

COLECCIÓN  
**C&PA**

**Nº 9**

Colección Ciencia y Poder Aéreo

Publicación de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

# Estudios sobre Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia



**Autores**

**María Andrea Bueno Restrepo • Jesús Arturo Cortes Soto  
Carlos Hoover Jiménez Ortiz • Juan José López Duque  
Iván Fernando Rodríguez Pineda • David Stiven Tamayo González**







# Estudios sobre Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia

***Compilación de artículos de revisión  
sobre Seguridad Operacional***

***Autores***

María Andrea Bueno Restrepo  
Jesús Arturo Cortes Soto  
Carlos Hoover Jiménez Ortiz  
Juan José López Duque  
Iván Fernando Rodríguez Pineda  
David Stiven Tamayo González



Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana  
Bogotá, D.C., Colombia.





# Estudios sobre Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia

***Compilación de artículos de revisión  
sobre Seguridad Operacional***

## ***Compiladores***

Coronel (RA) Germán Erazo Rodríguez  
Erika Juliana Estrada Villa

## ***Director de la Colección Ciencia y Poder Aéreo***

Capitán Germán Wedge Rodríguez Pirateque

## ***Editora***

Mayden Solano Jiménez

**Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana**

Bogotá, D.C., Colombia.

Noviembre de 2015.

## **Biblioteca Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana - Catalogación en la Fuente**

Estudios sobre seguridad operacional, una mirada desde la academia: compilación de artículos de revisión sobre seguridad operacional / María Andrea Bueno Restrepo (... y otros 5 más); Compiladores CR. (RA). Germán Erazo Rodríguez, Erika Juliana Estrada Villa; Director de la Colección CT. Germán Wedge Rodríguez; Editora Mayden Solano Jiménez - Bogotá: Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana, 2015.

200p.: il. 24cm. - (Colección Ciencia y Poder Aéreo; No.9)

Incluye bibliografía al final de cada artículo.

**ISBN: 978-958-99406-6-2**

1.Seguridad Aeronáutica - Medidas 2.Seguridad Industrial - Educación - Colombia 3.Prevenición de Accidentes - Colombia 4.Aeronautics - Safety measures [Inglés] 5.Safety education, Industrial - Colombia [Inglés] 6.Risk assessment - Colombia [Inglés] i.Cortés Soto, Jesús Arturo ii.Jiménez Ortíz, Carlos Hoover iii.López Duque, Juan José iv.Rodríguez Pineda, Iván Fernando v.Tamayo González, David Stiven vi.Erazo Rodríguez, Germán (Compilador) vii. Estrada Villa, Erika Juliana (Compilador) viii. Rodríguez Pirateque, Germán Wedge (Director) ix.Solano Jiménez, Mayden (Editor) x.Colombia. Fuerza Aérea Colombiana

TL553.5.E88 2015 -LC

629.13--DC23

ech.

Noviembre 30, 2015

**Autores:** María Andrea Bueno Restrepo; Jesús Arturo Cortes Soto; Carlos Hoover Jiménez Ortíz; Juan José López Duque; Iván Fernando Rodríguez Pineda; David Stiven Tamayo González.

Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia. Compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Primera edición. Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9. Bogotá, Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

Libro de investigación.

Primera edición: Bogotá D.C. Colombia (Suramérica), Noviembre de 2015.

Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.

ISBN: 978-958-99406-6-2

Número de ejemplares: 500.

Impreso y hecho en Colombia.

Está permitida la reproducción parcial de los artículos de revisión que hacen parte de esta compilación, productos de investigación desarrollados en la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional, con fines académicos e investigativos; siempre y cuando se haga la respectiva cita, referencia al artículo, autor, y a la compilación de la Colección Ciencia y Poder Aéreo de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. 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.

## Consejo Editorial / Editorial Council

### *Director*

Coronel  
Gerber Johan Alzate Gutiérrez

### *Subdirector*

Coronel  
Juan Carlos Hernández Guzmán

### *Subdirector Académico*

Teniente Coronel  
Yamil Guillermo Castelblanco  
Echavarría

### *Director Programa de Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional*

Teniente Coronel  
Juan Carlos Hernández Deckers

### *Jefe del Departamento de Investigación Director de la Colección*

Capitán  
Germán Wedge Rodríguez Pirateque

### *Coordinadora Editorial*

Mayden Solano Jiménez

## Equipo de proyecto / Project Team

### *Director Programa de la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional (2013-2014)*

CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez, Esp.

### *Jefe del Dpto. de Investigación*

Capitán  
Germán Wedge Rodríguez Pirateque M.Eng.

### *Docente de investigación Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional*

OD. 18 Erika Juliana Estrada Villa, M.Sc.

### *Asesores metodológicos*

Alicia Almeida, PhD (c)  
OD. 18 Erika J. Estrada Villa, M.Sc.  
OD. 18 Rafael Pérez Uribe, PhD.

## Autores /Authors

MY. María Andrea Bueno Restrepo  
CT. Jesús Arturo Cortes Soto  
MY. Carlos Hoover Jiménez Ortíz  
MY. Juan José López Duque  
CT. Iván Fernando Rodríguez Pineda  
ST. David Stiven Tamayo González

## Pares Académicos Internos / Internal Academic Peers

CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez, Esp.  
MY. Luis Fernando Giraldo Escobar, Esp.  
TC. (RA) Álvaro Romero Uribe, Esp.  
TC. Reynel F. Cristancho Hurtado, Esp.  
TC. Jorge Alberto Ortíz Jiménez, Esp.  
CT. Lina María Pinzón, Esp.  
TC. Carolina Rodríguez Suárez, Esp.  
OD. 18 Erika J. Estrada Villa, M.Sc.

## Pares Académicos Externos / External Academic Peers

Germán Alberto Barragan De Los Rios, M.Sc.  
Jorge Iván García Sepúlveda, M.Eng. M.Sc.  
Germán Urrea Quiroga, M.Sc.

## Equipo Técnico / Technical Team

### *Revisión de texto y estilo*

Mayden Solano Jiménez

### *Fotografía*

SATENA  
MY. Camilo Andrés Grisales Palacio  
EPFAC  
TA19. Aldemar Zambrano Torres

### *Diseño de cubierta - páginas interiores impresión*

Fenix Media Group Ltda.

© 2015, Escuela de Postgrados de  
la Fuerza Aérea Colombiana  
Carrera 11 No. 102-50 Edificio ESDEGUE.  
Oficina 411. Bogotá, Colombia. A.A. 110111  
Teléfonos: (0571) 6378927 -  
6206518 Ext. 1700, 1719, 1722

Comentarios y sugerencias a:  
cienciaypoderaereo@gmail.com • [cienciaypoderaereo@epfac.edu.co](mailto:cienciaypoderaereo@epfac.edu.co)  
[www.publicacionesfac.com](http://www.publicacionesfac.com) • [www.epfac.edu.co](http://www.epfac.edu.co)

---

# Presentación

---



Con noventa y siete años de historia y tradición la gloriosa Fuerza Aérea Colombiana (FAC) ha venido incentivando la educación de las damas y caballeros del aire que conformamos, una de las instituciones del Estado con mayor credibilidad y favorabilidad que se ha ganado un espacio en el corazón de los Colombianos y la admiración de otras fuerzas aéreas de la región, que la toman como referente. ¿Cuál es la clave de su éxito?

La respuesta es: un talento humano altamente capacitado y comprometido con el cumplimiento de la misión. Por lo anterior, la FAC destina importantes recursos para la formación y capacitación integral de su personal. En este sentido, la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (EPFAC), cuya misión es desarrollar programas de Educación Superior y capacitar en el campo militar y profesional aeronáutico, para contribuir al desarrollo del talento humano y al liderazgo de la Fuerza en el ámbito del poder aéreo nacional. Es una Institución de Educación Superior que ofrece una variada y prolifera oferta académica, con los más altos estándares de calidad y pertinencia. Uno de sus programas académicos más robustos es el de Seguridad Operacional, el cual busca la preservación del recurso humano y equipos, de quienes con orgullo y gallardía escogimos la honrosa y gratificante profesión de ser “Aviadores Militares”.





Estos programas académicos van desde seminarios, diplomados y cursos hasta programas de nivel pos gradual debidamente registrados ante el Ministerio de Educación Nacional (MEN), como lo son la Especialización de Gerencia de la Seguridad Aérea (SNIES 11217 del 22 de agosto de 2013) que inició en 2007 y hasta la fecha lleva 21 cohortes y más de 100 graduandos, y la Maestría en Seguridad Operacional (SNIES 17699 del 6 de diciembre de 2013) que inició su primera cohorte el 21 de julio de 2015.

Este libro es un homenaje a toda nuestra comunidad académica, especialmente a los graduandos que hicieron parte de la I Cohorte de 2014 de la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional, protagonistas y autores de los artículos de revisión, que con ahínco y denuedo materializaron lo que se había planteado en el acto inaugural de clases como una leve idea de lo que podía resultar del ejercicio investigativo durante el desarrollo de su Especialización. Por ello, nuestras más sinceras felicitaciones por su dedicación y perseverancia.

Extiendo mi especial agradecimiento al cuerpo directivo del Programa en Seguridad Operacional, equipo profesoral, que con su guía y arduo trabajo equipararon a nuestros articulistas; también al grupo de respetados jurados y pares académicos externos, que por su conocimiento en el campo permitieron validar los resultados, pudiendo seleccionar los más destacados trabajos que llegaron a sus manos.

También, resalto el trabajo del Departamento de Investigación por el seguimiento y validación holística del Libro que presentamos a la comunidad académica, científica y empresarial del sector aeronáutico, deseosos de que este producto investigativo tenga el impacto y la visibilidad esperada.

Coronel **Gerber Johan Alzate Gutiérrez**  
Director Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana



---

# Prefacio

---

Actualmente la investigación es una de las funciones sustantivas de la educación superior en Colombia, la cual se evidencia en su formación, desarrollo y potencialidad a través de la generación, apropiación y difusión del conocimiento. Siendo responsabilidad de las Instituciones de Educación Superior (IES) fomentar la escritura de artículos, que plasmen los avances y desarrollos de la investigación realizada por su cuerpo docente y estudiantil. La Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea no es ajena a esta labor; es por ello, que con esta selecta publicación de artículos de revisión, da a conocer aquellos logros y resultados producto de la investigación formativa de los estudiantes de la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional (EGSO) primera promoción - año 2014.

La decisión del Departamento de Investigación de poner al alcance esta compilación a estudiantes, profesores, investigadores y demás miembros de la comunidad académica, deriva también de la experiencia acumulada de los estudiantes de la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional en temas de seguridad operacional en el país y de la necesidad de que estos temas sean publicados.

Entonces surge la pregunta ¿Qué es un artículo de revisión? Es un “documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias” (Colciencias, Publindex, 2010, p.8).







La importancia de realizar un artículo de revisión, como opción de grado, radica en que permite a los estudiantes e investigadores llevar a cabo un rastreo bibliográfico para seleccionar información realmente importante para la investigación que se encuentre desarrollando. En este sentido, la revisión temática para un artículo, busca por medio de un análisis reducir la información encontrada en publicaciones académicas, que deben tener como requisito su calidad e indexación. Donde el objetivo es escribir un artículo de revisión redactado en forma clara y concisa con las características de fidelidad, objetividad y precisión para que le den un pequeño aporte al valor teórico de la disciplina, en este caso seguridad operacional.

La selección de artículos de revisión que se presentan en este libro es un logro del trabajo de docencia realizado en el módulo de investigación de la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional, el cual buscó ofrecer a los estudiantes que se decidieron por la opción de grado “artículo de revisión”, una guía con herramientas y actividades sobre la manera de elaborar y presentar un artículo de revisión a fin de ser presentado a la comunidad académica.

**Erika Juliana Estrada Villa**

Docente del Departamento de Investigación





---

# Prólogo

---

## ¿Por qué escribir sobre seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana?

Básicamente por dos razones, la primera, porque toda la literatura existente sobre la materia nos llega del extranjero, normalmente de los países del primer mundo. El inconveniente con lo anterior, radica en que los escritos, aunque valiosos en su contenido difieren en su contexto, por lo tanto deben ser adaptados, en lo general, a la realidad nacional y, en lo particular, a la Fuerza Aérea Colombiana. Esto es lo que los autores de los presentes artículos de revisión se propusieron hacer.

En segundo lugar, porque la seguridad operacional, al ser una disciplina con un campo de estudio tan amplio y diverso, no puede ser abordada por un solo especialista ni desde una sola perspectiva. Dado su carácter multidisciplinario y transdisciplinario, se requiere de muchas visiones y especialistas para analizar los problemas que surgen de la interacción hombre-máquina-medio ambiente-misión-organización. Esta interacción es la que lleva al estudio de los denominados factores humanos, factores de material y factores organizacionales, los cuales, son los responsables de todos los accidentes aéreos, accidentes que ahora son considerados como “accidentes organizacionales”. Los accidentes organizacionales tienen múltiples causas e incluyen a muchas personas trabajando en diferentes niveles dentro sus respectivas organizaciones (Reason, 1997); de donde se desprende que cualquier persona que pretenda dominar el amplio tema de la seguridad operacional lo mejor que puede hacer es “especializarse” en alguno de los muchos y variados temas que esta disciplina debe abordar. De nuevo, esto es lo que los autores de los presentes artículos de revisión se propusieron alcanzar: dominar, con alguna soltura, al menos un tema de la seguridad operacional.

Los temas tratados abordan aspectos propios de los factores humanos y de material, así como, factores organizacionales. Se encuentran temas relacionados con la gestión del talento humano y capacitación tanto de pilotos como de personal logístico de apoyo en tierra. Se incluyen estudios que revisan el estado del arte en lo relacionado con el diseño y fabricación de cabinas de vuelo (ahora que la Fuerza Aérea fabrica sus propios aviones de entrenamiento primario), sumado a problemas con el recibo, almacenamiento y utilización de partes aeronáuticas. Sumado a resultados en referencia a la gestión predictiva de los riesgos operacionales a través de metodologías de captura de información soportadas tanto por personas como por tecnología de punta; con la gestión de riesgos en la automatización de las cabinas y un tema relacionado con buenas prácticas en la coordinación y ejecución de las operaciones de búsqueda y salvamento; entre otros. Todos ellos con un común denominador: los problemas



analizados obedecen a peligros latentes que afectan los procesos operacionales de la Fuerza Aérea y que merecen una segunda revisión por parte de la Institución con el fin de implementar medidas de mitigación que permitan reducir los niveles de riesgo operacional tan bajo como sea posible, ahora que se avencinan tiempos de postconflicto.

Para empezar, la señora Mayor **María Andrea Bueno Restrepo** analiza las fallas en el proceso de asignación de primeras autonomías en ala fija en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) que han conducido a desafortunados eventos de seguridad operacional. Después de un pormenorizado estudio de las prácticas de selección, promoción y entrenamiento de pilotos efectuadas en otras organizaciones de aviación tanto civiles como militares; el artículo destaca que la Institución tiene dos problemas a resolver: la alta rotación de autonomías y, su subproducto, las transiciones entre aeronaves. Bajo esta consideración, concluye que la asignación de autonomías en la FAC no debe ser sólo un proceso cuantitativo basado en horas de vuelo, también debe incluir herramientas de evaluación de competencias, esto es, valoración psicológica que determine las aptitudes y motivaciones de los candidatos a las autonomías de vuelo proyectadas e introducir nuevas estrategias de entrenamiento de vuelo en los cursos de transición buscando alejarse del modelo tradicional de producir “pilotos en serie”, tal como ya se viene realizando en otras organizaciones de aviación.

El señor Subteniente **David Stiven Tamayo González** analiza los modelos de gestión de riesgos predictivos recomendados por la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) dentro de la implementación del sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS), denominados FOQA (Análisis de Datos de Vuelo) y LOSA (Auditorías en Vuelo); los cuales vienen siendo desarrollados exitosamente por la empresa de aviación estatal SATENA. El artículo concluye que dichos modelos son las herramientas más eficaces para la identificación de peligros y la mitigación de riesgos operacionales en la industria aeronáutica ya que su correcta interpretación permite al operador anticiparse en la implementación de acciones de mitigación sobre lo que no ha sucedido aún (el accidente); todo lo contrario a la “costumbre” generalizada en el sector aeronáutico nacional de sólo generar acciones de mitigación cuando el accidente ya ha sucedido.

El señor Capitán **Iván Fernando Rodríguez Pineda** describe la importancia de analizar la relación factores humanos-ergonomía durante el diseño de cabinas de aviación y los riesgos a los que se ven sometidos los pilotos cuando estos dos aspectos no se aplican debidamente. El autor considera que en Colombia, particularmente en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), no existe información que permita documentarse sobre la relación de estos dos elementos y, a su vez, recomienda implementar procedimientos al interior de la Institución para la realización de estudios antropométricos y análisis de cabina. Los primeros, para ser aplicados durante los procesos de adquisición de nuevas aeronaves; los segundos para ser utilizados durante los procesos de modificación y modernización de aeronaves, con el fin último de minimizar la ocurrencia del error humano durante la interfaz hombre-máquina.

El señor Mayor **Juan José López Duque**, hace un recuento de los factores y principios claves para la ejecución organizada, segura y efectiva de los procesos de búsqueda y salvamento (operaciones SAR) en caso de siniestro o accidente aéreo. Al analizar los altos niveles de complejidad de estas operaciones resalta





que las medidas de mitigación a adoptar deben ser proactivas, no con el enfoque de prevenir los accidentes, sino con el de tener diseñados mecanismos de respuesta y atención apropiados para cuando éstos se presenten. Dentro de las medidas proactivas, menciona la actualización continua de los planes de respuesta ante emergencias como resultado de la práctica de simulacros.

Para el desarrollo de las operaciones, menciona la conveniencia de realizar una taxonomía de los eventos a realizar, con el fin de identificar los elementos más críticos. El objetivo es el de invertir los esfuerzos y recursos de forma directamente proporcional al efecto que se quiere prevenir. Es decir, si el factor humano genera el 70% de los accidentes, se debería invertir en este factor ese mismo porcentaje de esfuerzos y recursos, utilizando todos los mecanismos necesarios: tecnológicos (*hardware*), procedimentales (*software*), motivacionales, de capacitación e incluso sancionatorios con el fin de alcanzar y mantener el nivel aceptable de seguridad operacional establecido por la organización.

El señor Mayor **Carlos Hoover Jiménez Ortiz**, por su parte, al analizar los problemas de la cadena de abastecimientos de materiales aeronáuticos en la Fuerza Aérea, establece que la falta de gestión estratégica de personas en la asignación de cargos en el área de abastecimientos ha llevado a dificultades en la trazabilidad de los materiales aeronáuticos. A su vez, ha conducido a problemas en la detección de fallas por factores de material en las partes y elementos aeronáuticos; contrarios a lo que sucede en otras organizaciones, como la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, donde la selección y capacitación del personal de abastecimientos obedece a un proceso tan cuidadoso como el de los pilotos.

Considera que en la actualidad no existen personas capacitadas para realizar una adecuada gestión frente a los materiales aeronáuticos, ya que la institución no ha delegado de forma adecuada las funciones y atribuciones específicas para este tipo de cargo (Fuerza Aérea Colombiana, 2010) y recomienda la creación de un nuevo cargo, el de inspector de abastecimientos aeronáuticos, quien sería



la persona encargada de supervisar, examinar, auditar, inspeccionar y controlar todos los aspectos relacionados con la gestión de los materiales aeronáuticos.

El señor Capitán **Jesús Arturo Cortes Soto**, efectuó la revisión de artículos relacionados con los factores de riesgo en la interacción hombre-máquina durante el uso de los sistemas automáticos en las cabinas de vuelo. Paradójicamente, la que se considera la solución a las acciones incorrectas de la tripulación, como por ej.: el control manual durante la trayectoria de aproximación; ha terminado por convertirse en un ambiente operacional de cabina de vuelo plagado de errores de omisión en el monitoreo y fallas del piloto para actuar e intervenir cuando ha sido requerido. Al parecer los humanos no somos muy buenos monitoreando.

Cuando se realizan tareas de monitoreo con sistemas automáticos, la detección asertiva de una falla que requiere la intervención del hombre, por lo general, no es inmediata, y la toma de decisiones en la cabina se complica. El autor resume una serie de recomendaciones que incluyen cosas sorprendentes como la necesidad de “aprender” a volar en modo manual estas modernas aeronaves hasta estrategias para reducir la complacencia y el exceso de confianza de los pilotos en la automatización, pasando por cosas ahora básicas como el correcto empleo del CRM.

Dicho lo anterior, también debo agregar que en Colombia, y particularmente en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), existe, en la mayoría de los casos, muy poca información en relación con los temas aquí abordados; por lo tanto, los presentes artículos de revisión no deben considerarse como artículos acabados, sino más bien como punto de partida para temas que al interior de la Institución deben estar en permanente análisis y construcción para beneficio de la aviación nacional civil y militar. Si esto se logra algún día, podre afirmar que el esfuerzo de los estudiantes y de la Escuela de escribir sobre seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana valió la pena.



---

No podría terminar este prólogo sin antes agradecer a las personas que hicieron posible llevar a feliz término la publicación del presente compendio de los artículos de revisión de la primera promoción de Especialistas en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrado FAC (EPFAC) para el año 2014. Seguramente se me escapan algunos nombres, pido de antemano disculpas por la omisión, pero debo aclarar que evidentemente aquí no aparecen todos los que son. Para empezar debo mencionar a las personas que tuvieron la feliz y atrevida idea de incluir como opción de grado en la especialización la posibilidad de escribir un artículo de revisión, itodo un reto! Cuando llegué a la Escuela de Postgrados, a mediados del año 2013, el reglamento de investigación ya había sido modificado y así lo contemplaba, así que ellos saben quiénes son.

Igualmente, debo agradecer al Director de la EPFAC, señor Coronel Gerber Johan Alzate Gutiérrez, por haber dado todas las facilidades tanto a directivos y docentes del programa como a los estudiantes para cumplir con las responsabilidades académicas que el reto imponía, y por su insistencia en alcanzar el objetivo de terminar los artículos dentro del espacio correspondiente al año lectivo 2014; algo que parecía imposible de lograr, sobre todo para los estudiantes, dado que era la primera vez que este experimento se hacía en el entorno académico de la FAC; pero vaya que se logró.

Asimismo, agradezco a las profesoras Erika Estrada Villa y Alicia Almeida Cantoni por la dedicación demostrada en la orientación y acompañamiento ofrecidos a cada uno de los estudiantes durante el proceso de elaboración de los correspondientes artículos. De paso, me permito felicitar y agradecer a los estudiantes por el esfuerzo hecho; por su parte, ellos expresaron su agradecimiento, en cada uno de sus artículos, a las diferentes personas, entidades y organizaciones que les facilitaron las labores tendientes a la culminación de los mismos.

Es imprescindible, como ya lo mencioné, que la Institución dé una segunda revisión a los artículos aquí publicados y evalúe las recomendaciones propuestas, ya que ellos obedecen al juicioso estudio de peligros latentes que afectan la seguridad del principal proceso operacional de la Fuerza. Finalmente, exhorto a sus autores a que continúen profundizando en los temas revisados con el fin de mantener actualizado el estado del arte de los problemas allí estudiados, tanto para su crecimiento personal como Institucional.

Coronel (RA) **Germán Erazo Rodríguez**  
Director Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional  
(2013-2014)



# Contenido

---

## Capítulo 1. Estudios sobre procesos de selección y herramientas para la gestión de riesgos 19



Análisis de fallas en el proceso de selección de pilotos para primeras autonomías de ala fija en la Fuerza Aérea Colombiana 21

Herramientas proactivas y predictivas en la gestión de riesgos operacionales en Satena 47

---

## Capítulo 2. Estudios sobre ergonomía en el diseño de cabinas y operaciones de búsqueda y salvamento 81



Influencias de los factores humanos y la ergonomía en el diseño de cabinas de aviación 83

Operaciones de Búsqueda y Salvamento (SAR) seguras y efectivas en Colombia 111

---

## Capítulo 3. Estudios sobre abastecimiento aeronáutico y factores de riesgos en cabinas de vuelo 141



El inspector de abastecimientos y su impacto en la seguridad operacional 143

Factores de riesgo en la interacción hombre-máquina en el uso de sistemas automáticos en las cabinas de vuelo 167

---

## Colección Ciencia y Poder Aéreo 199



# Capítulo 1. Estudios sobre procesos de selección y herramientas para la gestión de riesgos

---

**Análisis de fallas en el proceso de selección de pilotos para primeras autonomías de ala fija en la Fuerza Aérea Colombiana.**

María Andrea Bueno Restrepo

**Herramientas proactivas y predictivas en la gestión de riesgos operacionales en SATENA.**

David Stiven Tamayo González





**Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.**

Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia.

