. When correctly calibrated, two white lights and two red lights should be seen from a flying airplane approaching to the runway, if the slope is three degrees. Three white lights and one red light or four white lights indicate the plane is too high, with a greater slope than required by the airport specifications. Three red lights and one white light or four red lights indicate the plane is too low, with a lesser slope than required. If the aircraft is located on the correct path (3°), but the reading from the PAPIs is not two white lights and two red lights, it means that the lights are miscalibrated and their angle must be adjusted.

Most of previous research papers have described the previously described task by using conventional aircrafts, although some more recent ones report the possibility of doing it using an RPA, without further details about how to do it. The theoretical approach of this investigation shows that, if the RPA is located at such a distance and height with respect to the location of the lights, forming a right triangle where the height from the ground and the horizontal distance from the RPA to the lights on the runway form their legs with an angle of 90° between them, and the imaginary line between the RPA and the lights forms the hypotenuse, the angle between this hypotenuse and the extension of the horizontal plane of the runway - whose vertex are the lights, will be of 3° if the appropriate height for the RPA is established, which is obtained by applying known trigonometric formulas, or with the support of the currently used theodolite. With the RPA hovering in that position, visual inspection is made by using its remote camera - which image is seen from the ground, to determine the required calibration, as explained.

The method used to carry out the research is inductive, qualitative, narrative, supported by literature review and exploratory observation. Reviewed literature included standards, manuals, and documents from ICAO, Colombia's Civil Aviation Authority, and the United States' FAA, as well as scientific articles and information published by flight inspection service providers. The literature review phase was exhausted, but because the subject is still developing, newer information that should be consulted continues to appear.

Observation-wise, this includes the tasks carried out both on board and in the ground, during the in-flight inspection. A first pilot observation was made on board, and an instrument was designed to gather information, but further observations have not been possible to be taken because the COVID-19 Pandemic affected the flight scheduling by Colombian Civil Aviation Authority. Meanwhile, new emerging literature continues to be reviewed and some observations by using an RPA are being planned. At the same time, the topics or sections that the manual should address are being defined. Once the observation phase is concluded, it is expected to collect and analyze the information that will serve as a support to design the procedure that will be reflected in the different sections of the manual, as a deliverable of this research.

Keywords: PAPI lights, flight inspection, calibration, aircraft, RPA, slope, angle, path.

Referencias Bibliográficas

- Argos ingeniería. The definitive solution for high precision papi alignment https://www.rr-leuchten.de/template/pdf/SMF_PAPI_General_Description.pdf
- Elistair SAS (2017). Airport maintenance PAPI Calibration at Paris- Le Bourget <https://elistair.com/wp-content/uploads/2017/03/Use-Case-Airport-Maintenance-PAPI-Calibration-at-Paris-Le-Bourget.pdf>
- Federal Aviation Administration, Aviation System Standards Flight Inspection Operations Group. (2007). Flight Inspection Handbook
- Federal Aviation Administration, Technical Center (1983). Evaluation of Precision Approach Path Indicator (PAPI). City Airport, N.J. 08405
- Galera, J. (2015). Canard Drones: RPAS para calibrar sistemas aeroportuarios. <https://www.todrone.com/canard-drones-calibrar-sistemas-aeroportuarios/>
- Herrera, J., Parra, S. (2019). Experimental prototype for visual support in the calibration of the precision indicator lights of approach slope, for a landing track using a drone. Revista respuestas. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta.
- Haberfeld, L. (2018). Implementation of RPAS in Flight Inspection Activities at Brazilian Airspace Control System. Flight Inspection Symposium, Monterey, California.
- Los 5 Modos de vuelo básicos de tu drone <https://www.comprardrones.online/academia/modos-de-vuelo/>
- Peralta, J. (2018). Vinculación de la aviación no tripulada a la aviación convencional. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2018) Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional "Aeródromos" , Montreal, Canadá.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2011) Circular 328 "Sistemas de aeronaves no tripuladas" UAS.
- Organización de Aviación Civil Internacional (2011) Doc. 10019 AN/507 Manual sobre sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS)
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (2019) Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 14 "Aeródromos Aeropuertos y Helipuertos" Bogotá, Colombia.

CUARTO COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA 2021

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (2019) Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 91 “Reglas generales de vuelo y operación”, Bogotá, Colombia.

Wilkens, C., Heinke, T., Seide, R. (2018). Application of Unmanned Aircraft Systems as an Instrument in Flight Inspection Proceedings International Flight Inspection Symposium, Monterey, California http://www.icasc.co/sites/faa/uploads/documents/20th_IFIS_Papers/Papers/IFIS18-0022.pdf