**Capítulo 1. Estudios sobre procesos de selección y herramientas para la gestión de riesgos.**

**Artículo 1. Análisis de fallas en el proceso de selección de pilotos para primeras autonomías de ala fija en la Fuerza Aérea Colombiana.**

Pp. 20-45

ISBN: 978-958-99406-6-2

Bogotá- Colombia (Suramérica).

Noviembre, 2015.

**Artículo de revisión**

Director de investigación: CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez

Asesora metodológica: Alicia Almeida, PhD (c)

Línea de investigación: Factores Humanos - Grupo CIPAER / Seguridad Aérea - Inspección General de la Fuerza Aérea (IGEFA)

Evaluación interna: 06/11/14

Evaluación externa: 04/08/15

Análisis de fallas  
en el proceso de selección  
de pilotos para primeras  
autonomías de ala fija en la

# Fuerza Aérea Colombiana<sup>1</sup>

Analysis the Failures in the Process of  
Assigning the First Type Rating to Fixed-  
Wing Pilots in the Colombian Air Force

Autora: María Andrea Bueno Restrepo<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Artículo de revisión, desarrollado como trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

<sup>2</sup> Oficial Piloto de grado Mayor de la Fuerza Aérea Colombiana, Administradora Aeronáutica, EMAVI, 2000. Especialista en Administración de Empresas, Universidad Politécnica de Madrid, 2005. Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico:mary7312@hotmail.com

# Resumen

---

22

En este documento se analizan las fallas en el proceso de asignación de primeras autonomías en ala fija de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), que han dado lugar a eventos de Seguridad Operacional. Este análisis se realizó por medio de una revisión documental descriptiva.

Inicialmente, se consultó información en bases de datos, documentos oficiales (Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo, actas de Juntas de Evaluación de Tripulantes e informes finales de accidentes aéreos) y trabajos académicos a nivel institucional (Trabajos de grado).

Seguidamente, se revisaron fuentes documentales sobre el proceso de asignación de autonomías en la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF) y en cinco (5) de las principales aerolíneas comerciales en Colombia.

Adicionalmente, se hizo un análisis comparativo de los factores de éxito en la selección y entrenamiento de nuevos pilotos en las aerolíneas comerciales estudiadas y la USAF.

Los resultados muestran diferencias significativas, en cuanto a las políticas existentes para la asignación de autonomías y requisitos exigidos al aspirante, entre las empresas de aviación comercial y las militares.

En relación con las fallas en el proceso de asignación de primeras autonomías en ala fija en la Fuerza Aérea Colombiana, se encontró que se torna crítico cuando se destina por primera vez a un Oficial como Comandante de Aeronave sin que éste cumpla con alguno de los requisitos. También, se evidenció la ausencia de una valoración psicológica adecuada y de una definición de los perfiles de los pilotos.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye la necesidad de: implementar nuevas herramientas de evaluación de competencias en la FAC que permitan minimizar los riesgos para la Seguridad Operacional, asociados al proceso; brindar un adecuado entrenamiento y supervisión constante para mitigar la ocurrencia de fallas humanas y cumplir con las expectativas de la autonomía asignada.

**Palabras clave:** ala fija, autonomía de vuelo, factores humanos, selección de pilotos.



# Abstract

---

This paper discusses the failures in the process of assigning the first type rating to fixed-wing pilots in the Colombian Air Force (FAC), which have resulted in flight safety events. This analysis was performed by means of descriptive literature review.

Initially, information was consulted in databases, official documentation (Colombian Air Force flight training manual, proceedings of crew assessment boards and final reports of air accidents) and institutional academic works (undergraduate thesis).

Next, documentary sources on the allocation process of type ratings in the United States Air Force (USAF) and five (5) major commercial airlines in Colombia were reviewed.

Additionally, a comparative analysis of the success factors in the selection and training of new commercial airline pilots and USAF was made.

The results show significant differences, in terms of existing policies for the allocation of type ratings and the applicant requirements, between commercial and military aviation.

In relation to failures in the process of assigning the initial type rating to fixed wing pilots in the Colombian Air Force, it was found that it is critical when an officer is selected to become an aircraft commander without having completed all of the requirements. The absence of adequate psychological assessment and a definition of pilot's profiles were also evident.

From the results, it can be concluded that: it is imperative to implement new skills-based assessment tools in the FAC that minimize risks to flight safety and to provide adequate training and supervision to new pilots to mitigate the occurrence of human failures and to meet the expectations of the assigned type rating.

**Key Words:** Aircrew Selection, Fixed Wing, Human Factors, Type Rating.



# Introducción

---

24

La selección de pilotos en el mundo ha cobrado importancia, como consecuencia de la evolución en los estudios sobre la incidencia del error humano en la accidentalidad aérea. Por lo tanto, su análisis y mejoramiento continuo se enfoca principalmente en fortalecer uno de los pilares fundamentales en la prevención de accidentes aéreos: la administración del talento humano, involucrado en las operaciones aéreas.

## Antecedentes

---

En sus inicios, la aviación mundial se caracterizó por la experimentación y el heroísmo (Greiff, 2013), cuyos pilotos eran hombres determinados y valientes, dispuestos a tomar grandes riesgos por participar en uno de los mayores avances tecnológicos del siglo XX. Su desarrollo acelerado dio paso rápidamente al diseño y fabricación de aeronaves con mejoras estructurales y aerodinámicas que aumentarían la seguridad en cada vuelo. En este campo, durante la Primera Guerra Mundial se logró producir aeronaves a gran escala y con diferentes capacidades, de acuerdo a la misión para la cual eran requeridas (Futrell, 1989).

Durante la Segunda Guerra Mundial, la aviación militar se había convertido en un factor decisivo, las aeronaves eran llevadas a sus límites operacionales hasta el punto que el éxito de las misiones dependía de las habilidades del piloto. Según Wiener y Nagel (1988) para este período ya se discutía la necesidad de incorporar dentro de los métodos de selección de pilotos, las entrevistas psicológicas y psiquiátricas que permitían detectar individuos vulnerables a sufrir los efectos del estrés, como resultado de misiones de vuelo, problemas personales y especialmente la predisposición o relativa baja resistencia al estrés.

En la actualidad, aún con la implementación de estudios de personalidad y habilidad de los pilotos, y con innumerables avances tecnológicos aplicados a la aviación, los accidentes aéreos siguen ocurriendo. Weigmann y Shappell (2003) aseguran que entre el 70% y 80% de los accidentes de aviación se atribuyen a errores humanos. Si bien la tasa de accidentalidad ha disminuido significativamente en las últimas décadas, esto se debe principalmente a factores mecánicos y medioambientales, ya que el factor humano continúa siendo una de las principales causas de accidentes tanto en la aviación civil como en la militar.

Visto el factor humano como un elemento crítico en el sistema de aviación, las aerolíneas y Fuerzas Aéreas en el mundo han desarrollado diferentes estrategias de selección, incorporación y promoción de pilotos que permiten minimizar los



riesgos de operación derivados de una mala decisión en la asignación de autonomías. Dichas estrategias se basan principalmente en implementar valoraciones de personalidad y comportamiento a los aspirantes, con el fin de determinar si éstos cuentan con el perfil establecido por la empresa.

Debido a la importancia del proceso de selección de pilotos para la seguridad operacional, en este artículo se analizaron las fallas presentadas en el proceso de selección de primeras autonomías en la Fuerza Aérea Colombiana. Dicho análisis se efectuó a partir de una revisión de documentos relacionados con el tema de investigación en dos momentos.

Inicialmente, para determinar las fallas del proceso de selección de primeras autonomías se evaluaron documentos de la FAC, específicamente algunos informes de accidentes aéreos entre el año 1994 y 2013; y las juntas de evaluación de tripulantes.

Posteriormente, se hizo una revisión de documentos externos a la FAC, tomando como referencia los procesos llevados a cabo en la aviación comercial en Colombia y en la Fuerza Aérea de Estados Unidos. Lo anterior, permitió comparar la manera en que se seleccionan los pilotos en la aviación comercial y en la USAF, con el proceso actual que se emplea en la FAC.

## La aviación en Colombia bajo la responsabilidad de la Fuerza Aérea Colombiana

Las Fuerzas Militares Colombianas responden al cumplimiento de lo consignado en el artículo 217 de la Constitución Política de Colombia (1991), por lo cual deben velar por la defensa de la soberanía nacional y el orden constitucional. Están conformadas por el Ejército Nacional, la Armada Nacional y la Fuerza Aérea Colombiana.

Como resultado del rol asignado, la Fuerza Aérea es responsable por el dominio del espacio aéreo mediante la conducción de operaciones aéreas seguras y eficaces, que permitan combatir las amenazas contra los derechos y libertades del pueblo colombiano (Fuerza Aérea Colombiana, 2011).

El recurso humano directamente responsable de la ejecución de las operaciones aéreas en la FAC, está integrado por oficiales del cuerpo de vuelo especialidad piloto (Ministerio de Defensa Nacional, 2007). Desde sus inicios, la FAC ha seleccionado y entrenado a sus pilotos, de acuerdo a las necesidades operativas, basándose principalmente en las destrezas y aptitudes de cada individuo. Sin embargo, como resultado de la experiencia obtenida después de 94 años desde su creación, la FAC ha modificado sus procesos de selección de pilotos, de manera que no sólo se le dé importancia a las habilidades físicas, también a aquellos aspectos de personalidad, que favorecen un buen desempeño en vuelo.

Para Baier (2005) el aspirante a piloto debe contar con unas aptitudes básicas o cualidades necesarias que le permitan encajar con éxito en el rol esperado.

Además de lo anterior, la FAC requiere que el aspirante cumpla con los requisitos de aptitud psicofísica regulados para los miembros de la fuerza pública, de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Defensa Nacional en el Decreto Ley 1796 de 2000.

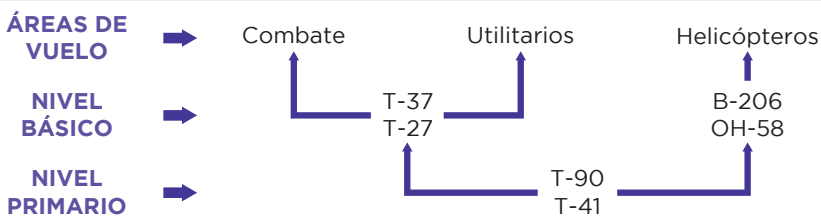


En cumplimiento de dicho Decreto, el Centro de Medicina Aeroespacial (CEMAE) elaboró el Reglamento para la evaluación de la capacidad psicofísica de los evaluados por ingreso a las escuelas de formación y del personal de oficiales y suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana como aptitud psicofísica especial. La calificación y expedición del certificado de aptitud psicofísica especial es responsabilidad del CEMAE (Centro de Medicina Aeroespacial- FAC, 2012). La FAC aprobó este reglamento mediante Disposición No. 005 del 30 de abril de 2012.

Una vez el oficial es declarado apto psicofísicamente para actividades de vuelo y mediante acto administrativo se aprueba su ingreso al cuerpo de vuelo especialidad piloto, la Jefatura de Operaciones Aéreas (JOA) define su autonomía de vuelo, es decir el cargo que va a desempeñar a bordo de una aeronave, mediante la Junta de Autonomías, reunión presidida por el Comandante de la Fuerza Aérea Colombiana y con la participación de los jefes de las áreas de operaciones, entrenamiento y seguridad operacional. Esta reunión se lleva a cabo de manera semestral, con el fin de analizar las necesidades de las plantas operativas y reorganizar el personal de pilotos disponibles (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014).

La cantidad de pilotos o factor tripulación establecido para cada equipo, se encuentra definida por Jefatura de Operaciones Aéreas (JOA) mediante el oficio No. 20142170047493 con fecha 20 de enero de 2014 y de acuerdo a dicha información se proyectan las necesidades. Actualmente, la asignación de autonomías para los pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana es un proceso metódico que evalúa las necesidades de personal en las diferentes plantas operativas y selecciona los pilotos más idóneos, de acuerdo a los requisitos para cada línea de vuelo establecidos en el Manual de instrucción y entrenamiento de vuelo (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014).

Las áreas de vuelo definidas en la FAC, presentadas en la Figura 1 son: aviones de combate, helicópteros y aviones utilitarios (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014, p. 109). Un piloto que ingresa a la especialidad podrá ser proyectado en alguna de esas áreas, de acuerdo con la Escuela en la cual haya finalizado el curso básico de vuelo y su rendimiento en la misma. De esta manera, las escuelas básicas de los equipos T-27 y T-37 en el caso de aeronaves de ala fija, y la Escuela de Helicópteros de la fuerza pública para el caso de aeronaves de ala rotatoria, recomiendan a JOA que el oficial se desempeñe en el área de vuelo donde puede potencializar sus habilidades y destrezas.



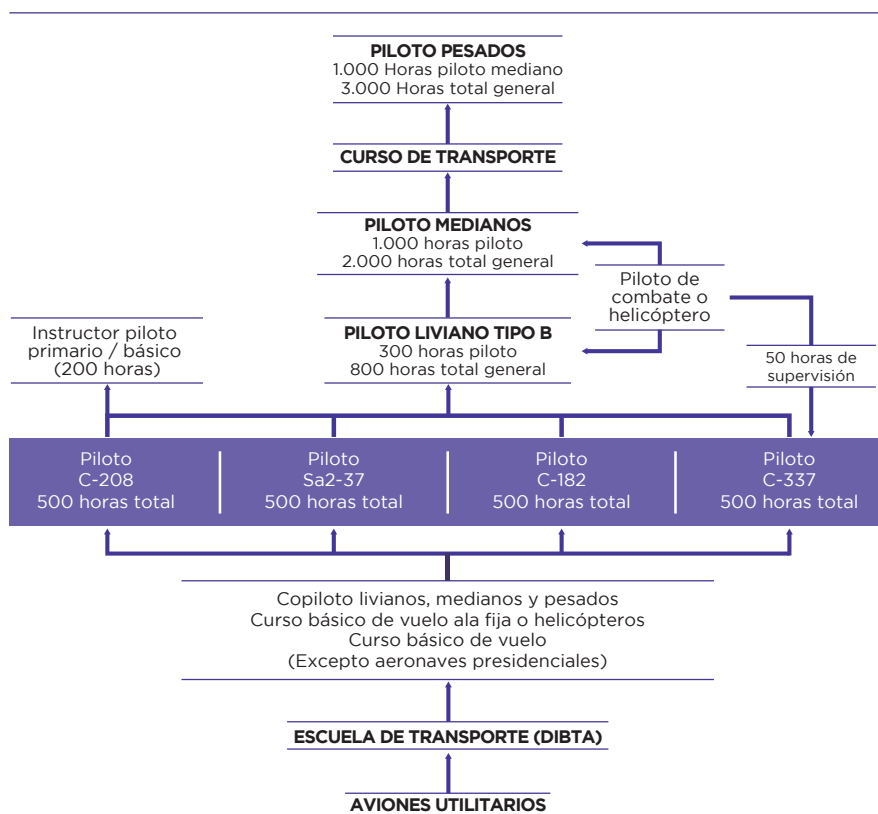
**Figura 1.** Esquema general de la proyección de los oficiales del cuerpo de vuelo con especialidad piloto. **Fuente:** Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (2014, p. 109).



Posteriormente, la Junta de Autonomías evalúa las necesidades de pilotos presentadas por cada unidad aérea y realiza la proyección de los nuevos pilotos, con la consideración especial que en el caso de aeronaves de ala fija, los pilotos recomendados para el área de aviones utilitarios, serán autorizados como copilotos (ver Figura 2) (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014, p. 113).

Los pilotos proyectados por el área de combate podrán desempeñarse como pilotos operacionales, es decir que serán comandantes de aeronave, a diferencia de los pilotos que inician su carrera en la aviación utilitaria, quienes deberán cumplir requisitos mínimos de horas de vuelo y tiempo en el equipo, para poder aspirar a un cambio de autonomía como comandante de aeronave; como se observa en la Figura 3 (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014, p. 111).

Los pilotos autorizados por primera vez como comandantes de aeronave, se enfrentan al reto de asumir la responsabilidad de la operación de la aeronave y de las decisiones que se toman a bordo de ella, esto exige ciertas aptitudes y condiciones personales así como conocimiento de la aeronave y su comportamiento.



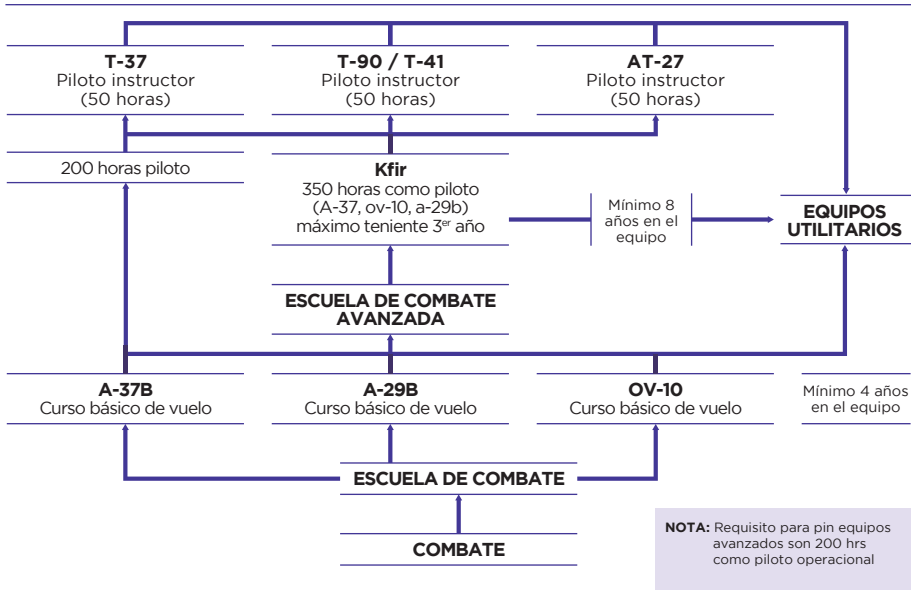
**NOTA:** Requisito para pin equipos avanzados son 200 hrs como piloto operacional.

**NOTA:** Pilotos de ala rotatoria con requisitos, deberán hacer inicialmente mínimo 200 horas como copiloto para ser piloto de livianos tipo b y 500 horas como copiloto para ser piloto de medianos.

**Figura 2.** Esquema general de la proyección de los oficiales del cuerpo de vuelo especialidad piloto- Área de vuelo aviones utilitarios. **Fuente:** Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (2014, p. 113).







**Figura 3.** Esquema general de la proyección de los oficiales del cuerpo de vuelo especialidad piloto-Área de vuelo aviación de combate. **Fuente:** *Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (2014, p.111).*

Consecuentemente, cuando un piloto que no reúne las condiciones necesarias inicia su proceso de entrenamiento en la aeronave asignada, puede llegar a presentar bajo rendimiento en vuelo, mala toma de decisiones o inclusive involucrarse en un accidente aéreo, con consecuencias catastróficas.

Dado que la asignación de autonomías es un punto de control crítico, es importante analizar las debilidades en el proceso establecido por la Fuerza Aérea y generar recomendaciones que sirvan como base para el planeamiento de la Junta de Autonomías. Por lo tanto, este proceso debe ser detallado, especialmente en la asignación de autonomías sensibles, como es el caso de las primeras autonomías cargo piloto para ala fija, considerando que es la primera vez que un piloto asume la responsabilidad de su aeronave y de la misión que tiene asignada. Lo anterior, apoya la toma de decisiones de los integrantes de la Junta de Autonomías, ya que permite mejorar el desempeño de los pilotos y reducir así, el riesgo de eventos de seguridad operacional por factor humano.

# Método

Esta investigación es de carácter cualitativo y consiste en una revisión documental descriptiva (Martínez Ruiz y Ávila Reyes, 2010). Para la recopilación de información interna de la FAC, se tomaron como referencia las Actas de las Juntas de Evaluación de Tripulantes de los últimos 5 años y algunas investigaciones finales de accidentes aéreos, en los cuales se vieron involucrados oficiales que se desempeñaban en primera autonomía de ala fija. Se analizaron las causas desde el acto inseguro hasta las influencias organizacionales.





© M.Y. Camilo Andrés Grisales Palacio, © SATENA

Por otro lado, para la recopilación de información externa, siguiendo los planteamientos de Mora (2006), se diseñó como instrumento una encuesta de 10 preguntas, que permitían analizar los siguientes factores: procedimiento para selección de primeras autonomías, supervisión y entrenamiento; fallas en el proceso de selección de primeras autonomías y las medidas correctivas adoptadas en ese proceso. La encuesta se aplicó a los jefes de entrenamiento de 5 empresas de aviación en Colombia, tanto de carga como de transporte de pasajeros, que participan en el proceso de selección de pilotos, mediante el uso de Google docs.

Para la elaboración de este instrumento se tuvo en cuenta que aunque estas empresas cumplen con lo ordenado en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, cada una de ellas tiene su propio método de incorporación y promoción de tripulaciones, el cual es de carácter reservado.<sup>3</sup>

Asimismo, se revisaron documentos extraídos de bases de datos digitales, relacionados con el proceso de selección de pilotos llevado a cabo en la Fuerza Aérea de Estados Unidos.

<sup>3</sup> La investigadora si bien tiene la información requerida no tiene la autorización para que ésta sea de carácter público.

# Análisis de la información de las Juntas de evaluación de tripulantes

---

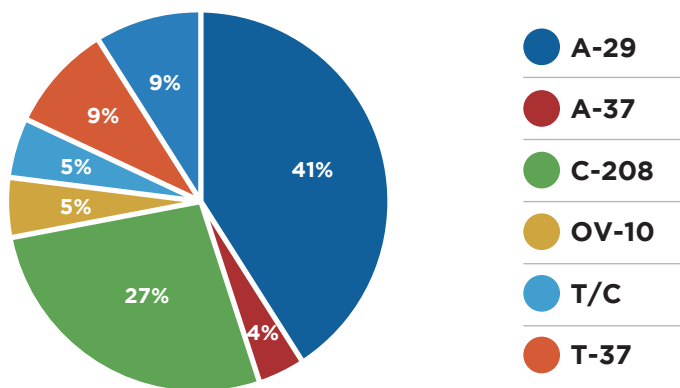
La Junta de Evaluación de Tripulantes es definida por el Manual de Gestión en Seguridad Operacional como “un organismo asesor del Comando de la Fuerza Aérea para resolver situaciones especiales del personal de vuelo” (Inspección General Fuerza Aérea Colombiana, 2010b, p. 54). Un alumno de vuelo puede ser citado ante la Junta de Evaluación de Tripulantes cuando presenta bajo rendimiento académico o en vuelo, con el fin de analizar su situación y emitir una recomendación al Comandante de la Fuerza Aérea, para que éste determine las medidas a seguir.

Es así como una falla en el proceso de selección y asignación de autonomía de un piloto puede llevarlo a presentar conductas subestándar (Dirección de Seguridad Operacional, s.f.), alejándose de los procedimientos de operación normales y afectando la seguridad operacional, situación que de llegar a ser detectada a tiempo, será definida por la Junta de Evaluación de Tripulantes. En los últimos 5 años, más de 20 oficiales que se desempeñaban por primera vez como pilotos operacionales fueron citados a dicha instancia para evaluar su situación de



vuelo. Las causas varían entre bajo rendimiento académico en vuelo (Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC, 2013a), solicitud propia (Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC, 2012a) o eventos de seguridad operacional (Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC, 2009). Si se considera que en promedio, en cada Junta de autonomías se autorizan entre 15 y 20 autonomías para pilotos operacionales por primera vez, el porcentaje de Oficiales que terminan en Junta de Evaluación es relativamente alto, siendo un valioso indicador que demuestra fallas en el proceso de selección (Jefatura de Operaciones Aéreas, 2013).

Al realizar un análisis estadístico de 21 Juntas de evaluación de tripulantes llevadas a cabo entre los años 2010 al 2014, a oficiales que se desempeñaban por primera vez como pilotos operacionales, se concluye que los equipos más críticos en primera autonomía son A-29 y C-208 (ver Figura 4).



**Figura 4.** Juntas de evaluación de tripulantes por aeronave entre los años 2010-2014.  
**Fuente:** *Elaboración propia.*

De acuerdo al Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014, p. 22) la Escuela del Equipo A-29, es una escuela de combate de nivel avanzado, con un alto grado de exigencia, considerando la misión que sus pilotos deben cumplir y la complejidad de los equipos a bordo. Es una de las pocas escuelas en la FAC que cuenta con simulador de vuelo en la misma Unidad, permitiendo al alumno hacer entrenamientos con o sin supervisión para mejorar su proeficiencia en las maniobras. Sin embargo, a pesar de contar con dicha herramienta, el índice de pilotos con bajo rendimiento durante el curso ha sido alto, ya que 8 de los 9 casos estudiados, fueron citados a Junta de evaluación por este motivo.

Es importante entender que para la asignación de autonomías por primera vez, cada caso debe ser analizado de manera individual. Si bien se podría pensar que un factor influyente en el bajo rendimiento de los pilotos es la falta de experiencia, especialmente en los oficiales que son asignados a esta autonomía inmediatamente finalizan el curso básico, la estadística demuestra que sólo el 44% de los oficiales evaluados no han volado previamente como copilotos.

Llaman la atención casos como el de un oficial de grado Subteniente, quien fue seleccionado por su perfil, buen desempeño y condiciones profesionales para adelantar curso de vuelo en el equipo A-29, al finalizar el curso básico del equipo T-37. Sin embargo, el oficial a pesar de haber demostrado dedicación y estudio, presentó falencias en su rendimiento en vuelo. Una de las conclusiones de la Junta de evaluación fue revisar los procedimientos de selección en aviación de combate, haciendo énfasis que los equipos A-29 o A-37 no deben ser considerados para primera autonomía. De igual manera, durante la Junta el oficial manifestó en su recomendación que antes de iniciar el curso en el equipo A-29, los alumnos deberían hacer una transición por el equipo T-27 (Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC, 2010).

Por el contrario, otro oficial del mismo grado también fue citado a Junta de evaluación de tripulantes por bajo rendimiento en el equipo A-29. Sin embargo, sus antecedentes fueron diferentes. El oficial se desempeñaba como copiloto en el equipo B-212, y por su antigüedad, nivel de inglés y condiciones profesionales fue seleccionado para hacer transición a ala fija y adelantar curso de vuelo en Estados Unidos. Al finalizar el curso, se presentó en el Comando Aéreo de Combate No. 2 para adelantar curso como piloto en el equipo A-29. No obstante, el oficial presentó bajo rendimiento en vuelo, siendo citado a Junta de evaluación. Este caso demuestra que la experiencia en vuelo no es el único factor determinante para seleccionar tripulantes en cada autonomía (Junta de Evaluación de Tripulantes, 2013b).

Simultáneamente en la Escuela del Equipo C-208 también se ha visto aumentado el número de pilotos con dificultades durante el desarrollo de su curso. En los últimos 5 años, 6 Oficiales han sido citados a Junta de evaluación. Vale la pena aclarar que el aumento en los oficiales formados como pilotos en el equipo C-208, coincide con el crecimiento de esta flota entre los años 2010 al 2012. Sin embargo, es importante analizar las causas que llevaron a dicho personal a la máxima instancia que define su situación de vuelo.

Uno de los casos más recientes de bajo rendimiento en vuelo fue el de una Teniente que fue proyectada como piloto del equipo C-208, atendiendo las necesidades institucionales para ese momento, sin contar con los requisitos de horas de vuelo establecidos en el Manual 3-56 (Jefatura de Educación Aeronáutica FAC, 2005)<sup>4</sup>. Durante el desarrollo del curso, presentó fallas en el vuelo por instrumentos, como resultado de su falta de experiencia y entrenamiento, pero también demostró que aún no tenía la suficiente confianza en sus propias capacidades para asumir el reto que la Fuerza Aérea le estaba imponiendo (Junta de Evaluación de Tripulantes -FAC, 2012b). A su vez, se presentan casos similares en dos oficiales de la Fuerza Aérea, quienes también manifestaron a la Junta que aún no se sentían preparados y con la experiencia suficiente para desempeñarse como pilotos operacionales del equipo C-208. (Junta de Evaluación de Tripulantes- FAC, 2011a, 2013c).

Lo anterior, permite identificar una tendencia en los oficiales de grados Subteniente o Teniente, que por necesidades de la institución deben ser proyectados prematuramente a cumplir funciones al mando de una aeronave y, sienten inseguridad o ansiedad en el desarrollo del curso de vuelo, lo que se refleja en el chequeo de vuelo. Esto refuerza el análisis realizado por Fried (1995), que trata

<sup>4</sup> La Junta de autonomías evaluó el desempeño de la piloto de acuerdo al Manual FAC 3-56 porque era el que estaba vigente al momento de recibir la instrucción y entrenamiento en el equipo C-208.



sobre la ansiedad y nerviosismo experimentado por los alumnos de vuelo al presentar su chequeo, aún después de haber finalizado su entrenamiento y contar con las aptitudes requeridas para aprobarlo. Por tal razón, es indispensable que estos oficiales sean acompañados durante su entrenamiento, por la escuela de la aeronave, por su instructor y por el psicólogo de aviación de la unidad, para que les brinden las herramientas adecuadas y superen los temores e inseguridad generados por su falta de experiencia.

La motivación también cobra importancia como factor fundamental en la asignación de autonomías, puesto que determina el significado que tiene para el piloto la ejecución de la tarea encomendada (Calvo R. y López G., 2000). En otras palabras, si el oficial no se siente motivado hacia la aeronave o la misión asignada, su rendimiento en la misma puede ser degradado, afectando la seguridad del vuelo al llevar al piloto a experimentar sentimientos de estrés y frustración.

De igual manera, se han presentado casos en los cuales los oficiales asignados en primera autonomía no se sienten motivados con dicha autonomía, por razones personales, características del equipo o en ocasiones por fisiología de aviación. En el equipo A-29 se han presentado dos casos en los cuales los oficiales solicitaron cambio de equipo al no estar motivados por la aviación de combate, por lo cual fueron llevados a Junta de Evaluación de Tripulantes, para analizar su situación de vuelo (Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC, 2011b, 2013d).

Por otro lado, las primeras autonomías, en la mayoría de los casos, se asignan a oficiales de grado Subteniente, Teniente y en casos excepcionales en el grado de Capitán. Sin embargo, vale la pena analizar el único caso en que un oficial de grado Teniente Coronel, recibe primera autonomía en el equipo *Turbo Commander*. El oficial contaba con más de 4000 horas de vuelo, pero ninguna como comandante de aeronave, ya que había suspendido sus actividades de vuelo durante 7 años, y al retomar las operaciones aéreas, fue destinado a SATENA para volar como copiloto del avión DO-328. Su proyección se realizó basándose en su experiencia y antigüedad. Sin embargo, presentó bajo rendimiento en vuelo y sufrió un evento de seguridad operacional, motivo por el cual fue citado a Junta de Evaluación de Tripulantes y suspendido definitivamente de actividades de vuelo (Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC, 2012c).

Aunque este caso fue atípico en la Fuerza Aérea, vale la pena analizar las fallas presentadas en el proceso de asignación de su autonomía. Si bien era un oficial antiguo, que contaba con horas de vuelo superiores al promedio para primeras autonomías, su desempeño como copiloto no había sido óptimo. Su bajo rendimiento en vuelo nunca fue informado a la Jefatura de Operaciones Aéreas, por lo cual después de analizar su situación operativa, fue proyectado como comandante de una aeronave de categoría liviana.

## **Análisis de los informes finales de accidentes aéreos en la FAC**

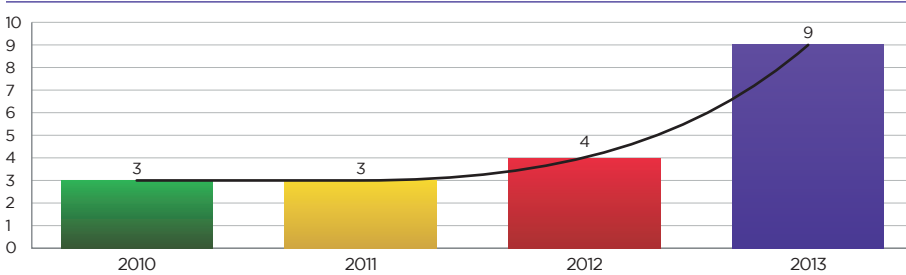
Las fallas en la asignación de autonomías no solamente se ven reflejadas en el incremento de las Juntas de Evaluación de Tripulantes en los últimos años (ver Figura 5), también en la ocurrencia de accidentes de aviación, definidos en el Manual de Investigación de accidentes de la Fuerza Aérea Colombiana





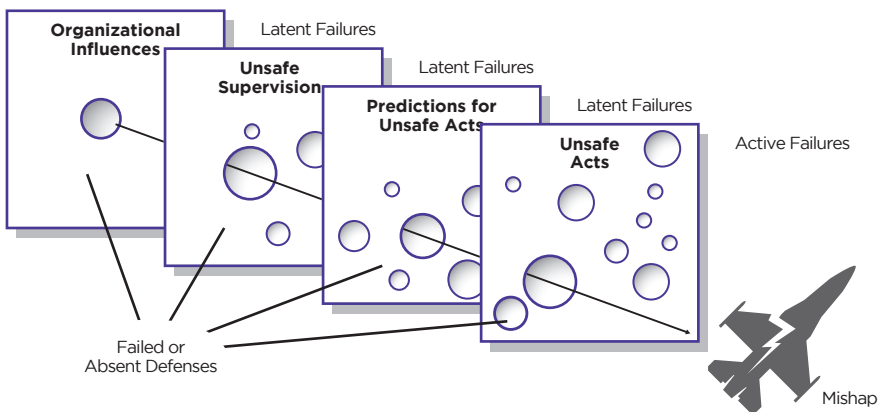
como “evento en el cual existiendo intención de vuelo, la aeronave sufre daños siendo no recuperable de acuerdo al concepto de la Jefatura de Operaciones Logísticas. Asimismo, es clasificado como accidente cuando miembros de la tripulación sufren lesiones fatales” (Inspección General FAC, 2010a, p. 8).

34



**Figura 5.** Juntas de evaluación de tripulantes entre los años 2010 y 2013. *Fuente:* Elaboración propia.

El Manual de Gestión en Seguridad Operacional de la Fuerza Aérea Colombiana (Inspección General Fuerza Aérea Colombiana, 2010b) explica que los accidentes tienen su origen en tres fuentes principales: humano, técnico y operacional, conocidos también como componentes de la actividad aérea. En la Figura 6 se muestra el Modelo HFACS (por su sigla en inglés *Human Factors Analysis and Classification System*) descrito por Wiegmann y Shappell (2000) en el cual el factor humano se encuentra en toda la cadena del error, incluyendo el accidente. Por tal motivo, la investigación de accidentes tiene el reto de analizar los factores humanos como factores de riesgo y orientarse hacia la prevención de accidentes mediante la “generación de acciones correctivas que mitiguen o eliminen la causa raíz que los originó” (Departamento de Seguridad Aérea-FAC, 2007, p. 22)<sup>5</sup>.



**Figura 6.** Modelo factores humanos (HFACS). *Fuente:* *The Human Factors Analysis and Classification System - HFACS (2000).*

<sup>5</sup> Antes del año 2010 los lineamientos para la seguridad aérea a nivel institucional estaban dados por el Departamento de Seguridad Aérea, lo que es actualmente la Dirección de Seguridad Operacional.



En la Fuerza Aérea Colombiana varios accidentes han sucedido en oficiales que volaban por primera vez como comandantes de aeronave. Múltiples fallas han sido detectadas durante el proceso de investigación, determinando no sólo las causas inmediatas, también las causas raíz presentadas desde la selección de los pilotos hasta su supervisión en cada vuelo.

Si se considera que los pilotos en primera autonomía son muy jóvenes, cuyas edades oscilan entre los 21 y los 25 años, la supervisión es un factor que cobra importancia. En la guía para pilotos LASORS emitida por la Autoridad de aviación civil en el Reino Unido (2006) se analiza la tendencia de los pilotos jóvenes de sexo masculino a asumir riesgos innecesarios como realizar sobrevuelos a baja altura y maniobras acrobáticas en frente de amigos o familiares. Un caso semejante al anterior se presentó en la Fuerza Aérea en el año 1995, cuando un oficial de grado Subteniente, en cumplimiento de una misión de entrenamiento en vuelo por instrumentos, se desvió del itinerario y de las instrucciones descritas en la Orden de Vuelo, cuando sobrevoló a baja altura y realizó maniobras acrobáticas sobre la casa de sus padres en Montería. Desafortunadamente el oficial perdió el control de su aeronave e impactó con el terreno.

Un caso contrario se presentó el día 23 de enero del año 2000 en la aeronave OV-10 FAC 2211. De acuerdo al informe final del accidente se determinó que el piloto de la aeronave tenía poca experiencia en el equipo y su entrenamiento en los últimos meses había sido inadecuado (Inspección General FAC, 2000). El piloto inadvertidamente voló la aeronave contra el terreno, y aunque los accidentes CFIT (*Controlled Flight Into Terrain* por sus siglas en inglés), es decir, aquellos ocurridos por vuelo controlado contra el terreno, pueden ser sufridos por cualquier piloto, la falta de experiencia en este caso sí fue un factor contribuyente, dadas las condiciones operacionales de la misión (vuelo con lentes de visión nocturna, efectos visuales en el aeródromo, vuelo de reacción) (Jeppesen, 2006).

La investigación del accidente de la aeronave A-37 FAC 2169, determina como causa un problema técnico en la aeronave, y encuentra fallas de la organización por factor supervisión, ya que para el cumplimiento del vuelo, el oficial carecía de reposo adecuado. (Inspección General FAC, 1996).

Los 3 accidentes mencionados anteriormente tienen varias características en común: los oficiales eran de grado Subteniente, no contaban con más de 300 horas de vuelo en la aeronave en la cual sufrieron el accidente y durante las investigaciones posteriores al accidente fue evidente que la organización falló desde la selección del piloto para dicha autonomía, su proceso de entrenamiento y la supervisión tanto en vuelo como disciplinaria.

Por último, es preciso analizar un accidente reciente, ocurrido en la Escuela Militar de Aviación durante una misión de instrucción en la aeronave T-41. El piloto instructor, oficial de grado Teniente que anteriormente se había desempeñado como copiloto de helicóptero, se encontraba realizando entrenamiento de emergencia simulada a la pista, cuando tuvo una falla real en el motor. En lugar de aplicar el procedimiento para controlar la emergencia y aterrizar de manera segura en la pista, el instructor lleva la aeronave a descender sin respetar las alturas recomendadas. Consecuentemente, el aterrizaje fue largo y con velocidad superior a la de aproximación, saliéndose de la pista. La investigación del accidente evidenció varias fallas en la organización, como falta de supervisión y





seguimiento a los programas de entrenamiento del personal cuya anterior autonomía fue en ala rotatoria, y la autorización por parte de la Junta de Autonomías para que un oficial de baja antigüedad cuya experiencia en ala fija era limitada, se desempeñara como piloto instructor (Inspección General FAC, 2013).

36

La investigación de este accidente dejó varias lecciones aprendidas sobre el manejo que debe tener la transición de autonomías entre ala rotatoria y ala fija y sobre el análisis de requisitos que debe cumplir cualquier piloto que aspire a una autonomía como piloto instructor, los cuales se encuentran relacionados en el Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (Jefatura de Educación Aeronáutica, 2014).

## Selección de pilotos en la aviación civil en Colombia

---

En la aviación civil el proceso de selección de pilotos es diferente al que se lleva a cabo en la Fuerza Aérea. Las empresas comerciales deben dar estricto cumplimiento a los requisitos establecidos por la autoridad aeronáutica que las rija. Por ejemplo, la Organización de Aviación Civil Internacional desarrolló unos estándares para la aprobación de licencias de vuelo internacionales, de acuerdo al tipo de actividad aeronáutica que se quiera desarrollar (ICAO, 2012).

En Colombia, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) reguló los requisitos para los pilotos que aspiren a obtener una licencia de vuelo o para mantenerla. Estos requisitos incluyen la aprobación de un examen de conocimientos básicos en aviación, examen de aptitud psicofísica, edad, y un chequeo en vuelo para evaluar la pericia del piloto (UAEAC, 2014).

Sin embargo, a pesar de cumplir con lo ordenado por la autoridad aeronáutica en Colombia, las empresas de aviación, al igual que la mayoría de empresas en el mundo, también cumplen un detallado proceso de selección de pilotos cuyo objetivo es escoger personas idóneas, de acuerdo al perfil requerido por la empresa.

Uno de los pasos más relevantes en este proceso es la entrevista del aspirante, la cual proporciona al entrevistador una clara idea de la personalidad del individuo y de sus conocimientos generales (McElroy, 2004). En ocasiones, la entrevista puede ser complementada mediante la aplicación de pruebas psicológicas, de personalidad y aptitud, con el fin de pronosticar el futuro comportamiento de los aspirantes y evaluar los factores que influyen en su motivación hacia el vuelo (Craig, 2001).



Comparativamente, Wells y Rodríguez (2004) describen el programa de control en la administración de errores administrativos que ciertas empresas han adoptado, considerando la premisa que la fase de administración es responsable por organizar el complejo sistema de la aviación, proporcionando valiosa información a la empresa sobre el desempeño de los pilotos.

Parte de dicha estrategia corresponde a la selección de pilotos menos susceptibles a cometer errores. En teoría, un piloto con licencia de vuelo aprobada por una autoridad aeronáutica cumple con los mínimos requisitos para ejercer su profesión; sin embargo, la experiencia ha demostrado que en ocasiones el poseer dicho documento no es suficiente. Por este motivo, es indispensable que después de llevarse a cabo un proceso de selección, se brinde acompañamiento al piloto mediante un adecuado entrenamiento y permanente supervisión.

Empresas de aviación que operan en Colombia como EASYFLY y SEARCA, han incorporado dentro de sus procedimientos de selección, la intervención del área de psicología de aviación, como un punto clave de control. En entrevista realizada al Jefe de Entrenamiento de la empresa SEARCA, se pudo evidenciar que la valoración psicológica es un paso importante en el proceso de selección de sus pilotos; especialmente en el caso de primeros oficiales que van a desempeñarse por primera vez como Comandantes; no sin antes completar mínimo 3000 horas de vuelo en dicho equipo. El objetivo de la valoración es verificar que el aspirante cumpla con el perfil requerido por la empresa (Gamarra, 2014). Asimismo, el entrevistado afirma que la empresa prioriza la fase de supervisión o experiencia operacional, la cual consta de mínimo 100 horas de vuelo con instructor, de las cuales las primeras 70 son en vuelos rutinarios para la empresa y las 30 restantes deben ser a pistas de operación especial.

Por el contrario, un piloto de una compañía colombiana de transporte aéreo de carga<sup>6</sup>, afirma que ésta no incluye la valoración psicológica dentro de sus procedimientos y los factores más relevantes para apoyar la toma de decisiones sobre asignación de autonomías están enfocados hacia la evaluación de horas de vuelo, y en ocasiones, “a presiones de los jefes”<sup>7</sup>.

Por otra parte, el proceso adelantado por la empresa SATENA, tiene ciertas diferencias con los descritos anteriormente. La compañía incluye dentro de su planta a pilotos militares activos de la FAC y pilotos civiles, lo que dificulta la asignación de autonomías. Para el caso de los pilotos militares, la selección de autonomías está sujeta a los resultados de la Junta de Autonomías semestral de la FAC, la cual no autoriza pilotos a desempeñarse como pilotos al mando si éstos no cuentan con experiencia previa como comandantes en otros equipos. Es decir, que ningún piloto militar recibe una primera autonomía cargo piloto en esta empresa. De igual manera, no es frecuente que un primer oficial civil llegue a ser comandante por primera vez en la empresa, ya que se da prioridad en dichos cargos a los pilotos activos de la Fuerza Aérea. Vale la pena mencionar la recomendación hecha por SATENA a la FAC: que los pilotos ingresen a la planta de la empresa con el cargo de primer oficial y después sean promovidos a comandantes de ese mismo equipo. Lo anterior, facilita la adaptación del oficial a la empresa y su misión (Vega, 2014).

6 Se omite el nombre de la empresa, por solicitud directa del piloto encuestado.

7 El entrevistado entiende por presiones de los Jefes a incorporar o promover pilotos sin que éstos cumplan con los requisitos.



# Selección de pilotos en la Fuerza Aérea de Estados Unidos

---

Pedersen, Allan, Laue, Johnson, y Siem (1992) estudiaron sobre la teoría de la personalidad aplicada a la selección y clasificación de pilotos de la Fuerza Aérea de Estados Unidos; describiendo cómo se llevaba a cabo este proceso desde el año 1955 hasta el momento en que efectuaron su investigación. Inicialmente, la selección se basaba en exámenes médicos, académicos, preferencias personales, test de aptitud y experiencia en vuelo previa. Sin embargo, se presentaban fallas, que generaban altos costos de entrenamiento cuando los alumnos perdían el curso o desertaban en el proceso.

La realización de varios estudios posteriores permitió identificar la relación directa entre la personalidad de los individuos y su desempeño en vuelo. Esta conclusión dio lugar a la aplicación de la psicología aeronáutica en la evaluación de la aptitud de vuelo, cuyo finalidad es “hacer una medición rigurosa, fiable y válida de la misma, con objeto de pronosticar y discriminar que sujetos obtendrán éxito en el aprendizaje y ejecución del vuelo y cuáles no” (Faura, 1997, p. 446).

El método de selección de candidatos a pilotos fue analizado por Carretta y Ree (1993) estableciendo que el objetivo principal de este método es identificar los aspirantes mejor cualificados para la autonomía requerida. Para lo cual, se emplea una herramienta computarizada llamada Test de Atributos Básicos, cuyos resultados analizados, junto con pruebas de aptitud escritos y experiencia en vuelo, permiten predecir el éxito en el entrenamiento de vuelo.

Vale la pena resaltar, que en la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF, por su sigla en inglés) hay dos diferencias significativas con el proceso llevado a cabo en la FAC (Oficial Piloto USAF, 2014). La primera de ellas tiene que ver con las políticas de comando hacia la asignación de autonomías, las cuales en la USAF buscan especializar a los pilotos por equipos, es decir, que la aeronave en la cual inician sus operaciones de vuelo, sea la misma en la que permanecen la mayor parte de su trayectoria operativa. En la FAC por su parte, el plan de carrera del oficial piloto, aunque busca especializar al personal por líneas de vuelo, también considera como requisito para volar algunas aeronaves, la experiencia previa en otras diferentes, esto hace que sea obligatoria la transición entre aeronaves.

La segunda diferencia entre la USAF y la FAC es consecuencia de la primera, ya que al tener baja rotación entre autonomías, en la USAF los pilotos interesados en modificar su autonomía deben aplicar a un cargo de vuelo vacante ofrecido en la misma unidad aérea o en una diferente; es para esos casos que se aplica el método de selección de pilotos mencionado. Este proceso en la Fuerza Aérea Colombiana se realiza desde el nivel operacional, y el piloto es la última persona en enterarse de las decisiones tomadas respecto a su autonomía.



# Resultados

De acuerdo al análisis general de procedimientos de selección de autonomías realizado, se pueden deducir las siguientes fallas:

39

La selección de pilotos requiere obligatoriamente el conocimiento del perfil y personalidad de cada individuo. No basta con tener un buen desempeño en el curso básico para garantizar su éxito como comandante de aeronave, se requiere también que el piloto cuente con ciertas cualidades compatibles con: la aeronave; la unidad aérea y la misión asignada. En este caso, la participación del área de psicología de aviación durante todo el proceso es fundamental, ya que sobre ésta recae la responsabilidad de determinar si el oficial puede ser proyectado en una línea de vuelo específica.

Además, es imprescindible definir los perfiles requeridos para los pilotos de cada equipo, teniendo en cuenta la misión que cumple. Si bien los requisitos de horas están definidos en el Manual de instrucción y entrenamiento de vuelo (2014), los perfiles psicológicos aún no se han tenido en cuenta. La proyección recomendada desde la escuela básica obedece a un concepto subjetivo del piloto instructor, de acuerdo a su criterio, pero no a un perfil definido por la Fuerza Aérea.

De igual manera, el procedimiento efectuado por la Jefatura de Operaciones Aéreas llamado: Proyección Tamaño de Fuerza, si bien describe cómo se lleva a cabo el planeamiento de la Junta de autonomías y traslados a realizar cada semestre, no especifica los criterios requeridos ni los pasos a seguir en la asignación de primeras autonomías (Jefatura de Operaciones Aéreas, 2009). Adicionalmente, en el planeamiento de la Junta de autonomías debe intervenir el área de psicología de aviación, realizando las valoraciones al personal preseleccionado, para verificar que éste cuente con el perfil requerido para el equipo propuesto.

Para cumplir con lo anterior, la FAC podría apoyarse en la iniciativa desarrollada por la Inspección General Fuerza Aérea llamada: Programa para el Fortalecimiento de la Operación Íntegra y Responsable (FLIR), cuyo objetivo es “fomentar las prácticas seguras...a través de la identificación, control, supervisión e intervención de las conductas operativas sub-estándares, así como del desarrollo de actitudes que reflejen el compromiso consciente con la operación aérea en todos los niveles del mando” (Dirección de Seguridad Operacional, s.f., p. 2). A través de ella, se puede realizar una evaluación multidisciplinaria de los tripulantes que será de gran utilidad en el planeamiento de la Junta, para que el personal que interviene en ella, pueda tener acceso a los conceptos de desempeño de los tripulantes propuestos.

Por otro lado, es evidente que en ocasiones, tanto en la FAC como en algunas compañías de aviación, las decisiones sobre autonomías deben ser tomadas atendiendo a las necesidades operativas, aun cuando el personal no ha cumplido la totalidad de los requisitos establecidos. En la FAC, con alguna frecuencia se autorizan primeras autonomías a pilotos que no han completado las horas de





vuelo definidas para cada equipo. Sin embargo, esto no puede convertirse en un obstáculo para el proceso. Por este motivo, se deben buscar medios alternativos para compensar la falta de experiencia de los pilotos a través del fortalecimiento de los programas de entrenamiento y supervisión.

Learnmount (2014) propone una nueva estrategia de entrenamiento basado en la evidencia; ésta radica en direccionar el entrenamiento sobre las áreas de dificultad para el piloto, las cuales pueden ser detectadas mediante auditorías de seguridad o análisis de datos de vuelo, entre otras. Esta propuesta busca que el entrenamiento de vuelo se realice de manera más personalizada, identificando la causa o raíz de las acciones incorrectas, en lugar de adelantar programas estándar que se limitan a exigir la repetición de maniobras, como se lleva a cabo en la actualidad en las escuelas de vuelo.

Lo anterior, se puede complementar con técnicas de instrucción adecuadas y acompañamiento psicológico, tanto al proceso de instrucción como al alumno, con el fin de brindarle las herramientas necesarias para que aprenda a manejar el estrés generado por su falta de experiencia, y que puede ocasionar degradación de su desempeño en vuelo, reducir su alerta situacional y llevarlo a asumir riesgos innecesarios (Jane's Defence Weekly, 2002).

El rol desempeñado por el instructor es fundamental en el entrenamiento de un nuevo piloto, por lo cual éste debe tener ciertas habilidades de comunicación efectiva y conocimiento sobre técnicas de instrucción. Cabe señalar que el éxito del programa de entrenamiento depende en gran parte de la calidad de instrucción recibida (Federal Aviation Administration, 2008).

La supervisión por otra parte, se puede llevar a cabo desde los escuadrones de vuelo, por intermedio de los pilotos instructores y supervisores de la unidad. Para esto es necesario tener una estadística actualizada de la experiencia operacional del piloto y un registro de los conceptos de desempeño en vuelo. Asimismo, el piloto en supervisión deberá volar controles de vuelo periódicos que evalúen si cumple con las expectativas del curso.



Con respecto a lo analizado, referente a los procesos de selección llevados a cabo por algunas empresas de aviación en Colombia, se pueden hacer las siguientes observaciones.

Obligatoriamente, todas deben cumplir los requisitos establecidos por la UAEAC para asignar una autonomía a un nuevo piloto; sin embargo, tienen total independencia para seleccionar dentro de los aspirantes, aquellos que reúnan las características necesarias. Factores como horas de vuelo total, experiencia en la empresa y concepto de desempeño previo son considerados fundamentales para escoger los nuevos pilotos.

Se encontraron diferencias en la cantidad de horas en supervisión que debe volar un nuevo piloto, las cuales oscilan entre 50 y 149 horas de vuelo. Esto puede ser debido a que las empresas cuentan con diferentes flotas de aeronaves, a las misiones que cumplen y a la complejidad de sus operaciones aéreas. En la FAC, la cantidad de horas de supervisión no está definida desde el nivel operacional sino desde el nivel táctico, es decir, que son definidas por los escuadrones de vuelo.

La mayoría de las empresas encuestadas reconoce la importancia de la participación del área de psicología de aviación dentro del proceso de selección de nuevos pilotos, la cual mediante la aplicación de pruebas psicotécnicas, ayuda a determinar si el aspirante cumple con el perfil requerido por la empresa.

Por último, a pesar de ser un factor relevante asociado con la madurez de un piloto, se puede concluir que la edad no es un factor determinante para seleccionar o rechazar a un aspirante de vuelo.

## Conclusiones

La aviación militar en la Fuerza Aérea Colombiana, por la diversidad de sus misiones debe contar con pilotos entrenados, que asuman con responsabilidad, madurez y compromiso la tarea asignada por la institución. Se puede afirmar que dichas cualidades son desarrolladas mediante la experiencia, la capacitación y la personalidad de cada piloto. Por consiguiente, cuando la FAC delega funciones a pilotos jóvenes y con poca experiencia, como comandantes de aeronave, asume un elevado riesgo en las operaciones aéreas, cuyos resultados pueden llevar inclusive a accidentes aéreos.

La asignación de autonomías realizada en JOA es un proceso cuantitativo donde se analizan los requisitos en horas de vuelo de un piloto y su proyección desde la escuela básica. Sin embargo, no incluye una valoración psicológica que evalúe las aptitudes y motivación del piloto hacia la autonomía proyectada. Esta debilidad puede ser una de las principales causas por las cuales, en los últimos años en la FAC, se ha evidenciado un incremento en la cantidad de alumnos que han presentado bajo rendimiento en vuelo, es por esto que se debería contemplar la posibilidad de asignar un psicólogo de aviación que participe y asesore desde el planeamiento hasta la toma de decisiones en la Junta de





autonomías. Su participación sería fundamental para potenciar las capacidades de cada alumno, mediante una evaluación detallada de su personalidad, que oriente a los comandantes a destinar dicho piloto en la autonomía de vuelo en la cual puede tener un mejor desempeño.

42

De igual manera, dentro del proceso de asignación de autonomías, debe quedar establecido, implementado y documentado el procedimiento que especifique de manera clara, aquellos aspectos que se deben evaluar durante el planeamiento de la Junta de autonomías, especialmente cuando se asignan primeras autonomías de vuelo, para evitar subjetividad entre el personal designado para hacer la proyección.

En cuanto a los procedimientos establecidos por las empresas de aviación en Colombia, éstos en su mayoría se encuentran estandarizados y enfocados hacia la selección de pilotos con cualidades como liderazgo, responsabilidad, motivación, adecuada toma de decisiones, trabajo en equipo y personalidad, acorde al perfil de la empresa, los cuales han demostrado eficacia, si se considera su baja accidentalidad aérea. Siguiendo dicho modelo, la FAC podría apoyarse en el Programa FLIR, para evaluar las cualidades que se requieren en cada piloto, de manera que se realice una evaluación integrada de los tripulantes permanentemente, la cual pueda estar disponible para el personal integrante de la Junta de autonomías, evitando así que se tomen decisiones sin contar con toda la información necesaria.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la FAC a diferencia de las empresas de aviación, debe seleccionar a sus pilotos entre el personal que se encuentra en servicio activo, en ocasiones se deberán asignar autonomías a Oficiales que aún no cumplen con los requisitos establecidos. En este caso, se deben implementar programas de entrenamiento y posterior supervisión, diseñados para cada equipo específico de acuerdo a las características de la misión a cumplir, y reforzar además el rol que debe desempeñar el piloto instructor en el proceso. En este caso, los nuevos pilotos deberán tener un continuo acompañamiento de los pilotos instructores, quienes evaluarán de manera periódica los resultados obtenidos tanto en el curso como en la supervisión, con el fin de fortalecer sus áreas de mayor debilidad, lo que finalmente redundará en mejores índices de seguridad operacional para la Fuerza Aérea Colombiana.



# Referencias

- Calvo R., S. C., y López G., M. (2000). *Factores Psicológicos y Accidentalidad Aérea: Un estudio exploratorio*. Bogotá: Universidad de la Sabana. Facultad de Psicología.
- Carretta, T. R., y Ree, M. J. (marzo de 1993). *DTIC Online-Information for the Defense Community*. (A. T. Armstrong Lab Brooks, Ed.) Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA262871>
- Centro de Medicina Aeroespacial-FAC. (2012). *Reglamento para la Evaluación de la Capacidad Psicofísica de los evaluados por ingreso a Escuelas de Formación y del Personal de Oficiales y Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana como Aptitud Psicofísica Especial RAP-FAC 1-28 Público*. Bogotá: Imprenta y Publicaciones Fuerzas Militares.
- Civil Aviation Authority- Safety Regulation Group. (2006). *LASOR 2006: The guide for Pilots. Licensing Administration Standardisation Operating Requirements Safety*. Norwich: TSO (The Stationery Office) on behalf of the UK Civil Aviation Authority.
- Craig, P. A. (2001). *The Killing Zone. How and why pilots die*. New York: McGraw-Hill.
- Departamento de Seguridad Aérea-FAC. (2007). *Plan Estratégico de Seguridad Operacional PESA 2007-2019*. (FAC, Ed.) Bogotá, Colombia.
- Dirección de Seguridad Operacional. (s.f.). *Programa FLIR Fortalecimiento de la Operación Íntegra y Responsable*. Bogotá: Inspección General Fuerza Aérea Colombiana.
- Faura, M. P. (1997). *Psicothema-Revista Anual de Psicología*. (R. d. Oviedo, Ed.) Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de <http://www.unioviado.net/reunido/index.php/PST/article/view/7422>
- Federal Aviation Administration. (2008). *Pilot's Handbook of aeronautical knowledge*. Oklahoma City: United States Department of Transportation.
- Fried, H. (1995). *Eye of the examiner. Flying Nov.1995*. Recuperado el 5 de septiembre de 2014, de Military and Intelligence Database Collection: <http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA17414440&v=2.1&u=esdegue&it=r&p=GPS&sw=w&asid=a0bf611137ce3a00e3996732397ade3a>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). *Plan Estratégico Institucional 2011-2030*. Bogotá: Exprecard's C.I. S.A.S.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2012). *Disposición No. 005 de 2012*. Bogotá: Imprenta y Publicaciones Fuerzas Militares.
- Futrell, R. F. (1989). *Ideas, Concepts, Doctrine: Basic Thinking in the United States Air Force 1907-1960*. Montgomery: Maxwell Air Force Base, Alabama: Air University.
- Gamarra, L. E. (2 de septiembre, 2014). Proceso de selección de Pilotos en SEARCA. (M. A. Bueno R., Entrevistador) Bogotá.
- Greiff, G. A. (2013). *Decolando contra el viento- 100 años de la aviación en Colombia*. Bogotá: Villegas Editores.
- ICAO. (07 de agosto, 2012). *International Civil Aviation Organization*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de <http://www.icao.int/safety/airnavigation/pages/peltrgfaq.aspx#anchor07>
- Inspección General FAC. (1996). *Informe Final de Accidente Aéreo A-37 FAC 2169*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.





- Inspección General FAC. (2000). *Informe Final de Accidente Aéreo OV-10 FAC 2211*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Inspección General FAC. (2010a). *Manual de Investigación de Accidentes de la Fuerza Aérea Colombiana* (Vol. Segunda Edición). (F. A. Colombiana, Ed.) Bogotá: Imprenta y Publicaciones de las Fuerzas Militares.
- Inspección General FAC. (2013). *Informe Final de Accidente Aéreo T-41D FAC 2410*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Inspección General Fuerza Aérea Colombiana. (2010b). *Manual de Gestión en Seguridad Operacional para la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá: Imprenta y Publicaciones Fuerzas Militares.
- Jane's Defence Weekly. (20 de noviembre, 2002). *Jane's Defence Weekly*. Recuperado el 06 de Agosto de 2014, de <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=News&ItemId=+++1165805&Pubabbrev=JDW>
- Jefatura de Educación Aeronáutica. (2014). *Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo O-MINEV 6-2*. Bogotá, Colombia: Fuerza Aérea Colombiana.
- Jefatura de Educación Aeronáutica FAC. (2005). *Manual de Requisitos y Procedimientos para Tripulaciones, 3-56 (O-MARPT)*. (F. A. Colombiana, Ed.) Bogotá: Imprenta y Publicaciones de las Fuerzas Militares.
- Jefatura de Operaciones Aéreas. (2009). *Procedimiento Proyección Tamaño de Fuerza*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Jefatura de Operaciones Aéreas. (2013). *Junta de Autonomías 1 y 2 semestre de 2013*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Jefatura de Operaciones Aéreas. (2014). *Oficio No. 20142170047493 MDN-FAC-COFAC-JEMFA-JOA-DIOPE-SUROP-91.9*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Jeppesen. (2006). *The Aviation Dictionary. For Pilots and Aviation Maintenance Technicians*. Englewood: Jeppesen Sanderson, Inc.
- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC. (2009). *Acta 017-2009 TE. Torres Rincon Ernesto Andrés*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC. (2010). *Acta 002-2010/ ST. Amaya Sánchez John David*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes- FAC. (2011a). *Acta 019-2011/ TE. Céspedes Novoa Germán Augusto*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC. (2011b). *Acta 011-2011/ TE. Cárdenas García Juan Manuel*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC. (2012a). *Acta 024-2012/ TE. Arias Marín Leonardo*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes -FAC. (2012b). *Acta 019-2012/ ST. Casas Barrios Angélica María*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC . (2012c). *Acta 003-2012/ TC. Blanco Causil Juan David*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC. (2013a). *Acta 028-2013/ TE. Camacho Regino Jaime José*. Inspección General FAC . Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes. (2013b). *Acta 041-2013/ TE. Orduz Sandoval Andrés Felipe*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Junta de Evaluación de Tripulantes -FAC. (2013c). *Acta 033-2013/ TE. Rincón Correa Liceth*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.



- Junta de Evaluación de Tripulantes-FAC. (2013d). *Acta 011-2013/ ST. Flórez Flórez Ana María*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Learmount, D. (24 de junio, 2014). *Gale Cengage Learning Power Search*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de [http://go.galegroup.com/ps/retrieve.do?sgHitCountType=None&sort=DA-SORT&inPS=true&prodId=GPS&userGroupName=esdegue&tabID=T003&searchId=R1&resultListType=RESULT\\_LIST&contentSegment=&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=23&contentSet=GALE%7CA372847446](http://go.galegroup.com/ps/retrieve.do?sgHitCountType=None&sort=DA-SORT&inPS=true&prodId=GPS&userGroupName=esdegue&tabID=T003&searchId=R1&resultListType=RESULT_LIST&contentSegment=&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=23&contentSet=GALE%7CA372847446)
- Martínez Ruiz, H., y Ávila Reyes, E. (2010). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Mayor Frederick L. Baier, USAF. (2005). Cincuenta preguntas más que todo aviador puede contestar. Segunda Parte. *Air & Space Power Journal en Español*, 49-67.
- McElroy, R. D. (2004). *Airline Pilot Technical Interviews*. Newcastle: Aviation Supplies & Academics, Inc.
- Ministerio de Defensa Nacional. (14 de septiembre, 2000). *Decreto Ley 1796 de 2000*. Recuperado el 13 de septiembre de 2014, de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto\\_1796\\_2000.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_1796_2000.html)
- Ministerio de Defensa Nacional. (2007). *Decreto 1428 de 2007*. Bogotá.
- Mora, M. E. (2006). *Metodología de la Investigación-Desarrollo de la Inteligencia*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- Oficial Piloto USAF. (22 de septiembre, 2014). Entrevista Oficial Piloto USAF. (Bueno, M. A. Restrepo, Entrevistador y Traductor)
- Pedersen, L. A., Allan, K. E., Laue, F. J., Johnson, J. R., y Siem, F. M. (mayo de 1992). *DTIC Online-Information for the Defense Community*. Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA253045>
- Presidencia de la República. (1991). *Constitución Política de Colombia 1991*. Recuperado el 15 de agosto de 2014, de <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2014/Paginas/Agosto.aspx>
- UAEAC. (1 de agosto, 2014). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 2- Personal Aeronáutico*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Reglamentacion/RAC/Paginas/Inicio.aspx>
- Vega, P. A. (2 de septiembre, 2014). Proceso de Selección de Pilotos en SATENA. (M. A. Bueno, Entrevistador) Bogotá.
- Wells, A. T., y Clarence C., R. (2004). *Commercial Aviation Safety*. New York: Mc Graw-Hill.
- Wiegmann, D. A., y Shappell, S. A. (2000). *The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS*. Washington.D.C: FAA.
- Wiener, E. L., y Nagel, D. C. (1988). *Human Factors in Aviation*. San Diego: Elsevier.

### Para citar este artículo:

Bueno, M. (2015). Análisis de fallas en el proceso de selección de pilotos para primeras autonomías de ala fija en la Fuerza Aérea Colombiana. En Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia - compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Cap. 1. Estudios sobre procesos de selección y herramientas para la gestión de riesgos. pp. 20-45. Colección Ciencia y Poder Aéreo No.9. Bogotá, D.C., Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.



**Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.**

Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia.

Capítulo 1. Estudios sobre procesos de selección y herramientas para la gestión de riesgos.

Artículo 2. Herramientas proactivas y predictivas en la gestión de riesgos operacionales en SATENA.

Pp. 46-80

ISBN: 978-958-99406-6-2

Bogotá- Colombia (Suramérica).

Noviembre, 2015.

**Artículo de revisión**

Director de investigación: CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez

Asesora metodológica: Alicia Almeida, PhD (c)

Línea de investigación: Factores Humanos - Grupo CIPAER / Seguridad Aérea - Inspección General de la Fuerza Aérea (IGEFA)

Evaluación interna: 6/11/14

Evaluación externa: 4/08/15

# Herramientas proactivas y predictivas en la gestión de riesgos operacionales en SATENA<sup>1</sup>

## Proactive and Predictive Tools in SATENA'S Operational Risk Management

Autor: David Stiven Tamayo González<sup>2</sup>



© MY. Camilo Andrés Grisales Palacio. © SATENA

- <sup>1</sup> Este artículo de revisión es producto del trabajo realizado por el autor del mismo en la implementación de las herramientas predictivas del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS por su sigla en inglés) en la aerolínea SATENA para la certificación ante la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil). Se desarrolló como trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.
- <sup>2</sup> Administrador Aeronáutico, Jefe de procesos predictivos de SATENA, Oficial Piloto de grado Subteniente de la Fuerza Aérea Colombiana, Primer Oficial del equipo Embraer EMB-170. Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: boelcke83@gmail.com



# Resumen

---

El presente artículo de revisión tiene como objetivo analizar los modelos de gestión de riesgos recomendados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y reglamentados por la autoridad aeronáutica colombiana y cómo se han implementado estas herramientas proactivas y predictivas en la aerolínea SATENA en el marco de los requisitos de la normatividad para la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS).

Este escrito obedece a una revisión documental descriptiva, que permite conocer el estado del arte del tema y algunas iniciativas de implementación de los modelos citados en diversas organizaciones aeronáuticas a nivel nacional.

De igual manera, el texto incluye la revisión de conceptos relacionados con los procesos proactivos y predictivos del SMS establecidos por las autoridades aeronáuticas a nivel mundial en el marco de la seguridad operacional.

Los resultados del análisis de la información muestran que los modelos que actualmente se denominan predictivos, son en la práctica, herramientas proactivas de gestión de riesgos complementarias. Asimismo, se pudo determinar que estos modelos son las herramientas más eficaces para la identificación de peligros y la evaluación y mitigación de riesgos en la industria aeronáutica.

Finalmente, se concluye acerca de la importancia de implementar este tipo de herramientas para la evaluación de los riesgos operacionales que hasta ahora, eran imposibles de detectar hasta la materialización del riesgo. Esto permite la evolución del pensamiento de seguridad operacional yendo de lo reactivo a lo proactivo y de lo proactivo a lo predictivo.

**Palabras clave:** aviación, gestión de riesgos, herramientas proactivas, seguridad operacional, SMS.



# Abstract

---

This review article had the objective to fit the risk management models recommended for the International Civil Aviation Organization ICAO and regulated for the Colombian Civil Aviation Authority and how these models have been implemented in SATENA airlines to meet the requirements of the regulations of the Safety Management System SMS.

This paper due to a descriptive documental review which empowers the reader to know the state of the art of the topic and some initiatives to implement the mentioned models in various national aeronautical organizations.

Likewise, the text includes a review of concepts related to proactive and predictive processes of the SMS set by worldwide aviation authorities in the context of safety.

The results of analysis of the information shows that the models currently called predictive, are in practice complementary proactive tools of risk management. Could also be determined that these models are the most effective hazard identification and assessment and risk mitigation tools in the aviation industry.

Finally, we conclude about the importance of implementing these tools for assessment of operational risks that until now, were impossible to detect until the risk materializes. This allows the evolution of safety thinking moving from the reactive to the proactive and from the proactive to predictive safety.

**Key Words:** Aviation, Proactive Tools, Risk Management, Safety, SMS.





# Introducción

En el año 2013 la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) expidió el Anexo 19 como parte del convenio de Chicago (1944). De manera significativa este anexo está dedicado a la gestión de la seguridad operacional y da la trascendencia e importancia necesarias al tema, para alcanzar los niveles deseables de seguridad operacional en la aviación mundial en términos de accidentalidad e incidentalidad.

Para la OACI (2013a) los Estados contratantes de la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU), deben crear el Programa de Seguridad del Estado (*State Safety Program*, SSP por su sigla en inglés), para alcanzar un nivel aceptable de rendimiento en materia de seguridad operacional en la aviación civil de acuerdo a la dimensión y complejidad de la operación aérea que cada Estado desarrolle.

Por otro lado, los explotadores aéreos, esto incluye prestadores de servicio de pasajeros y carga, dependencias de control de tránsito aéreo, escuelas de instrucción, fábricas, talleres reparadores y explotadores aeroportuarios deben crear un Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (*Safety Management System*, SMS, por su sigla en inglés); con el fin de crear un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos para llevarlos a un Nivel Aceptable de Seguridad Operacional (NASO) mediante métodos reactivos, proactivos y predictivos de evaluación y mitigación de riesgos (OACI, 2013b).

Colombia, como Estado contratante de la OACI emitió el Reglamento Aeronáutico Colombiano 22 por medio del cual se brindan las normas generales de implementación del SMS para las organizaciones aeronáuticas del país. Asimismo, como autoridad aeronáutica nacional, dispone en el SSP las responsabilidades propias para la vigilancia y supervisión de los SMS de las organizaciones aeronáuticas.

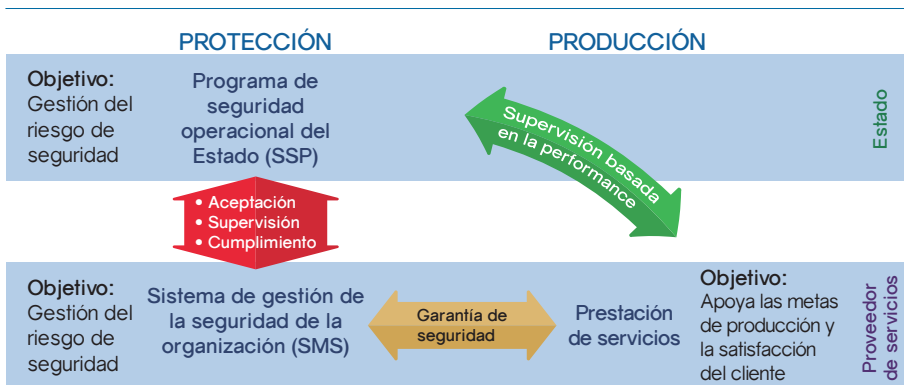


Figura 1. Relación SSP- SMS. Fuente: OACI (2009).



El SMS plantea tres metodologías de identificación de peligros y evaluación y mitigación de riesgos. La primera metodología hace referencia a las herramientas de procesos reactivos; basados en hechos y sucesos pasados que se materializaron en accidentes o incidentes y que mediante su estudio ofrecen una oportunidad de mejora y prevención de futuros accidentes.

La segunda herramienta sugiere los procesos proactivos de evaluación y mitigación de riesgos potenciales que aún no se han materializado y se fundamenta en la búsqueda activa y recopilación de fuentes de riesgo por medio de auditorías, sistemas de reporte voluntarios, panoramas de riesgos (Johnson, 2012).

Para conocer más a fondo los programas proactivos de seguridad operacional, podemos mencionar algunos de los modelos más utilizados que permiten capturar los peligros en el presente para mitigarlos y llevarlos a un nivel aceptable de seguridad operacional obteniendo un riesgo residual aceptable para mantener una operación eficiente en la organización, a continuación se mencionan algunas de las herramientas proactivas (OACI, 2013b):

## Auditorías de seguridad

También llamadas inspecciones de seguridad, son herramientas que permiten capturar los peligros y medir los riesgos residuales de los eventos reactivos, es decir, permiten realizar una evaluación periódica del riesgo residual verificando el cumplimiento de las recomendaciones que surgen de los procesos reactivos (investigación de accidentes o incidentes).

Debe considerarse para la ejecución de las mismas que divergen de las auditorías de calidad, no se pretende seguir procedimientos de verificación para identificar no conformidades. Las auditorías de seguridad buscan peligros en el sistema para saber si estos se encuentran identificados, evaluados y mitigados.

El intercambio de información entre la calidad y seguridad operacional da origen al sistema de administración integrada y genera una gestión ideal de las falencias de la organización. Usualmente un peligro identificado por la seguridad obedece a un vacío en el seguimiento a una norma o regulación, de igual forma, la falta de adherencia a las regulaciones (calidad) rescinde en un peligro para la seguridad.

## Encuestas de seguridad

Son una herramienta práctica para saber y conocer la percepción y sensación de seguridad que se respira en la organización. Las encuestas permiten medir la cultura de la seguridad, la capacidad, voluntad e iniciativa de los empleados para reportar las deficiencias sin temor a ser juzgados.

Por otro lado, miden la afinidad entre todos los miembros de la organización, la percepción de los subalternos con respecto a sus directivos y viceversa.

Finalmente, miden el apoyo y la motivación en el entorno para la realización de los trabajos y la presión de la organización por alcanzar las metas de producción sin importar el cómo.





## Sistema de reportes voluntarios

Corresponden al sistema nervioso de la seguridad operacional, llevan al cerebro de la organización las sensaciones de dolor y molestia, los problemas y deficiencia que pueden materializar los riesgos asumidos.

52 La herramienta puede ser utilizada para reportar condiciones u objetos que potencialmente pueden causar daños o lesiones.

Los reportes más deseados por la organización son los que cada individuo hace de sí reconociendo sus propios errores, su uso frecuente es la medición perfecta de una organización saludable en seguridad, por su parte, la ausencia de los mismos da a entender una cultura donde sus individuos ocultan la información por temor a ser juzgados.

## Panorama de riesgos

Son el cerebro de la seguridad operacional, permiten la recopilación y memorización de todos los hechos pasados, presentes y futuros.

Por otro lado, son el canal de comunicación de la dirección de la seguridad con cada una de las áreas de la organización, en ellos se recopila y documenta la biblioteca del conocimiento en seguridad (peligros, riesgos y consecuencias) y se difunde a toda la estructura humana garantizando que todos los empleados conocen los riesgos actuales.

Como última metodología de gestión de riesgos, se encuentran las herramientas predictivas, las cuales implican la recopilación de datos, bien sea por medio de la observación directa o de los datos de vuelo de las aeronaves, para identificar resultados o eventos futuros que podrían potencialmente causar daños o lesiones y generar medidas de mitigación preventivas antes de materializar las amenazas. (OACI, 2013b).

SATENA (Servicio Aéreo a Territorios Nacionales) como empresa del sector aeronáutico, se ve obligada a implementar su SMS de acuerdo a la normatividad vigente (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2011a). De acuerdo al cronograma de implementación propuesto ante la UAEAC, SATENA debe certificar, para Diciembre de 2014, su SMS ante la Aerocivil y demostrar que gestiona los riesgos operacionales por las metodologías proactiva y predictiva.

Actualmente, existen dos herramientas o metodologías que son consideradas predictivas para el SMS: el Análisis de Datos de Vuelo (*Flight Data Analysis*, FDA, por su sigla en inglés) y las Auditorias de Seguridad a la Operación de Línea (*Line Operational Safety Audit*, LOSA, por su sigla en inglés) (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2011b).

En este artículo se revisa la pertinencia y necesidad de adaptar los modelos de gestión de riesgos recomendados por la OACI, poner en contexto los conceptos anteriormente nombrados y documentarlos de tal manera que se recopilen las experiencias de la industria y se demuestren los beneficios y oportunidades de implementación de los procesos proactivo - predictivos LOSA/ FDA en SATENA.



Asimismo, se muestran los resultados de la evaluación de costo- beneficio de la implementación de métodos de observación directa y análisis de datos y se determina el procedimiento más adecuado para la gestión de riesgo mediante los procesos proactivo-predictivos en SATENA. Lo anterior, de acuerdo al contexto de la organización y en el marco de las normas nacionales, internacionales y las mejores prácticas de la industria.

No se estudia más a fondo las herramientas proactivas recomendadas por la OACI en este artículo teniendo en cuenta que éstas se encuentran ya implementadas en SATENA y corresponden a las prácticas estándar de la industria.

53

Se pretende revisar el estado del arte en cuanto a las herramientas predictivas para implementarlas en la aerolínea con la recopilación de las mejores prácticas de la industria nacional e internacional.

El foco de la seguridad operacional es ahora tener herramientas que permitan capturar los peligros antes de que se materialicen, se desea conocer el futuro ahora (predicción) para tomar decisiones acertadas que mejoren la eficiencia en la gestión de la seguridad.

El artículo plantea la forma para llegar a la seguridad predictiva con los dos modelos que actualmente se conocen en la industria, el FOQA/ FDA y el LOSA.

## Método

La investigación es de tipo cualitativa, documental. La recopilación, procesamiento y análisis de la información se desarrolló de la siguiente manera:

- 1 Recopilación y análisis de la normatividad nacional e internacional; las regulaciones y casos exitosos de implementación de las herramientas predictivas en Colombia y en las autoridades aeronáuticas civiles de diversos Estados. La información recopilada permitió identificar los modos de operación de los programas nombrados a nivel mundial y ver de qué manera se hizo la adaptación de éstos en SATENA para su posterior implementación.
- 2 Asimismo, se analizó información acerca de la implementación de los procesos FDA/ LOSA en SATENA por parte del Departamento de Seguridad Operacional liderado por el investigador ST. David Tamayo González. En esta fase se logró la creación de un sistema propio de gestión de riesgos que puede ser usado en el futuro por otras empresas del sector como base para la creación de sus modelos proactivos y predictivos.

Para abordar el tema del artículo de revisión se describe inicialmente en qué consiste el programa FDA o FOQA<sup>3</sup>. Posteriormente, se hace el estudio respectivo del programa LOSA; finalmente se analiza cómo SATENA ha incorporado estos dos programas de procesamiento y análisis de información.

<sup>3</sup> FDA es la denominación general del programa planteada por la OACI. Por su parte, FOQA es la adaptación de este término implementada por SATENA.



# Procesamiento y análisis de la información del programa FOQA

---

## Reseña histórica

Los programas de análisis de datos de vuelo tienen sus orígenes en la década de los años sesenta. En sus inicios se utilizaron con fines de validación de criterios de aeronavegabilidad por empresas como British Airways (Aerobytes Ltda,s.f.).

Para finales de la década, la autoridad nacional de Reino Unido utilizó un programa de análisis de datos denominado “*Civil Airworthiness Air Data Recording Programme*” (CAADRP). Este programa tenía instaladas unidades de adquisición de datos a bordo de las aeronaves con fines investigativos, que permitían estudiar el desempeño de los pilotos automáticos y las alteraciones que éstos sufrían con las condiciones meteorológicas adversas y de turbulencia. Esta información se intercambiaba con la NASA para su aplicación en el ámbito espacial. Igualmente, se desarrollaron por la misma época los sistemas automáticos de aterrizaje, donde jugaron un papel fundamental los dispositivos de grabación de datos pues permitían verificar los parámetros de los sistemas y su comportamiento en condiciones de baja visibilidad (Aeronautical Research Council, 1971).

El crecimiento de los programas de análisis de datos de vuelo se fortaleció aún más en los siguientes 30 años; ya que diversas aerolíneas implementaron procesos de análisis de datos para la prevención de accidentes y detección de excedencias, es decir, para detectar violaciones a los límites de aeronavegabilidad, entre otros.

En la década de los años 90s más de 43 aerolíneas a nivel mundial tenían programas activos de análisis de datos. Por tal razón, según Lacagnina, 2007, la *Federal Aviation Administration* (FAA), autoridad nacional de Estados Unidos en conjunto con *Flight Safety Foundation* (FSF) inician la investigación para el desarrollo de un programa voluntario estandarizado de monitoreo de datos de las aerolíneas para garantizar el uso adecuado de la información (fines preventivos) y la protección de los datos obtenidos de los sistemas (Agencia Estatal de Seguridad Aérea, 2013).

Actualmente, en Colombia tres aerolíneas comerciales de transporte de pasajeros, cuentan un sistema de análisis de datos (Avianca, Copa, Lan Colombia), el sistema se encuentra certificado por la autoridad aeronáutica garantizando el cumplimiento de los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos RAC 22 (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2010).



## Introducción al FOQA

El término FDA adoptado por la OACI es el significado más amplio que puede tener el programa de análisis y recolección de datos basado en los parámetros captados por los grabadores de datos a bordo de las aeronaves. Sin embargo, a nivel mundial se han dado diferentes definiciones del programa, que aunque lo conducen por alternativas distintas de desarrollo, comparten el propósito de identificar tempranamente los riesgos en la operación aérea.

55

La OACI es específica en permitir a las empresas la oportunidad de otorgar a terceros el manejo del programa, enfatizando en que la responsabilidad de mantener y garantizar la funcionalidad del mismo será siempre de los explotadores aéreos.

Finalmente, se establece como norma básica para la ejecución del programa el carácter no punitivo y la necesidad de salvaguardas necesarias para proteger la fuente de los datos.

La FAA ha reglamentado la creación de un programa voluntario de análisis de vuelo denominado *Flight Operations Quality Assurance* (FOQA).

El programa FOQA, cumple con los requisitos establecidos por la OACI como método de análisis de datos de vuelo. Sin embargo, es denominado como un programa voluntario creado para compartir información anónima con la FAA y mejorar los niveles de seguridad de la aviación, a través de la recopilación de peligros y riesgos en la operación aérea, el control de tráfico aéreo y la explotación de aeropuertos. (Federal Aviation Administration, 2004).

El programa se basa en la protección de la información y el carácter no punitivo de los hallazgos a que ésta de lugar; para ello, dispone en las regulaciones civiles estadounidenses los acuerdos legales de uso y protección de la información. (Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2003).



© MY. Camilo Andrés Grisales Palacio. © SATENA

Por su parte, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) basada en el reglamento (UE) n°965/2012 en su apartado ORO.AUC. 130 establece la creación de un programa de Monitoreo de los Datos de Vuelo (*Flight Data Monitoring*, FDM, por su sigla en inglés) en concordancia con las recomendaciones de la OACI. (Unión Europea, 2012).

56

En relación con lo anterior, la Autoridad Australiana de Seguridad en la Aviación Civil (2011) establece la creación del Programa de Análisis de Datos de Vuelo (*Flight Data Analysis Program*, FDAP, por su sigla en inglés). El programa tiene como objetivo permitir que el operador aéreo identifique riesgos operacionales y pueda cuantificar y medir los márgenes de seguridad, captando peligros, condiciones inseguras y prácticas no estándar que en términos de severidad pueden afectar la seguridad operacional; por ello, deben identificarse de manera temprana con el fin de tomar acciones preventivas continuas que permitan la gestión del riesgo.

Para la autoridad aeronáutica colombiana (UAEAC), es mandatorio el programa FDA para aeronaves cuyo peso de despegue sea superior a 27.000 kilogramos y que presten servicios aéreos comerciales de transporte de carga y/o pasajeros. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2011b).

Entre los programas anteriormente nombrados existe una aproximación a los requerimientos de la OACI para sus Estados contratantes. Sin embargo, presentan diferencias en cuanto al tratamiento de la información, las áreas de captura de la información (análisis de excedencias, mediciones rutinarias, investigación de incidentes, vigilancia de la aeronavegabilidad e integralidad del sistema con el SMS, entre otros).

# Componentes del programa FOQA

---

## Equipos a bordo

Son los equipos que permiten realizar la captura de la información y la grabación de los parámetros de vuelo.

Los sistemas de grabación de datos pueden ser los FDR de las aeronaves reglamentarias por la autoridad aeronáutica colombiana en el RAC 4.2.6.5 “Registadores de Datos de Vuelo (FDR) y Registadores de Voces de Cabina (CVR)”. Estos dispositivos ofrecen la capacidad de recopilar desde 16 parámetros de vuelo en adelante. No obstante, tienen una limitante de grabación de máximo 128 horas de datos y 2 horas de voz actualmente (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2014).



Para cumplir con los requerimientos de los programas FOQA, se han desarrollado dispositivos más simples, sin protección contra accidentes, pero que ofrecen una mayor capacidad de grabación tales como los QAR's (*Quick Access Recorders*) o los MPC (*Multi Purpose Computer*) que permiten grabar meses de información en dispositivos Micro SD incorporados en las unidades.

Las tecnologías más evolucionadas en el tema son los dispositivos inalámbricos de adquisición de datos de vuelo *Flight Data Acquisition Unit* (FDAU) que permiten transmitir la información una vez la aeronave completa un ciclo de vuelo o de manera paralela con el desarrollo del vuelo, entregando a los dispositivos *Ground-Based Data Replay and Analysis Systems* (GDRAS) la información binaria captada de los sistemas de la aeronave.

### **GDRAS (*Ground-Based Data Replay and Analysis Systems*)**

Son estaciones en tierra (hardware y software) que permiten capturar la información binaria de los grabadores y la transforman en unidades de medida, gráficas o incluso animaciones tridimensionales de los parámetros de vuelo.

Generalmente existen dos tipos de adquisiciones que pueden hacerse con respecto al sistema GDRAS:

- *Solución Interna (In house solution).*

Esta opción consiste en la ejecución del procesamiento de la información internamente en la compañía, requiere de personal calificado al interior de cada aerolínea para desarrollar todo el ciclo de la información y de unidades de trabajo en tierra especializadas (hardware y software).

- *Adquisición de Software como servicio (SaaS).*

Esta opción permite tercerizar el trabajo de procesamiento de la información. Actualmente, este proceso tarda 30 minutos en empresas especializadas, en este tiempo, se tendrá toda la información necesaria para realizar gestión de riesgos sobre un peligro específico identificado en el FOQA. Existen herramientas objetivas para evaluar los proveedores de servicios garantizando una integralidad del sistema con los requerimientos de la organización Flight Data Services Ltd. (2014a).

El sistema GDRAS es un elemento vulnerable del sistema y requiere de un mantenimiento constante y de pruebas periódicas para garantizar la precisión de la información que se capta y analiza de las aeronaves. De igual manera, requiere la adaptación de los parámetros propios de cada organización en cuanto a valores máximos, mínimos y de criticidad de las excedencias y desviaciones a los procedimientos. Es decir, cada aerolínea debe fijar por ejemplo, sus valores de desviación con respecto a una aproximación desestabilizada pues pese a que existen suficientes recomendaciones en la industria, no existen reglamentos específicos para determinar los valores de desviación para este tipo de eventos.





© MY. Camilo Andrés Grisales Palacio. © SATENA

## Programa de análisis

El programa tiene como objetivo determinar el flujo de los datos y la forma como éstos se convierten en información beneficiosa. La información puede ser evaluada desde diferentes puntos de vista y fines en el marco de la seguridad operacional. La United Kingdom Civil Aviation Authority (2013a), plantea las siguientes estrategias para el tratamiento de la información:

- *Detección de excedencias.*

Se enfoca en la identificación de desviaciones con respecto a los límites de los manuales de vuelo. Por ejemplo: Alarmas de pérdida, alertas por excedencia de velocidades, aterrizajes fuertes, fallas de motor, abortajes, entre otros.

Cuando se elabora un listado de excedencias, es de suma importancia definir los niveles de desviación estándar o niveles de alerta, en otras palabras, diferenciar una excedencia menor de una excedencia mayor (Organización de Aviación Civil Internacional, 2013b).

- *Detección de eventos de desviación de los Procedimientos de Operación Estándar (POE).*

En este programa se analizan eventos con respecto a los POE de la compañía como por ejemplo, criterios de aproximación estabilizada. El objetivo de las detecciones de eventos es la identificación de los parámetros que no se siguen con respecto al perfil estándar de los equipos de la compañía en todas las fases de vuelo.

- *Creación de eventos para la prevención de la pérdida de la aeronavegabilidad continuada.*

En esta sección se crean eventos no cubiertos en las especificaciones de los POE y que pueden utilizarse, por la experiencia de la organización, para extender la vida útil de componentes de la aeronave. Por ejemplo, restricciones en el uso de los flaps o la velocidad de operación de los mismos.

- *Evaluación rutinaria de vuelos.*

La evaluación del perfil de vuelo, se basa en medir lo normal y no lo anormal; a diferencia de los eventos de desviación. Este programa permite identificar posibles mejoras a los simuladores de vuelo (mayor realismo) o errores en los procedimientos de un aeródromo específico.



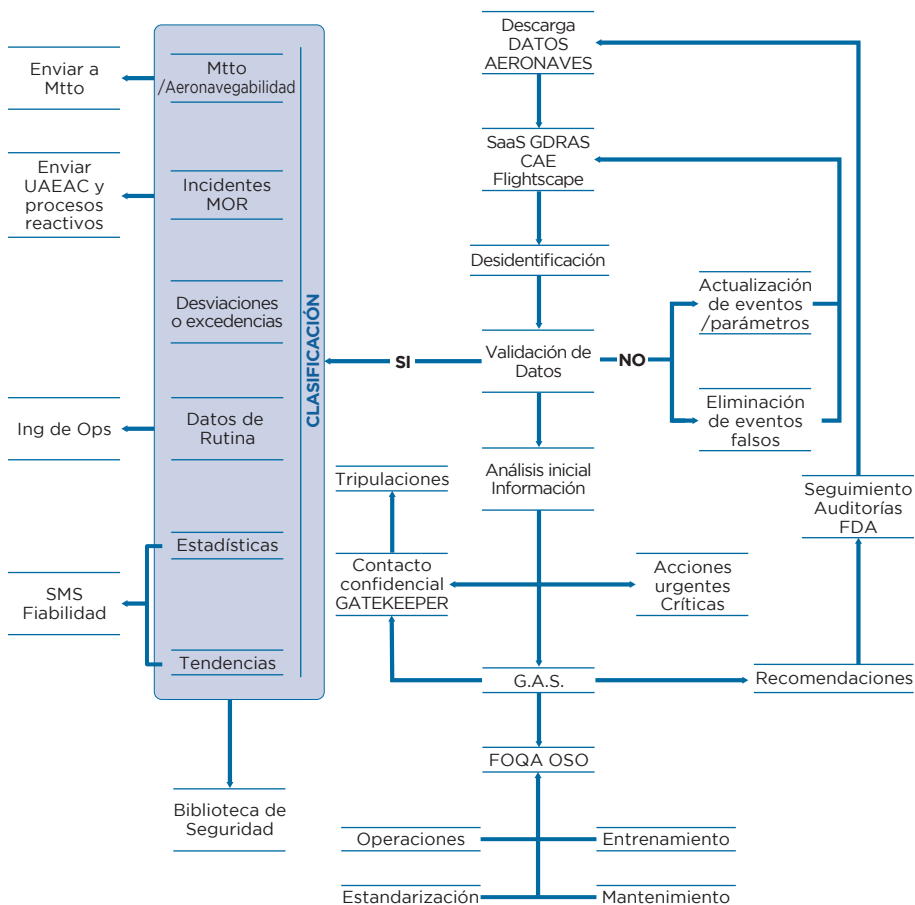


De igual forma, existe una aproximación más reactiva para sacar provecho de los datos brindados por el FOQA; ésta consiste en la utilización de los mismos para la investigación de eventos o incidentes categorizados en la lista de reportes de ocurrencia mandatorios, M.O.R, por su sigla en inglés (United Kingdom Civil Aviation Authority, 2011).

La investigación de estos incidentes permite un análisis reactivo y alimenta la bolsa de peligros y riesgos de la organización, tal y como se hace con procesos proactivos y predictivos.

## Flujo de la información del FOQA

A continuación se presenta el flujograma de información de SATENA para el desarrollo del programa FOQA.



**Figura 2.** Flujograma de información FOQA- SATENA. *Fuente:* Elaboración propia con base en información de SATENA.



# Procedimientos para compartir la información del FOQA con la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

---

La Federal Aviation Administration (2011) afirma, en su documento titulado *Destination 2025*, que a partir del monitoreo continuo de los datos compartidos por toda la industria aeronáutica es posible alcanzar el siguiente nivel de seguridad de manera predictiva. Ello conlleva a generar nuevas alternativas para compartir información en toda la industria aeronáutica obtenida del análisis de datos.

Actualmente, existen iniciativas de sectores privados para realizar este intercambio anónimo de información como el programa *Flight Data Exchange* (International Air Transport Association, 2013). El programa permite compartir la información obtenida del FOQA mediante la IATA y recibir los resultados de la evaluación realizados por esta organización a nivel mundial.

Sin embargo, para el desarrollo del SSP en Colombia por parte de la Aeronáutica Civil, es fundamental la creación de un canal de comunicación directo entre los explotadores y la autoridad en cuanto a la información obtenida de los programas. Los datos entregados por las empresas aeronáuticas deben obedecer a un estándar fijado por la autoridad, que permita de una manera uniforme y estandarizada medir el rendimiento de la seguridad operacional a nivel nacional.

Dado lo anterior, se podrá tener un indicador de rendimiento del Nivel Aceptable de Seguridad Operacional (NASO) que puede compararse a nivel mundial para mejorar el desempeño nacional e internacional de la Seguridad Operacional.



## Grupo ejecutor FOQA

El grupo ejecutor del programa es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo del mismo, es el encargado de garantizar el correcto funcionamiento del sistema, certifica la protección de los datos, la confidencialidad y la no punitividad de los hallazgos a que éstos den lugar.

El ciclo de la gestión de riesgos en la metodología de análisis de datos requiere la participación integral de las áreas de operaciones, entrenamiento, estándares operacionales y seguridad operacional. Además, es pertinente la creación de cargos para el personal citado a continuación con el objetivo de adelantar las acciones de prevención:

- *Administrador del programa.*

Debe ser una persona con un conocimiento general del entorno operativo. Tiene a su cargo la gestión diaria de todas las tareas rutinarias relacionadas con el FOQA. Debe tener capacidades administrativas para la emisión de informes, la operación de software de análisis, la coordinación de todas las acciones y reuniones del grupo de acción del programa.

El administrador del programa es también el oficial de seguridad del mismo. Además, es el contacto directo del Comité de SMS para escalar las acciones de mitigación que requieren el apoyo gerencial de la organización para la asignación de recursos humanos, procedimentales o tecnológicos.

- *Operaciones/ Aeronavegabilidad (mantenimiento).*

El equipo lo conforma un analista para la parte de mantenimiento de la aeronave, su participación le permite al área técnica identificar excedencias en los límites de los componentes de la aeronave como: motores, superficies de control y aceleraciones a las cuales se exponen los equipos.

Por otro lado, permite que haya retroalimentación entre operaciones y mantenimiento acerca de las consecuencias producto de las desviaciones de las tripulaciones.

De igual manera, es importante la participación del Departamento de Ingeniería de Operaciones en el programa para obtener datos de la operación que pueden usarse para el planeamiento y modificación de rutas, modos de operación y economía de combustible, entre otros.

- *Representante de las tripulaciones.*

Su función consiste en participar en el programa como garante del proceso y como representante de los tripulantes ante el Grupo de Acción. Es el garante de la transparencia del programa, del uso adecuado y la confidencialidad de la información, así como de la protección a los tripulantes. Su elección debe realizarse considerando características como:

- Conocimiento y experiencia en el equipo.
- Afinidad con los demás tripulantes del equipo.

- La participación voluntaria en el programa como defensor y garante ante el equipo.
- No tener inconvenientes ni novedades operacionales o de entrenamiento que afecten su desempeño como tripulante.

62

- *Soporte técnico de ingeniería.*

Es un ingeniero con especialización en los equipos y sistemas que conforman la estructura del programa FOQA. Debe contar con el apoyo de un especialista en aviónica, que esté encargado de la supervisión de la funcionalidad y fiabilidad de los FDR y demás dispositivos de grabación de datos de las aeronaves como: QAR's, MPC, PCMIA Cards, entre otros.

El ingeniero del programa FOQA es el encargado de implementar y generar los programas como mantenedor. Debe diseñar y dar cumplimiento a las órdenes de ingeniería para el control rutinario de los datos que se obtienen de los equipos y de los imprevistos que se produzcan en las unidades instaladas en las aeronaves. Mantendrá comunicación directamente con el Jefe del programa FOQA.

- *Analista FOQA.*

El analista del programa FOQA es la persona que desarrolla el monitoreo y control rutinario de los datos. De igual manera, realiza la validación de los mismos y el análisis de los eventos, desviaciones y excedencias que puedan presentarse. El analista entregará al Gatekeeper la información necesaria para realizar la retroalimentación confidencial de los eventos, desviaciones y excedencias a los tripulantes que pudieron estar involucrados. Es el conducto entre el GDRAS y la administración del programa para el análisis y la gestión de los riesgos identificados.

- *Gatekeeper.*

Es el custodio de la información y el contacto directo entre el programa y los tripulantes que pudieron verse involucrados en eventos de seguridad como desviaciones o excedencias. Es el encargado de recibir la información de las desviaciones y eventos que se presenten para realizar el contacto con las tripulaciones. También determinará las circunstancias y factores que contribuyeron al evento no deseado; para retroalimentar de los posibles errores, amenazas y desviaciones a los pilotos y así emitir recomendaciones tanto a los tripulantes como a las áreas de entrenamiento, estandarización y operaciones.

Debe ser una persona con amplios conocimientos en los POE de los equipos (aeronaves) de la organización.

- *Safety Action Group.*

El grupo de acción o grupo ejecutor del programa FOQA es liderado por el Analista de Procesos Predictivos. El grupo efectúa reuniones con el fin de evaluar y analizar las tendencias, implementar y supervisar las recomendaciones de seguridad que se emiten.



# Procesamiento y análisis de la información del programa LOSA

## Reseña histórica

El programa LOSA tiene sus orígenes en la década de los años 90s, cuando se desarrolló un proyecto conjunto entre la Universidad de Texas, Delta y Continental Airlines, patrocinados por la FAA.

El proyecto se enfocaba en observar los comportamientos de la tripulación enmarcada en el manejo de los recursos de cabina CRM, *Crew Resource Management*, por su sigla en inglés. Este trabajo conjunto permitió que entre los años 2000 a 2002, se desarrollarán cerca de 2.000 observaciones en vuelo, con énfasis en el programa de factores humanos y seguridad aérea “*Austin Human Factors Research Project*” (Organización de Aviación Civil Internacional, 2002).

Aunque este proyecto se consideró novedoso en la aviación, su estructura por ser desarrollada y esquemática, se aplica actualmente no sólo en las tripulaciones, también en el control de tránsito aéreo, el mantenimiento aeronáutico, el despacho de aeronaves y la operación en rampa de los servicios de apoyo en tierra a aeronaves.

Desde sus inicios, el LOSA se ha desarrollado bajo el principio de la voluntariedad y la no punitividad del programa, garantizando protección y confidencialidad a las tripulaciones para generar más confianza al interior de las cabinas con el fin de capturar la mayor cantidad de errores.

Actualmente, el LOSA se fundamenta en el concepto del Manejo del Error y la Amenaza, TEM, *Threat and Error Management*, por sus siglas en inglés.

## Introducción al LOSA

El LOSA es un método de captura de información por observación directa. Aunque en su significado aparece la palabra “auditoría”, en realidad el término no es aplicable por cuanto no se desarrolla bajo un concepto de juzgamiento con respecto a la verdad o falsedad de algo (Real Academia Española, 2001).

La observación directa requiere de personal experto y competente en el ámbito aeronáutico y con amplios conocimientos en el CRM, el TEM, los POE y los factores humanos en la aviación.



Por otra parte, tal y como lo especifica la *Federal Aviation Administration* (2006), el observador LOSA debe comportarse como una “mosca en la pared” habilitado para sentarse en la silla del observador en cabina sin interferir con los procedimientos normales de los pilotos, no se comportará como un evaluador, sus únicas intervenciones son el saludo, presentación, despedida; intervendrá únicamente cuando la seguridad se vea comprometida con riesgo inminente de un accidente.

La observación tiene la intención de detectar los errores, las amenazas y los estados no deseados de la aeronave, conceptos que se ampliarán en el siguiente tema a abordar. La observación directa se basa en la captura de datos en los procedimientos normales y de rutina que desarrollan las tripulaciones, desde el *briefing* o sección de instrucciones hasta finalizar el vuelo, el estudio obedece a una perspectiva neutral en la interacción entre el humano, entorno y la máquina. Tiene una aproximación característica al modelo SHELL pues identifica las brechas que nacen de la interacción del humano con todo aquello que lo rodea (Fuerza Aérea Colombiana, 2010).

El LOSA es un programa continuado de análisis; no se desarrolla de manera permanente, por el contrario la observación es programada en un período de tiempo reducido de acuerdo al tamaño de la muestra y precisión de los datos que la organización desea. Este proceso se repite posteriormente en un tiempo aproximado dos a tres años. Un diagnóstico puede tardar entre seis meses y un año en surgir, mientras que las observaciones tardan máximo tres meses continuos de observación dependiendo de la muestra y de la cantidad de observadores.

Existe una metáfora con la medicina en la cual se compara el LOSA como un paciente que se efectúa exámenes médicos anuales y le recomiendan diferentes medidas para mantener su condición física y mental saludable. El LOSA tiene la misma noción proactiva que provee un diagnóstico a la organización de sus fortalezas y debilidades y cómo prevenir la degradación de su “salud” en la seguridad operacional (Federal Aviation Administration, 2006).

---

## EL TEM

Maurino en su conferencia del año 2005 afirma que el TEM es un sistema que se desarrolla, el cual no debe ser entendido como un fin en sí mismo, sino como un modelo para identificar los errores y amenazas en el comportamiento humano, influenciados por la interacción con las reglamentaciones, la organización y los factores ambientales. El TEM explora el mundo dinámico de la aviación basado en la observación del desempeño humano y la consecuencia de sus decisiones. No se considera como un concepto revolucionario, sino como un concepto evolucionado gradualmente pese a su reciente nacimiento; permite mejorar los márgenes de seguridad en la industria aeronáutica e identificar, desde el ámbito operativo, las amenazas y debilidades que las organizaciones generan como consecuencia de las decisiones y su impacto en la operación aérea.

Según Heinrich (2007), el TEM se fundamenta en cuatro conceptos claves que describen la cadena de eventos que de no ser adecuadamente administrados, pueden terminar en un accidente.



El primer concepto tiene que ver con las amenazas y se relaciona con todo aquello que ocurre por influencia externa de las tripulaciones y que requiere de especial atención, pues reduce los márgenes de seguridad. Algunos ejemplos de las amenazas típicas en un vuelo son: las condiciones meteorológicas, las demoras en la operación, las emergencias o instrucciones del control de tránsito aéreo.

De igual manera, existen amenazas latentes en la organización como vacíos en el entrenamiento, falta de motivación, falencias en los canales de comunicación, entre otros.

En segunda instancia, se encuentran los errores descritos por la FAA en el 2009, consignados en el documento *Risk Management Handbook*, como las acciones o inacciones de la tripulación que desvían el vuelo de las intenciones o comportamientos esperados.

A diferencia de las violaciones, los errores parten de la no intención de las personas.

El primer paso para la eliminación de los errores es la identificación de los mismos, para ello, es prioritario generar programas de entrenamiento para su identificación. La patología de los errores es difícil de identificar y su crecimiento es exponencial, en un corto tiempo los errores pueden llevar a la aeronave a estados no deseados y comprometer el nivel de seguridad del vuelo.

La capacitación en la administración de los errores debe incluir el conocimiento de las salvaguardas de la industria tales como: los sistemas de alerta de las aeronaves, los manuales, los procedimientos estándar, las listas de chequeo o la automatización en cabina.

Asimismo, debe brindarse a las tripulaciones el conocimiento de dos conceptos clave: alerta situacional y anticipación; haciendo referencia a la búsqueda, la percepción, la orientación espacial, el conocimiento de los objetivos y metas del vuelo, así como el planeamiento y proyección del vuelo.

Un tercer concepto clave del TEM se refiere a los estados no deseados alcanzados por las aeronaves cuando las barreras del entrenamiento, la tecnología o el manejo de los recursos de cabina no contienen la aparición de errores.



Los estados no deseados refieren a aquellas condiciones de la aeronave en las cuales la configuración no es la deseada para la fase de vuelo en la que se encuentra, afectando los márgenes de seguridad. Algunos ejemplos relativos a lo anterior son: las aproximaciones desestabilizadas, las condiciones de pérdida, las alarmas de proximidad con el terreno, entre otras. (OACI, 2002).

66

Finalmente, se encuentra el concepto estado final; haciendo referencia a la materialización del peligro con consecuencias irreversibles, es decir, la ocurrencia del accidente o el incidente.

La FAA en el año 2009 describe en la circular AC 120-90 cinco aplicaciones prácticas para el uso del TEM:

- 1 Como herramienta de entrenamiento.
- 2 Como lenguaje de comunicación entre los pilotos y el área de seguridad cuando ocurren accidentes o incidentes.
- 3 Como un proceso de observación sistemático.
- 4 Como herramienta proactiva de análisis.
- 5 Como herramienta reactiva de investigación aplicando modelos como el HFACS, SHELL o MEDA (Boeing, 1995).

El TEM puede ser aplicado en otros equipos del sector aeronáutico tales como: el control de tránsito aéreo, las operaciones de servicio en tierra a aeronaves o el mantenimiento aeronáutico. Las autoridades de aviación pueden liderar programas de monitoreo de la operación aérea a nivel local y mundial, garantizando el carácter confidencial y no punitivo de la información recibida de las organizaciones aeronáuticas (Merritt y Klinect, 2006).

El TEM entonces, se consolida como un modelo intuitivo, práctico, versátil y pertinente para complementar el CRM en las organizaciones y como una herramienta o programa especial de seguridad para el cumplimiento de la normatividad del SMS. Además, éste brinda a la organización una perspectiva humana de las falencias en los procesos de las instituciones y permite disminuir los estados no deseados causados por la administración inadecuada de las amenazas y los errores.



## Componentes del Programa y Flujo de la Información del LOSA

- *Participación de las Direcciones afectadas.*

Las áreas de operaciones y entrenamiento son las primeras en conocer los vacíos y falencias en la organización. De igual manera, son aquellas a quienes apuntan principalmente las recomendaciones generadas en el programa LOSA. Por ello, se requiere la participación activa de las mismas para evitar la resistencia o inconformidad con los hallazgos efectuados.

- *Asociaciones sindicales y de tripulantes.*

El LOSA puede ser percibido por las tripulaciones como un programa espia-torio, en ese caso, los pilotos se limitarán a entregar la información actuando en cumplimiento absoluto de los estándares y no como habitualmente se comportan, perdiendo así el sentido evaluador del programa.

Cuando no existan grupos sindicales, se recomienda seleccionar representantes de las tripulaciones para ayudar a identificar en los resultados de las observaciones los planes a definir y ejecutar para mitigar los riesgos.

- *Líder del Programa.*

Es la persona que formalmente notifica a la organización, mediante los canales de comunicación del SMS, los hallazgos de las observaciones. Brinda a la organización el objetivo y alcance del programa, selecciona los observadores, dirige los programas de capacitación y garantiza la protección de la información.

- *Observadores.*

Son quienes desarrollan en la cabina las observaciones directas, su selección es crítica pues de su perfil depende la recepción que puedan tener las tripulaciones. Su idoneidad está compuesta tanto por su afectividad y capacidad de desarrollar buenas relaciones y afinidad con las tripulaciones, como por su experiencia y conocimiento en los POE. El equipo de observadores debe contar con un programa de entrenamiento y estandarización que permita la uniformidad en los informes presentados.

- *Pilotos Tripulantes.*

Su participación se basa en la aceptación de la observación y la confianza en el sistema. Todos los pilotos de la organización deben recibir el entrenamiento para conocer el objeto de las revisiones y sentir la tranquilidad de que no se tomarán acciones correctivas individuales sino en el sistema como tal.

- *Analista de los datos y preparador de informes.*

El cargo planteado cumple la función de recopilar el análisis de las observaciones y preparar la síntesis de las mismas para ser tratadas por el comité de seguridad operacional.



La aerolínea Avianca, considera en su manual de monitoreo de las operaciones de vuelo FOM, *Flight Operations Monitoring*, por sus siglas en inglés; la integración de los métodos de análisis de datos y de observaciones en un comité mensual. Esta integración permite identificar los hallazgos, emitir las acciones y recomendaciones al sistema y principalmente a la vicepresidencia de operaciones (Avianca, 2009).

68 A continuación, se describe el flujo de la información en el programa LOSA:

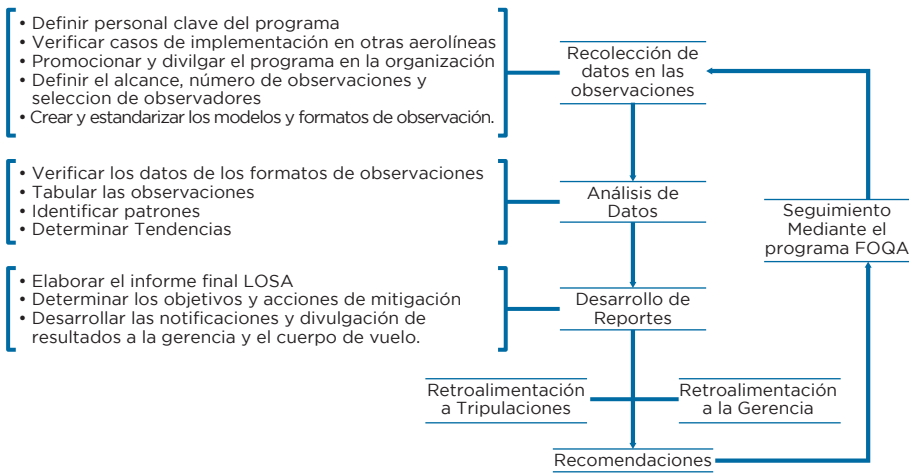


Figura 3. Flujograma de información LOSA. Fuente: Elaboración propia.



© MY. Camilo Andrés Grisales Palacio. © SATENA



# Tratamiento de la información en los programas FOQA y LOSA

La clave para el éxito del FOQA/LOSA en SATENA son las disposiciones específicas de protección y/o reserva de la información, que proteja tanto a SATENA como a sus colaboradores de acciones punitivas que puedan generarse como resultado de los hechos reportados en los informes de seguridad operacional. La autoridad aeronáutica o autoridades gubernamentales de índole civil o militar, de carácter penal, disciplinario o administrativo, son quienes podrían sancionar a las empresas de aviación con base en el análisis de la información obtenida por el programa.

Al establecer estas disposiciones de protección de la información, SATENA ha tomado los siguientes cursos de acción:

La empresa ha establecido la Política de Seguridad Operacional aprobada por el ejecutivo responsable de la compañía; en ésta se ha determinado que los reportes voluntarios de errores no serán nunca usados con fines punitivos o disciplinarios. Esto hace referencia también a los reportes e información generados por el programa FOQA/LOSA de SATENA.

El programa FOQA/LOSA de SATENA contempla los procedimientos para compartir la información de las tendencias y eventos de seguridad operacional detectados a partir del análisis de datos sin ser identificados los actores de los mismos. Asimismo se establece el procedimiento de socialización de la información internamente y con las partes externas interesadas como la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, la Inspección General de la Fuerza Aérea Colombiana y otros entes afines, a quienes la información les permitirá emitir recomendaciones de seguridad con fines preventivos a la industria aeronáutica en general.

SATENA garantiza la confidencialidad de la información que pueda identificar un sujeto en un reporte voluntario, sin importar si el mismo fue o no reportado de manera anónima o identificada.

De igual manera, se garantiza que las publicaciones, alertas, boletines, informes o cualquier otro medio de divulgación de la información obtenida con fines preventivos, nunca brindará datos que permitan la identificación de quienes pudieron estar involucrados en un evento no deseado de seguridad operacional.



# Disposiciones para la protección de la información obtenida en los procesos de seguridad operacional

---

Para la protección de la información de los procesos proactivos y predictivos, se debe garantizar que se cumplan por lo menos los siguientes aspectos:

- Anonimato en la información divulgada, omitiendo la identidad de cualquier sujeto que pudiera estar involucrado en un evento no deseado de seguridad operacional.
- Acceso y control a los datos confidenciales.
- Protección a las instalaciones y documentos físicos y virtuales que contienen la información.

Es importante destacar que no toda la información obtenida de los programas es de carácter confidencial. Según el RAC 22, cuando en un evento se detecta que la persona obra con la intención de causar daño, o con el conocimiento de la posibilidad de que éste se origine, se obre con conductas temerarias, de negligencia grave o actos dolosos; se actuará bajo principios de excepción de la ley para desarrollar las investigaciones legales pertinentes.



# Cultura justa

La confiabilidad humana, entre los tres tipos de confiabilidad (de procesos, humana y técnica), es la más compleja de todas pues involucra al ser humano interactuando con su entorno y consigo mismo.

La distinción y clasificación que se hace entre los errores y las violaciones es una de las acciones de seguridad operacional más complejas e importantes para garantizar una cultura justa en seguridad. Una decisión no acertada en cuanto al juzgamiento de una persona involucrada en un evento puede quebrantar la confianza de toda la organización en el sistema de seguridad.

Según Dekker (2012), debe existir una categorización entre los comportamientos de las personas y un análisis de las acciones o inacciones que se desarrollan. La evaluación objetiva de los sucesos permite la creación de una cultura justa.

A continuación se presenta el modelo adoptado por SATENA para la diferenciación entre los errores y las violaciones que las personas cometen. Este modelo es una aproximación más objetiva hacia la verdad y la naturaleza de las decisiones de las personas. Sin embargo, requiere de una decisión multidisciplinaria efectuada por un grupo de personas con conocimientos amplios en el entorno organizacional para determinar la ruta de la responsabilidad de las acciones.

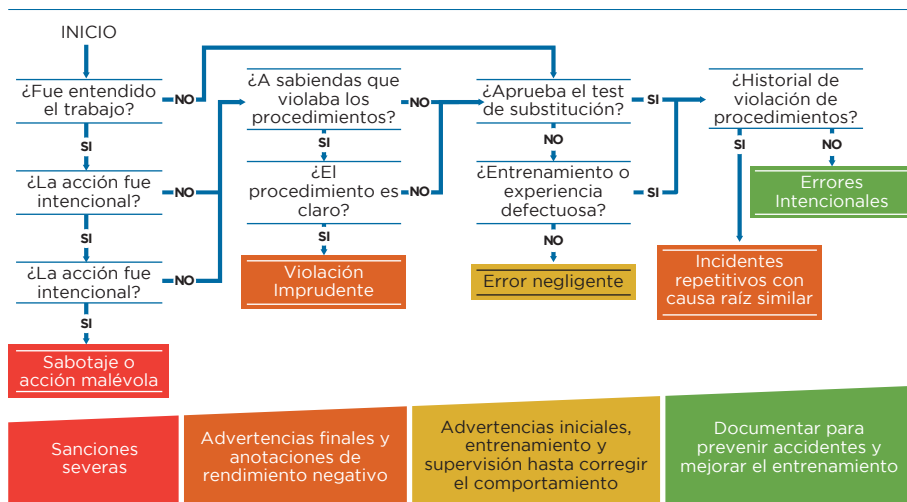


Figura 4. Programa de Cultura Justa SATENA. Fuente: Programa de Cultura Justa SATENA .



# Resultados

---

72

El análisis de la información de las herramientas proactivas y predictivas permitió identificar los beneficios de los programas FOQA y LOSA, sus diferencias en el acercamiento hacia la gestión del riesgo y la complementariedad de los mismos para alcanzar los niveles deseables de seguridad operacional.

## Beneficios del programa FOQA

El monitoreo y medición en tiempo real de la condición de la aeronavegabilidad de las aeronaves es el primer beneficio que puede obtenerse del sistema. Al analizar las estadísticas entre los años 2002 a 2011, se encontró que el 38% de los accidentes aéreos fatales tuvieron como factor causal por lo menos un problema de aeronavegabilidad, generalmente malfuncionamiento del sistema de propulsión (United Kingdom Civil Aviation Authority, 2013b). Las condiciones de degradación técnica de algunos componentes como los motores pueden ser detectadas por los sistemas de adquisición de datos de manera temprana para evitar llegar a la falla o malfuncionamiento del mismo.

Según el reporte del año 2013 realizado por la *International Air Transport Association- IATA* (2014), las estadísticas de accidentalidad entre el año 2009 al 2013 mantienen como predominantes los accidentes en las fases de aproximación y aterrizaje. Del total de accidentes fatales registrados en este lapso de tiempo, el 38% fueron durante la fase de aterrizaje, de ellos el 56% fueron vuelo controlado hacia el terreno (*Controlled Flight Into Terrain, CFIT*, por su sigla en inglés) y el 63% involucraron desviaciones verticales, laterales o de velocidad por parte de las tripulaciones.

El programa FOQA permite identificar las desviaciones anteriormente nombradas en las cuales no se materializó el riesgo inducido por la tripulación, permitiendo una reducción considerable en la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

Otros de los beneficios que trae el FOQA a las organizaciones aeronáuticas son:

- Monitoreo de los sistemas de vuelo y vigilancia a la aeronavegabilidad continuada de la aeronave.
- Control del consumo de combustible.
- Optimización de los programas de entrenamiento de las tripulaciones con base en las falencias detectadas por el programa.
- Evaluación de riesgos operacionales en la gestión del cambio y la aparición de nuevas operaciones.
- Análisis de presiones operacionales en las tripulaciones (Jesse, 2007).



## Beneficios del LOSA

El LOSA brinda información única que otros programas de acción de seguridad no pueden captar tales como: el FOQA o el sistema de reportes voluntarios y obligatorios. También permite:

- Identificar amenazas en el entorno operacional.
- Identificar amenazas internas de la aerolínea.
- Evaluar la pertinencia y concordancia de los programas de entrenamiento con la línea de vuelo.
- Verificar la calidad y aplicabilidad de los POE.
- Identificar problemas de diseño en la interface entre el humano y la máquina.
- Comprender los atajos y soluciones de los pilotos para economizar tiempo y ser más eficientes.
- Evaluar los márgenes de seguridad.

73

## Diferencias entre el FOQA y el LOSA

Los programas relacionados en este artículo son diferentes en su desarrollo; sin embargo, son complementarios entre sí, generan un esquema más robusto de identificación de peligros y evaluación, y mitigación de riesgos, que si se trataran por separado (ver Tabla 1).

El FOQA en síntesis se nutre de la identificación de anomalías en los vuelos con base en los procedimientos de operación estándar y límites. Por su parte, el LOSA comienza del análisis de un vuelo rutinario y de la normalidad de las operaciones. En su mayoría, detectará vuelos bien administrados por la tripulación que llegaron a feliz término. La información del LOSA captura aquellas acciones de administración del vuelo efectuadas por la tripulación, su interacción con la máquina, el entorno, el ambiente y las eventualidades del vuelo.

Los datos del programa FOQA brindan una perspectiva cuantitativa enfocada a la aeronave; su análisis individual deja vacíos y presenta limitaciones pues depende de la precisión de la información. Esta última, en ocasiones, se ve limitada por las brechas que los parámetros de los sistemas o grabadores de datos dejan e incluso los mismos equipos de análisis en tierra.

La información del programa LOSA provee una perspectiva neutral en la que los observadores se limitan a dimensionar la actuación de los pilotos en la cabina, frente a los desafíos rutinarios o extraordinarios del vuelo.

El FOQA es un programa continuo de análisis, sus indicadores de gestión y eficacia se alinean con la cantidad de vuelos analizados sobre el total de vuelos realizados por la organización y sus metas pretenden reducir cada vez más el número de vuelos no



observados. Por su parte, el LOSA es un programa continuado que requiere personal especializado para efectuar las observaciones, las cuales, solo se realizarán en un período corto y se repetirán en tiempos no inferiores a uno o dos años.

El programa FOQA requiere de la utilización de tecnología y su continua actualización, por su parte, el LOSA requiere principalmente de capacitación y estandarización al grupo de trabajo, lo que resulta más económico. Sin embargo, el proceso demanda mayor dedicación de horas hombre que el FOQA y un personal con mayor calificación.

74

**Tabla 1.** Diferencias entre los programas FOQA y LOSA.

FOQA	LOSA
Obligatorio A/C TOW > 27.000 kg OACI, 2013	Voluntario
Continuo	Continuado
Perspectiva de la aeronave	Enfoque en el humano y la máquina con análisis terciario
SOP's Detección de eventos, excedencias, desviaciones	TEM (Errores, Amenazas y Estados no deseados) CRM. Administración del Vuelo
No detecta falencias en las comunicaciones	Requiere de las experiencias de los programas SRV y FOQA
Basado en monitoreo de datos	Basado en observaciones directas
Más costoso	Más dispendioso

**Fuente:** Elaboración propia.

## FOQA y LOSA como métodos complementarios

Los procesos proactivo/ predictivos de gestión de riesgos brindan un mayor criterio a los gerentes de seguridad operacional para la toma de decisiones. El monitoreo del impacto en las acciones de mitigación que puede realizarse a través de los programas nombrados, brinda una fortaleza única a las organizaciones aeronáuticas para integrarse y proyectar la aviación con sus nuevos desafíos, entablando modelos predictivos de análisis para determinar la aparición de peligros y su control en el presente.

El programa FOQA arroja información que permite planear y dar énfasis a las observaciones LOSA, entregando en cada fase de vuelo, los puntos críticos donde se requiere conocer el comportamiento humano que lleva a la aparición de desviaciones o excedencias. Por su parte, los hallazgos del programa LOSA







© MY. Camilo Andrés Grisales Palacio, © SATENA

75

y las recomendaciones que éste realiza, se monitorean a través del análisis de datos FOQA, permitiendo medir el impacto y repercusiones de las acciones de mitigación sugeridas por el LOSA.

De acuerdo a lo planteado por *Transport Canada* (2004) se encontró que la gestión de riesgos básica debe incluir la escala de medición de la probabilidad, la exposición y la severidad de los peligros. Sin embargo, para que el riesgo pueda proyectarse al futuro y generar predicción, no basta con evaluar la escala citada. Debe tenerse en cuenta otros factores como los análisis de posibles modos y efectos de los peligros y la factibilidad de las acciones de mitigación de los mismos (Boeing, SF, citado por Equipo de Seguridad Operacional de Pista (RST) de Quito, 2013).

El monitoreo y la medición del rendimiento de los programas proactivos de seguridad es requerido por la OACI para la gestión del SMS. Dentro de los indicadores de seguridad operacional, aquellos que miden la gestión y evaluación de los procesos predictivos son considerados indicadores de bajo impacto (*Safety Management International Collaboration Group* (SM ICG), 2013).

En el momento en el cual las herramientas FOQA y LOSA se transformen en procesos predictivos, los indicadores de rendimiento se convertirán en indicadores de alto impacto; ya que permitirán ejecutar en el presente recomendaciones para mitigar los riesgos que en el futuro aparecerán en la operación.

Actualmente, las organizaciones aeronáuticas en Colombia son en general, resistentes a generar acciones de mitigación sobre lo que no ha sucedido, porque existe una cultura reactiva de seguridad y no hay un enfoque preventivo y de minería de información en el futuro. Las actuaciones de las organizaciones se basan en los aprendizajes del pasado y las reflexiones del día a día.

Para la *Marine Corps Gazette* (2014), los procesos proactivos deben enlazarse con programas como el CRM y el *Maintenance Resource Management*, MRM, por sus siglas en inglés. En el año 2000, el personal técnico y de servicio en tierra a las aeronaves, fue responsable del 44% de los incidentes clase C (costos entre US. \$10.000 y \$200.000 y lesiones con incapacidades menores a 5 días de trabajo). Los costos para ese año fueron de US \$4.3 millones de dólares como resultado de los daños a las aeronaves de los *Marine Corps*.

Los accidentes o incidentes citados anteriormente, pudieron evitarse a través de la observación mediante el uso de técnicas basadas en el MRM y el TEM, eliminando los sobrecostos de mantenimiento generados por las desviaciones humanas.



# Conclusiones

---

A partir de los resultados obtenidos del análisis de la información, se elaboran las siguientes conclusiones:

76

No existen canales de comunicación asertivos en la industria para compartir la información de seguridad operacional entre los explotadores y las autoridades aeronáuticas. En ese sentido, las autoridades aeronáuticas tanto civiles como de aviación de Estado deben generar los lineamientos para la elaboración de las herramientas predictivas desde sus formas de ejecución hasta la manera de compartir la información con la autoridad y la industria en general, en un marco de seguridad operacional.

La evolución de la medición de los riesgos pasados y presentes, a la búsqueda e identificación de riesgos potenciales futuros es difícil de cuantificar. Sin embargo, la ejecución formal y rigurosa de los procesos proactivos y reactivos junto con la utilización de herramientas de análisis de causalidad pueden ayudar a capturar los precursores de menor nivel que se encuentran latentes e inician la cadena de errores o vacíos que finalizan en el accidente organizacional.

Una aproximación numérica a la probabilidad de ocurrencia de una falla puede desarrollarse de tal manera que cada evento de seguridad sea sometido a un árbol de decisiones que arroje estudios similares al desarrollado por Nolan y Heap (1978, citado por Asset Insights, s.f.). En ese sentido, es necesario realizar nuevos estudios que definan los comportamientos esperados de cada evento en el tiempo y su relación con la confiabilidad humana y la cultura organizacional.

Es importante considerar que para la OACI los procesos FOQA y LOSA son herramientas predictivas. Sin embargo, en el concepto del autor de este artículo de revisión, son herramientas proactivas más que predictivas de análisis. No obstante, pueden llegar a ser predictivas en el tiempo aplicando los modelos y matrices de probabilidad, severidad y exposición, junto con el árbol de decisiones y los modelos esperados de comportamiento de los riesgos. Este avance permitirá la desaparición de los eventos repetitivos y crónicos que actualmente reflejan los índices de accidentalidad aérea en el mundo. Por otro lado, podrán convertirse los hallazgos de los programas predictivos en la base para la generación de nuevas tecnologías y sistemas de automatización que apoyen a las tripulaciones en la toma de decisiones en la cabina (Burnham, 2009).

En el mantenimiento aeronáutico se puede tener un claro ejemplo de eficiencia predictiva, el desarrollo de los modelos *Maintenance Steering Group*, MSG, por sus siglas en inglés, en su primera, segunda y tercera generación, han permitido desarrollar los cálculos de tiempos de vida de los componentes de las aeronaves, modos de falla, probabilidad de ocurrencia, severidad, riesgo residual y con ello realizar los servicios técnicos y reemplazo de piezas justo antes de que fallen. La visión de la seguridad operacional, es ser una herramienta para la organización que analiza el comportamiento de todos sus actores en el día a día en el pasado, presente y futuro para evitar la materialización del riesgo y mantener la industria en un nivel aceptable de seguridad operacional.



Los programas de observación directa deben enfocarse en el perfil de vuelo, a las fases de aproximación y aterrizaje, pues es allí, donde las tripulaciones son más vulnerables a cometer errores y a desviarse de los procedimientos.

Para el caso de SATENA, el último accidente aéreo que sufrió la compañía en el 2010, arrojó como resultado una aproximación desestabilizada. Este factor no es ajeno ni diferente al estándar nacional de accidentalidad evidenciado en los últimos eventos ocurridos en la aviación comercial. Por ello, los procesos proactivos deben priorizar la búsqueda de accidentes potenciales en dichas fases del vuelo.

SATENA, con la implementación de los programas FOQA y LOSA cumple los requisitos exigidos por la Aerocivil para la implementación del SMS, completando así los métodos de análisis reactivos recomendados por la OACI.

Una vez puestas en funcionamiento las herramientas citadas, SATENA ha podido conocer debilidades y amenazas en la operación diaria que anteriormente no eran visibles a la organización pues no existían formas de identificarla, medirla y evaluarla.

Asimismo, las organizaciones afines a SATENA como la Fuerza Aérea Colombiana, pueden utilizar los modelos adoptados por esta empresa para desarrollar sus procesos de análisis de datos y de observación directa.

Es de resaltar que los procesos predictivos no son suplementarios de los reactivos y proactivos, por el contrario, son el complemento de los mismos y alimentan de igual forma los panoramas de riesgos.

Durante los primeros meses de ejecución de los programas se ha identificado que generan en las tripulaciones la percepción de sentirse vigilados, SATENA para proteger a sus tripulantes, generó el procedimiento de disposición de protección de la información, pese a lo anterior, al sentirse vigilados, los tripulantes han incrementado la cantidad de reportes y así la organización ha logrado conocer peligros que ni los mismos procesos de FOQA y LOSA le entregan a la administración.

Finalmente, las herramientas predictivas son entonces el nivel deseable de la seguridad operacional, su funcionamiento permite maximizar las utilidades y el cumplimiento de la misión preservando los recursos de la misma.

# Referencias

78

- Administration, Federal Aviation. (25 de agosto, 2011). *Destination 2025*. Recuperado el 19 de agosto de 2014, de [https://www.faa.gov/about/plans\\_reports/media/Destination2025.pdf](https://www.faa.gov/about/plans_reports/media/Destination2025.pdf)
- Aerobytes. (29 de mayo, 2014). *Aerobytes*. Recuperado el 19 de agosto de 2014 de <http://www.aerobytes.co.uk/>
- Aerobytes Ltda. (n.d). *Aerobytes*. Recuperado el 10 de junio de 2014, de FDM: [http://www.aerobytes.co.uk/aerobytes\\_fdm.htm](http://www.aerobytes.co.uk/aerobytes_fdm.htm)
- Aeronautical Research Council. (Febrero, 1971). *Civil Airworthiness Air Data Recording Programme (CAADRP)*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de National Advisory Committee for Aeronautics: <http://naca.central.cranfield.ac.uk/reports/arc/cp/1181.pdf>
- Aeronautical Research Council. (Febrero, 1971). *National Advisory Committee for Aeronautics*. Recuperado el 15 de junio de 2014, de Civil Airworthiness Air Data Recording Programme (CAADRP): <http://naca.central.cranfield.ac.uk/reports/arc/cp/1181.pdf>
- Agencia Estatal de Seguridad Aérea. (2013). *Material Guía FDM - Control de Datos de Vuelo* (Primera ed.). España: AESA.
- Australian Government Civil Aviation Safety Authority. (2011). *Guidance on the establishment of a Flight Data Analysis Program (FDAP) - Safety Management Systems (SMS)*. Sydney: CASA.
- Avianca. (2009). *DP-OP807 Flight Operations Monitoring*. Bogotá: Avianca.
- Dekker, S. (2012). *Just Culture - Balancing Safety and Accountability* (Second ed.). Hampshire, England: Ashgate.
- Department of Transportation Federal Aviation Administration. (2003). *Designation of Flight Operational Quality Assurance (FOQA) information as protected from public disclosure under 14 CFR Part 193*.
- Equipo de Seguridad Operacional de Pista (RST) de Quito. (5 de septiembre, 2013). *Organización de Aviación Civil Internacional*. Recuperado el 23 de septiembre de 2014, de Dirección General de Aviación Civil Ecuatoriana: [http://www.icao.int/SAM/Lists/ArchivedDocuments/DispForm.aspx?ID=283&RootFolder=\\*](http://www.icao.int/SAM/Lists/ArchivedDocuments/DispForm.aspx?ID=283&RootFolder=*)
- Federal Aviation Administration. (2004). *AC 120-82 Flight Operational Quality Assurance*. United States of America: FAA.
- Federal Aviation Administration. (2006). *Line Operations Safety Audit*. United States of America: FAA.
- Federal Aviation Administration. (2009). *FAA-H-8083-2 Risk Management Handbook*. Recuperado el 28 de mayo de 2014, de <http://www.everyspec.com>
- Flight Data Services Ltd. (2014). *Flight Data Services*. Recuperado el 28 de mayo de 2014, de <http://www.flightdataservices.com/fdm-foqa-guide/fdm-foqa-checklist/>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2010). *Manual de Gestión en Seguridad Operacional Fuerza Aérea Colombiana* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: FAC.



- Heinrich, D. (17 de octubre, 2007). *Threat and Error Management for Business Aviation*. Flight Safety Foundation CAC Workshop , Estados Unidos.
- International Air Transport Association. (4 de marzo, 2013). *Global Aviation Data Management (Flight Data Exchange- FDX)*. (G. Tan, Ed.) Recuperado el 27 de mayo de 2014, de <http://www.iata.org/services/statistics/gadm/Pages/ndx.aspx>
- International Air Transport Association. (2014). *Safety Report 2013*. Montreal: IATA.
- Jesse, C. (2007). FOQA/ FDM in Times of Change- Case Studies. En I. o. Research (Ed.), *19th European Aviation Safety Seminar* (págs. 1-23). Amsterdam: University of Portsmouth.
- Johnson, W. (Febrero, 2012). SMS jargon and collecting predictive data. *Airport Business*, 26, 28-30. Recuperado el 28 de agosto de 2014 de HYPERLINK “<http://search.proquest.com/docview/1506927784?accountid=143348>” <http://search.proquest.com/docview/1506927784?accountid=143348>
- Lacagnina, M. (Agosto, 2007). *C-FOQA takes root*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de Flight Safety Foundation: [http://www.flightsafety.org/asw/aug07/asw\\_aug07\\_p11-15.pdf?dl=1](http://www.flightsafety.org/asw/aug07/asw_aug07_p11-15.pdf?dl=1)
- Maurino, D. (2005). Threat and Error Management (TEM). *Canadian Aviation Safety Seminar (CASS)*, (pp. 1-7). Vancouver, BC.
- McKeel, G. J. (Marzo, 2014). Proactive aviation safety. *Marine Corps Gazette*, 98(3), 81-83. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014 de HYPERLINK “<http://search.proquest.com/docview/1506927784?accountid=143348>” <http://search.proquest.com/docview/1506927784?accountid=143348>.
- Merritt, A., y Klinec, J. (12 de diciembre, 2006). *Skybrary*. Recuperado el 10 de Junio de 2014, de <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1982.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2002). *Doc. 9803 Line Operations Safety Audit (LOSA)* (Primera ed.). OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional . (06 de mayo, 2009). *OACI SMS MO6 - Reglamentación 09 (R13) (S) [diapositiva de Power Point]*.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2013b). *Doc. 9859 Manual de Gestión de la Seguridad Operacional* (Tercera ed.). OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (Julio, 2013). *Anexo 19 Gestión de la Seguridad Operacional* (Primera Edición ed.). OACI.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española (DRAE)*, 22a. Recuperado el 9 de septiembre de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=auditoria>
- Safety Management International Collaboration Group (SM ICG). (2013). *Measuring Safety Performance Guidelines for Service Providers*. SM ICG. SM ICG.
- Servicio Aéreo a Territorios Nacionales SATENA. (2014). *Manual de Gestión de Seguridad Operacional* (Primera ed.). Bogotá, Cundinamarca, Colombia: SATENA.
- The Boeing Company. (1995). *Maintenance Error Decision Aid MEDA*. Recuperado el 22 de septiembre de 2014, de Boeing: [http://www.atec.or.jp/SMS\\_WS\\_Boeing\\_MEDA%20Users%20Guide.pdf](http://www.atec.or.jp/SMS_WS_Boeing_MEDA%20Users%20Guide.pdf)
- Transport Canada. (2004). *Risk Management & Decision Making in Civil Aviation* (Cuarta ed.). Transport Canada.



- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2010). *Normas Generales de Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS)* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: UAEAC.
- 80 Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2011). *Circular Informativa -Programa de Análisis de Datos de Vuelo*. Bogotá: UAEAC.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2011). *Gestión de la Seguridad Operacional en la Aviación Civil Colombiana*. Bogotá: UAEAC.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (14 de marzo, 2014). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia- RAC IV*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de Normas de Aeronavegabilidad y Operación de Aeronaves: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rrglamen-tacion/RAC/Paginas/Inicio.aspx>
- Unión Europea. (5 de octubre, 2012). *Access to European Union Law*. Recuperado el 27 de Agosto de 2014, de Reglamento (UE) No 965/2012 de la Comisión del 5 de octubre de 2012 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimien-  
tos administrativos en relación con las operaciones aéreas en virtud del Reglamento (CE) no 216/2008 : [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2012.296.01.0001.01.SPA](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2012.296.01.0001.01.SPA)
- United Kingdom Civil Aviation Authority. (18 de marzo, 2011). *CAP 382 The Mandatory Occurrence Reporting Scheme*. Recuperado el 8 de julio de 2014, de Information and Guidance- Safety Regulation Group: [www.caa.co.uk/docs/33/cap382.pdf](http://www.caa.co.uk/docs/33/cap382.pdf)
- United Kingdom Civil Aviation Authority. (2013). *Global Fatal Accident Review 2002 to 2011*. CAA Safety Regulation Group.
- United Kingdom Civil Aviation Authority. (Junio, 2013a). CAA UK. En U. CAA, *CAP 739 Flight Data Monitoring* (Segunda ed., pp. 191). United Kingdom: Civil Aviation Authority 2013. Recuperado el 02 de septiembre de 2014, de <http://www.caa.co.uk/docs/33/cap739.pdf>
- United Kingdom Civil Aviation Authority. (2013b). *Global Fatal Accident Review 2002 to 2011*. CAA Safety Regulation Group.

### Para citar este artículo:

Tamayo, D. (2015). Herramientas proactivas y predictivas en la gestión de riesgos operacionales en SATENA. En Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia - compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Cap. 1. Estudios sobre procesos de selección y herramientas para la gestión de riesgos, pp. 46-80. Colección Ciencia y Poder Aéreo No.9. Bogotá, D.C., Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.



# Capítulo 2.

## Estudios sobre ergonomía en el diseño de cabinas y operaciones de búsqueda y salvamento

---

**Influencia de los factores humanos y la ergonomía en el diseño de cabinas de aviación.**

Iván Fernando Rodríguez Pineda

**Operaciones de Búsqueda y Salvamento (SAR) seguras y efectivas en Colombia.**

Juan José López Duque





**Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.**

Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia.

Capítulo 2. Estudios sobre ergonomía en el diseño de cabinas y operaciones de búsqueda y salvamento.

Artículo 1. Influencia de los factores humanos y la ergonomía en el diseño de cabinas de aviación.

Pp. 82-109

**ISBN: 978-958-99406-6-2**

Bogotá- Colombia (Suramérica).

Noviembre, 2015.

**Artículo de revisión**

Director de investigación: CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez

Asesora metodológica: Alicia Almeida, PhD (c)

Línea de investigación: Factores Humanos - Grupo CIPAER / Seguridad Aérea – Inspección General de la Fuerza Aérea (IGEFA)

Evaluación interna: 06/11/14

Evaluación externa: 31/08/15

# Influencia de los factores humanos y la ergonomía en el diseño de cabinas de AVIACIÓN<sup>1</sup>

**Influence between Human Factors and Ergonomics for Aviation Cockpit Design**

Autor: Iván Fernando Rodríguez Pineda<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Artículo de revisión, desarrollado como trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

<sup>2</sup> Oficial de grado Capitán de la Fuerza Aérea Colombiana. Ingeniero Mecánico de la Escuela Militar de Aviación. Especialista en Logística Aeronáutica del Instituto Militar Aeronáutico, actualmente Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Magíster en Certificación de Aeronaves y Ensayos en Vuelo de la Universidad Politécnica de Madrid - España. Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: [ivanfernandorodriguez@gmail.com](mailto:ivanfernandorodriguez@gmail.com)



# Resumen

---

El presente artículo de revisión tiene como propósito establecer la influencia que existe entre los factores humanos y la ergonomía para el diseño de cabinas de aviación; y cuáles son los riesgos a los que se ven sometidos los pilotos que afectan la Seguridad Operacional. En este escrito, se realizó una revisión documental descriptiva para construir el estado del arte sobre ergonomía, factores humanos y comportamiento humano.

Desde el punto de vista metodológico, inicialmente se recopiló la información alusiva al tema de investigación contenida en libros, circulares, papers, artículos científicos y en la normatividad vigente establecida por las autoridades aeronáuticas internacionales.

Seguidamente, se analizó la información sobre las limitaciones tanto físicas como psicológicas del ser humano (memoria, atención, visión, audición, entre otras) para acoplarse a los diversos diseños de cabina.

Posteriormente, se estudió la relación existente entre los factores humanos y la ergonomía en aviación, así como la influencia de dicha relación en el diseño de cabinas de aeronaves.

Finalmente, los resultados permiten concluir que los estudios de factores humanos y la ergonomía han sido importantes para el avance del diseño de cabinas de aviación, y para la reducción de los riesgos a los que se puede ver sometida una tripulación. A su vez, evidencian la necesidad de implementar en la FAC procedimientos para realizar estudios antropométricos en los procesos de adquisición de nuevas aeronaves y efectuar el análisis de cabina durante los procesos de modificación y modernización de cabina que realiza de forma interna o externa, con el fin de no generar una disminución de los niveles de seguridad de vuelo.

**Palabras clave:** cabina, ergonomía, factores humanos, interfaz hombre-máquina.



# Abstract

---

This review article was aimed at establishing the influence between human factors and ergonomics for aviation cockpit design; and what are the risks to which they are subjected affecting pilots safety. In this paper shows a descriptive documental revision to build the art state about ergonomics, human factors and human behavior.

From the methodological view, initially the author compiled the information of the investigation theme in the books, technical documents, papers, scientific articles and the upgrade normativity established by international aeronautics authorities.

After that, the author analyzed the information about the limitations physicals as psychological of the humans (memory, attention, vision, audition, and others) to join to the different cabin designs.

Subsequently, the author studied the relation between the human factors and aviation ergonomic, as the influence of that relation in the aircrafts cabins design.

Finally, the results permit to conclude that the human factors and ergonomics have been very important to the advance of the design of that aircrafts cabins and the reduction of the hazards to be submitted for the crewmembers. Once, the author shows the necessity to implement in the FAC the procedures to make anthropometric studies in the process of acquirement of new aircrafts and make the cabin analysis during the process of modification and upgrading to make internal and external way, with the purpose that the security levels of flight don't be reduced.

**Key Words:** Cockpit, Ergonomics, Human Factors, Human-Machine Interface.



# Introducción

---

86

De acuerdo con la FAA (1990), sigla que corresponde a su nombre en inglés *Federal Aviation Administration* que traduce Autoridad de Aviación de los Estados Unidos de América, dos tercios de todos los accidentes de aeronaves son atribuidos al error del piloto o error humano.

No obstante, algunas investigaciones muestran que los accidentes pueden estar influenciados por una inadecuada ergonomía de cabina. Este último aspecto señalado constituye desde la Segunda Guerra Mundial un problema a resolver para los diseñadores de cabina en la interfaz del hombre y la máquina. En el transcurso del tiempo, la aviación presentó innumerables avances tecnológicos que dieron lugar a la aparición de nuevas aeronaves, las cuales no solamente demandaban mayor esfuerzo muscular de sus operadores, sino un mejor desempeño relacionado con las capacidades sensoriales, perceptivas, de juicio y criterios para tomar decisiones sin afectar la seguridad de vuelo.

A nivel mundial, es posible encontrar un número amplio de documentos sobre los temas de ergonomía y factores humanos en aviación. Sin embargo, en Colombia, particularmente en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), no existe información que permita documentarse sobre la relación de estos dos elementos. Actualmente sólo hay un estudio de antropometría de las aeronaves de instrucción primaria, el cual está enfocado a determinar las medidas corporales mínimas y máximas del personal de pilotos de la FAC en estos equipos. En este sentido, se evidencia en el país y en la institución la necesidad de obtener información actualizada y precisa que permita comprender la influencia de los factores humanos en el diseño de cabinas de aviación y su impacto en la seguridad operacional, con el fin de determinar los posibles factores de riesgos ergonómicos a los que se pueden ver expuestos los tripulantes de la FAC y dar como resultado un incidente o accidente aéreo.



# Método

---

El desarrollo de este artículo se enmarca en una de revisión documental, un enfoque de tipo cualitativo. De acuerdo con Martínez (2010) el objetivo dentro de esta clase de investigación, es establecer relaciones con las cuales se pueda describir el fenómeno o tema a estudiar, de manera objetiva, sin que intervengan juicios de valor, ni creencias por parte del investigador. Teniendo en cuenta lo anterior se realizó una revisión bibliográfica que asegure la confiabilidad de los datos (Tamayo, 2006) mediante la consulta de libros, revistas de carácter científico, papers especializados, artículos de revisión y normativa relacionada con la influencia de los factores humanos y de la ergonomía en el diseño de cabinas de aviación. Asimismo, según Almeida y Jaimes (2011) permite validar la veracidad y aplicación de la información recolectada para obtener los resultados esperados.

87

Para este trabajo de revisión documental se recopiló la información alusiva al tema de investigación contenida en bases de datos y documentos académicos en formato digital. Sumado a la consulta libros, circulares, papers, artículos científicos y la normatividad vigente establecida por las autoridades aeronáuticas internacionales. La información más relevante analizada se centró en estudios sobre los factores humanos y la ergonomía; y en información relacionada con las limitaciones físicas y psicológicas del ser humano para acoplarse a los diversos diseños de cabina (memoria, atención, percepción, entre otros).

# Fundamentos, historia y definiciones

---

Para abordar el tema de la influencia de los factores humanos en el diseño de cabinas de aviación, es importante empezar con la definición de algunos términos que ayudarán a poner en contexto las diferentes aproximaciones y su evolución a través de tiempo. La primera definición de la palabra ergonomía, es la que se encuentra en el documento de la *Civil Aviation Authority* - CAA (1996) donde se menciona la etimología de la misma, la cual deriva de las palabras griegas (ἐργον) “ergos”, que significa trabajo, y (νόμος) “nomos”, leyes; por lo que literalmente significa “leyes del trabajo”. En otras palabras, la ergonomía se puede definir como el estudio de la eficiencia de las personas en su ambiente de trabajo, si bien en algunos lugares ésta es usada para referirse a los estudios que permiten diseñar sistemas de interfaz hombre-máquina.



Wogalter et. al (1998) definen la ergonomía como una disciplina encargada de estudiar las relaciones entre el ser humano y todo lo relacionado con su trabajo como lo son: las interacciones con un entorno laboral, el cual se haya definido ampliamente y se incluyen máquinas, herramientas, medio ambiente y carga de trabajo. La *International Ergonomics Asociation* -IEA (2014) define a la ergonomía como la disciplina científica que trata de entender las interacciones entre los seres humanos con otros elementos del sistema; el ergónomo es el profesional que aplica teorías, principios, datos y métodos para diseñar puestos de trabajos con el fin de optimizar el bienestar humano y su productividad.

El concepto de ergonomía está bastante relacionado con el término de factores humanos, tanto así que algunos autores los utilizan como sinónimos. Lo cual si bien no es totalmente válido, ya que no tienen el mismo significado, deja entrever que existe una correlación estrecha entre estos dos términos. De acuerdo con la FAA (2013) los factores humanos hacen referencia a todos los componentes que definen las capacidades y limitaciones inherentes al ser humano para desempeñarse en su ambiente laboral. En este sentido, es necesario relacionar el concepto factores humanos con todos los aspectos que le permiten a un ser humano interrelacionarse con su entorno, tales como: el software, los sistemas, el medio ambiente, los procedimientos y el equipamiento, entre otros. De igual forma, la *National Aeronautics and Space Administration* - NASA (2010) define los factores humanos como un área de investigación para la prevención de accidentes que incluye la actuación humana, el diseño de tecnología y la interacción hombre-máquina.

El desarrollo de la ergonomía ha estado íntimamente relacionado con la evolución de la humanidad; los ergónomos Rusos V. Zinchenko y V. Munipov, citados por García (2002) establecieron que los primeros vestigios de Ergonomía se generaron desde las épocas prehistóricas en las cuales el ser humano comenzó a construir sus herramientas útiles, con base en sus características biofísicas para facilitar su uso en las distintas labores realizadas. Sin embargo, esta afirmación puede ser un poco osada, ya que estas adaptaciones no obedecieron a un método riguroso de estudio acerca de las características del objeto y las limitaciones del ser humano, sino que se basaban en el rudimentario método de ensayo y error para satisfacer su necesidad de subsistencia. La primera definición de ergonomía de acuerdo con Stüdeli (2008) fue propuesta en 1857 por el profesor polaco de Ciencias Naturales Wojciech Jastrzebowski en su publicación *Ensayos de Ergonomía* donde la definió como ciencia del trabajo.

Es difícil determinar una fecha exacta acerca de cuándo nació la necesidad de estudiar las condiciones humanas en el trabajo. Sin embargo, se puede ubicar el inicio, de lo que hoy se conoce como ergonomía, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, durante la revolución industrial debido al gran avance tecnológico que ésta produjo. Cabe destacar que en ese momento el análisis se basaba solamente en la necesidad de mejorar la productividad y disminuir la fatiga de los trabajadores.

Con el transcurrir del tiempo se fueron desarrollando diversos estudios o tratados relacionados con la ergonomía, en los cuales se empezaron a introducir diferentes tipos de conceptos y de análisis necesarios para mejorar la productividad del individuo en su trabajo.





Montmollin (1971) divide el desarrollo de estas investigaciones en 3 etapas o fases históricas:

**La etapa inicial.** Los estudios están enfocados en la Máquina. Durante esta etapa el desarrollo de los equipos y herramientas eran lo primordial, sin importar el trabajador, éste debía adaptarse y la selección del trabajador estaba basada en la exigencia de las máquinas.

**La segunda etapa.** Los estudios están enfocados en el hombre debido a la complejidad tecnológica de las máquinas; en esta etapa se toma conciencia del error humano y de sus consecuencias, pero se hace énfasis en la selección del personal y en su capacitación, bajo la premisa de que es mejor evitar daños o pérdidas que corregirlos.

**La tercera etapa.** Los estudios están enfocados en el sistema como un todo, en los cuales se incluye el análisis de la relación entre las capacidades de las personas y las características de la máquina. Durante esta etapa se diseñan las máquinas teniendo en cuenta las características del ser humano; es decir, dimensiones, fuerza, tipos de reacción, rapidez de movimiento, sensibilidad al color, tiempo de reacción, agudeza visual y auditiva. Por lo cual, es necesario entrenar al trabajador para operar las máquinas, mejorar la productividad del sistema y detectar las fallas posibles para el funcionamiento del mismo.

De acuerdo con García (2002) en la década de los años 20 se realizaron diversos estudios para maximizar la productividad de los trabajadores y reducir la pérdida de tiempo. Por ejemplo, los instrumentistas en las salas de cirugía nacen del resultado de un estudio de los tiempos que utilizaba un médico en un procedimiento quirúrgico, donde se demostró que éste gastaba mucho tiempo mirando y seleccionando los instrumentos y luego atendiendo al paciente. En la década de los años 20 a los 30 se desarrolló la psicotecnia y la psicología del trabajo para ocuparse de los problemas de capacitación y selección del personal. Sin embargo, aunque se realizaban las pruebas de selección y la capacitación del personal, éstas no eran del todo suficientes porque existían algunos equipos de aviación complejos que superaban las capacidades del ser humano.

Acorde con la Oficina Australiana de Seguridad en el Transporte *Australian Transport Safety Bureau-ATSB* (2006), sólo fue hasta la Segunda Guerra Mundial cuando se entendió la necesidad de impulsar el estudio de los factores humanos con el fin de adaptar la máquina al hombre, debido al incremento del número de accidentes atribuidos a errores del piloto cuya clasificación se asociaba al factor humano. Este hecho implicaba la pérdida de costosos equipos militares especiales que sobrepasaban las capacidades del ser humano; por lo cual se consideró importante crear grupos de investigación tendientes a humanizar las máquinas, con miras a establecer o mejorar la interfaz hombre-máquina.

Paralelamente a estos estudios se empezó a desarrollar el término de Ingeniería Humana, que según McCormick et al. (1957) es la ciencia encargada de la adaptación para el uso humano de los equipos, espacios y entornos de trabajo. Asimismo, se emplea el término de Psicología Ingenieril, para Wickens et al. (2013) es una rama de la psicología y no de la ingeniería, que estudia el comportamiento humano basado en las teorías de la cognición y la conducta aplicadas a los lugares de trabajo. Durante estos estudios se analizó la percepción que tenían las personas de los tableros de información y control.





No obstante, durante la Segunda Guerra Mundial se registraron numerosos accidentes con aviones de combate que eran máquinas más complejas que los antiguos biplanos de la Primera Guerra Mundial; estas máquinas permitían volar a velocidades y altitudes mayores, dando lugar a que estos incidentes y accidentes fueran atribuidos al error humano. Al realizar la investigación de algunos de estos accidentes se constató que eran ocasionados por falta de oxígeno a gran altitud y una mala distribución del espacio en cabina; por lo cual se comenzó el diseño de sistemas de oxígeno para ser usado por los pilotos y el uso de los datos antropométricos para definir los espacios y la distribución de la cabina. A partir de la postguerra se iniciaron estudios desde diferentes disciplinas con el fin de mejorar los diseños de las máquinas para adaptarlas a las capacidades humanas. En éstos se analizaron las limitaciones biológicas, psicológicas, la capacidad senso-perceptiva y la toma de decisiones, para dar solución a los problemas de forma integral. A partir de esta época se desarrollan los conceptos de ergonomía y de factores humanos tal y como se conocen hoy en día.

Con el paso del tiempo y gracias al avance vertiginoso de la tecnología fue cobrando importancia la ergonomía y se crearon diferentes instituciones o sociedades en distintos países. En 1957 se fundó la Sociedad de Ergonomía y Factores Humanos de los Estados Unidos (HFES-*Human Factors and Ergonomics Society*), la cual estaba centrada en los estudios de Psicología aplicada. De igual forma, al final de la década de los años 50 en diferentes países Europeos como Francia, Alemania (Federal y Democrática), Holanda, Luxemburgo se crearon diversos centros de investigación dominados por los trabajos en fisiología. En 1959 se constituyó la IEA con una participación de más de 30 países, que ha impulsado hasta la fecha el desarrollo de la ergonomía en los diversos campos de aplicación.

En Colombia los primeros vestigios de ergonomía, de acuerdo con García (2002) sólo se dieron hasta la década de los años 70 con la llegada de ergónomos suecos, con el fin de desarrollar un programa de investigación antropométrica. El primer libro publicado en Colombia relacionado con la ergonomía se denominó "Compendio para el último año de ingeniería" y su autor fue Jairo Flórez. Al final



de la década, en el año 1969, se realiza el Congreso Iberoamericano de Seguridad en Bogotá”, donde se hace mención a investigaciones relacionadas con este concepto. La Universidad Nacional de Colombia es pionera en la creación del primer laboratorio de antropometría y biomecánica en el año de 1995; el cual se denomina desde el 2008 Laboratorio de Ergonomía y Factores Humanos-LEFH.

Para García (2002) no todas las empresas cuentan con laboratorios de ergonomía y por lo tanto, contratan los servicios externos de especialistas en esta área. En el ámbito de la aviación las casas fabricantes de aeronaves poseen este tipo de laboratorios. En Colombia no existen casas fabricantes de aeronaves por lo cual, cuando la FAC requiere hacer pruebas ergonómicas para la modificación de algún equipo debe solicitar los servicios fuera del país a los fabricantes o autoridades aeronáuticas y a nivel nacional tiene la opción de recibir dicho servicio del LEFH. Para este autor, las actividades básicas que realiza un laboratorio de ergonomía son las siguientes:

- Investigar y solucionar problemas ergonómicos en las industrias que así lo requieran; por ejemplo, inadecuados puestos de trabajo por condiciones antropométricas y biomecánicas.
- Desarrollar simulaciones de tipo ergonómico para establecer la disposición o distribución más conveniente de tableros y comandos, en máquinas / herramientas o estaciones de control.
- Realizar levantamientos antropométricos de diversas poblaciones para proporcionar datos útiles y acertados en el diseño de productos y espacios.
- Comprobar la adecuación de un producto respecto a su potencial usuario.
- Publicar información relevante para el diseño de mejores productos.
- Desarrollar nuevas interfaces hombre-máquina.
- Evaluar la capacidad y conocer, interpretar, distinguir, memorizar etc., diferentes símbolos o sistemas de señales (lenguajes). (García, 2002, p. 67.)

## Sistemas ergonómicos

Para empezar a hablar de sistemas ergonómicos se requiere tener claramente definido lo que es un sistema. Bertalanffy (1950) afirma que un sistema es el conjunto de interacciones con un fin común. Tomando como base esta definición y de acuerdo con lo tratado en el apartado anterior, la ergonomía como tal se puede considerar como un sistema complejo, conformado por las diferentes interacciones entre los tres pilares o actores principales de la ergonomía: el entorno, las máquinas y el ser humano.

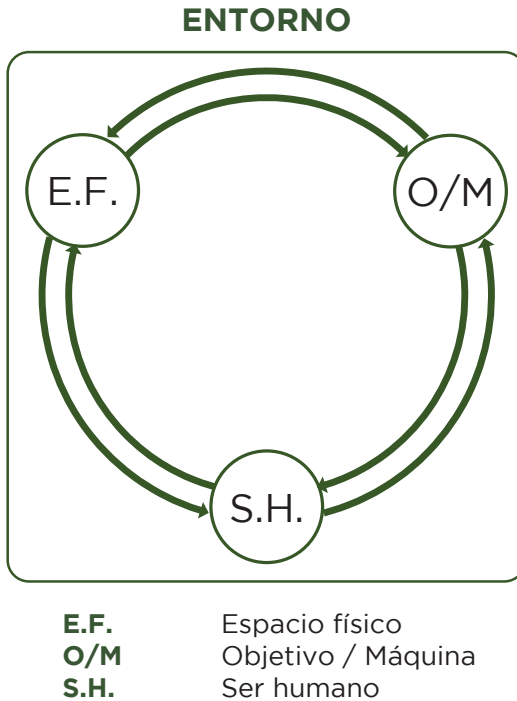
De acuerdo con Stanton (1998) se pueden identificar más de 60 métodos o sistemas ligados con el desarrollo de la ergonomía, especialmente en el campo de los productos de consumo, donde se busca dar respuesta rápida a la demanda de las necesidades de los clientes. Por lo tanto, los métodos ergonómicos están ligados con el área de aplicación de los modelos ergonómicos.



En este sentido, el desarrollo de estos métodos ha tenido como prioridad el tiempo y no la excesiva rigurosidad propia de los métodos y modelos científicos.

De igual forma, García (2002) afirma que para poder establecer un sistema ergonómico desde una visión global se deben tener en cuenta tres elementos mínimos que permitirán ampliar las relaciones e interacciones entre éstos: el ser humano, el espacio físico y un objeto o máquina (ver Figura 1).

92



**Figura 1.** Diagrama interrelaciones. *Fuente:* García (2002, p. 85).

A partir de los tres elementos del sistema expuestos en la figura anterior se pueden definir las interrelaciones o interfaces entre cada uno de los elementos, y se generan 6 niveles de interacción:

- i. De la máquina al espacio físico.
- ii. Del espacio físico a la máquina.
- iii. Del ser humano al espacio físico.
- iv. Del espacio físico al ser humano.
- v. Del ser humano a la máquina.
- vi. De la máquina al ser humano.



Para evaluar estas interrelaciones es necesario tener en cuenta todos los elementos que pueden estar inmersos y afectar a los componentes del sistema siendo de vital importancia analizar cada una de las relaciones mencionadas. Por ejemplo, si se toma la relación entre el espacio físico y el ser humano, se puede efectuar el análisis de esta interfaz desde dos puntos de vista. El primero consiste en determinar la posible influencia del espacio físico sobre el ser humano, para lo cual se deben identificar las condiciones dadas por el entorno que puedan influir en el desempeño del ser humano: la iluminación, las vibraciones, el ruido, las radiaciones, agentes biológicos, temperatura, gases, entre otras. El segundo, analiza la influencia del ser humano sobre el espacio físico, teniendo en cuenta los elementos o condiciones del ser humano que puedan influir en el entorno: cambiar o alterar la temperatura, la humedad, ruido, transmisión de agentes biológicos como gases y compuestos residuales, entre otros.

Además de los elementos y las relaciones que están presentes dentro del sistema, existen diferentes métodos o procesos para realizar la evaluación de estas interacciones. Para Stanton (2005) hay diferentes campos especializados de la ergonomía que permiten analizar todas las interrelaciones desde todos los aspectos posibles.

El primer método o campo de conocimiento es el físico; en éste se encuentra todo lo relacionado con la evaluación de los factores musculoesqueléticos. Según WordsafeBC (2008) estos factores se vinculan con lesiones a nivel de músculos, tendones, ligamentos, nervios, vasos sanguíneos, las articulaciones y los huesos del cuerpo; para lo cual se deben realizar evaluaciones de la comodidad del puesto de trabajo en relación con los riesgos y la funcionalidad de los elementos y equipos de trabajo. Dentro de este análisis tiene gran importancia la antropometría, que de acuerdo al Ministerio del Trabajo e Inmigración Español (s.f) es la ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano con el fin de crear un entorno de trabajo adecuado.

El segundo campo de conocimiento es el psicofisiológico, el cual es definido por Gmo et al. (2011), en la *Encyclopedia of Psychopharmacology*, como una rama de la ciencia que estudia las dependencias entre la fisiología y la psicología; estableciendo relaciones entre el comportamiento humano y las reacciones fisiológicas mediante el análisis de las respuestas a diferentes estímulos y cómo éstas pueden afectar o reducir las capacidades cognitivas y físicas del ser humano.

El siguiente campo del conocimiento es el conductual y cognitivo del ser humano, el cual debe estar basado en el análisis de la carga de trabajo y las tareas del operario, de acuerdo con las capacidades del individuo. Para el cual se debe tener en cuenta la percepción, los procesos cognitivos, los esquemas mentales, la atención, la memoria, el procesamiento de información, la toma de decisiones y el potencial de respuesta de los individuos (Sánchez, 2010); con el fin de diseñar sistemas o equipos que ayuden a evitar el error humano.

Otro campo del conocimiento es el que estudia los equipos de trabajo, con el fin de realizar mediciones para optimizar su funcionamiento, está enfocado en analizar temas de formación y evaluación del equipo, trabajo en equipo, competencias del equipo, requisitos de comunicación y de trabajo, entornos de equipo, objetivos y misión del equipo.



El siguiente campo del conocimiento es el ambiental, el cual realiza las evaluaciones medioambientales del entorno. Para Parsons (2000) diseñar unas buenas condiciones ambientales que no comprometan el desempeño del trabajo o salud de los trabajadores, implica tener en cuenta los aportes de la ergonomía medioambiental, que es la encargada de evaluar las reacciones del ser humano ante el medio ambiente (luz, ruido, calor, frío, entre otros).

94

Finalmente, el último campo del conocimiento es el Macroergonómico, cuyo propósito es realizar el análisis global de los sistemas de trabajo. Esta disciplina según Hendrick (2002) es la encargada de optimizar el sistema desde una perspectiva socio-técnica, para integrar formalmente el diseño y gestión de los factores organizativos y garantizar un sistema de trabajo totalmente armonizado, que contribuya a mejorar el rendimiento de la organización.

---

## Habilidades y limitaciones del ser humano

El ser humano, como cualquier ser viviente, tiene diferentes limitaciones, capacidades físicas y psicológicas las cuales deben ser conocidas, entendidas e interpretadas para que sean contempladas en el diseño de un sistema ergonómico; con el fin de minimizar las posibles incompatibilidades y evitar la ocurrencia del error humano en la interfaz hombre-máquina al sobrepasar sus capacidades (Gersh et al., 2005).

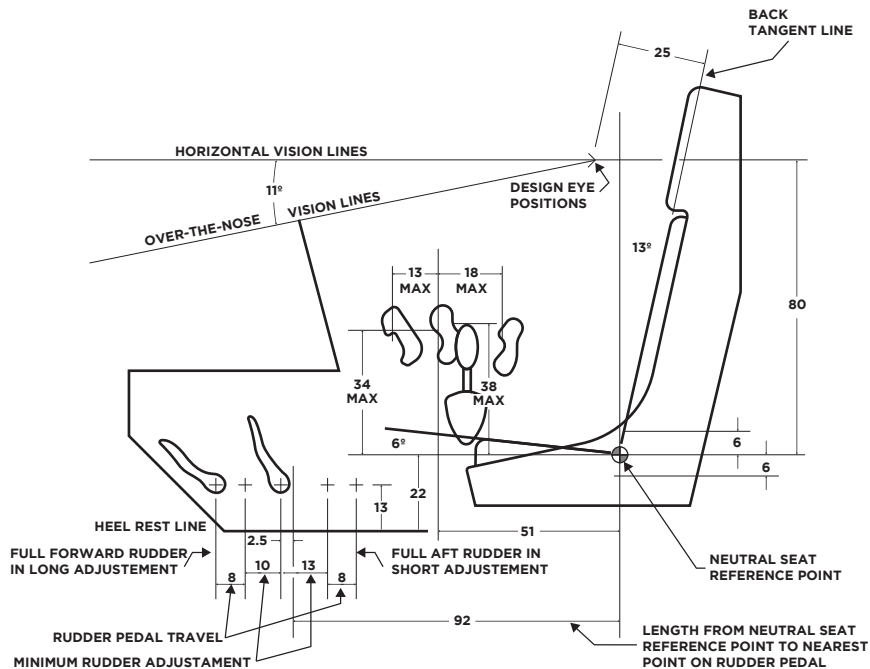
Como se ilustró en el apartado anterior existen diversas ramas del conocimiento dedicadas a estudiar los factores que afectan el desempeño del ser humano y éstas deben ser analizadas dependiendo del campo de aplicación. En el diseño de cabinas de aviación se debe analizar cuáles son los factores humanos que afectan el desempeño de un piloto en una cabina de vuelo, los cuales de acuerdo con Wells y Rodríguez (2004) se agrupan en 4 grandes grupos, de los cuales se destacan dos de ellos como los más importantes durante el proceso de diseño de una cabina.

**Los factores físicos.** Dentro de éstos se encuentran incluidas todas las limitaciones del ser humano relacionadas con las dimensiones de su cuerpo (Antropometría) y de los sentidos corporales. Los factores antropométricos tienen una gran importancia para el óptimo desempeño del piloto en una cabina. Por lo cual, es necesario establecer diferentes medidas mínimas y máximas de las extremidades superiores e inferiores del cuerpo humano, necesarias para poder alcanzar y operar todos los controles de la aeronave de una forma efectiva sin producir fatiga o discomfort. Para poder parametrizar de una forma más sencilla estas medidas se han optado por especificar los datos antropométricos en percentiles, que de acuerdo Pheasant y Haslegrav (2006), corresponde al porcentaje de personas entre la población que tiene una dimensión corporal específica. Por lo tanto, la población estudiada se divide en 100 categorías, el percentil 1 corresponde a los sujetos de menor estatura y el percentil 100 a los sujetos de mayor estatura, el percentil 50 representa la estatura promedio de la población objeto de estudio. Cabe aclarar que los datos antropométricos no son universales, por lo ejemplo un percentil 50 no es igual para un japonés que para un americano o para un francés.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América- *Department of Defense* por sus iniciales en inglés-DOD (1987) a través de la norma MIL-STD-1333B imparte especificaciones relacionadas con la geometría en el diseño de cabinas de aeronaves de ala fija. En dicha norma se establecen puntos de



referencia básicos para determinar, con base en ellos, diferentes medidas para el diseño de la geometría del asiento, con el fin de garantizar el campo de visión tanto fuera como dentro de la cabina para los tripulantes; las zonas de movimiento para alcanzar los controles, los paneles y las consolas (ver Figura 2).



**Figura 2.** Dimensiones básicas de una cabina de una aeronave de ala fija. **Fuente:** DOD (1967) MIL-STD-33574B

Dentro de las medidas básicas para el diseño de la silla del piloto Kennedy (1976) indica que los diseñadores americanos establecen como referencia el punto de diseño de posición de ojo (DEP, por sus siglas en inglés) y el punto neutro de referencia de la silla (NSRP, por sus siglas en inglés). El DEP se puede establecer como el punto primordial. El piloto debe realizar los ajustes necesarios en su asiento para posicionar sus ojos en la línea horizontal de visión, con el fin de tener la mejor visión dentro de su cabina y fuera de ella. Asimismo, en relación con el punto NSRP se toman las medidas de las extremidades inferiores para ajustar los pedales y de las extremidades superiores para alcanzar el *stick*; de esta manera se garantizará el control de la cabina de vuelo.

Además de las medidas antropométricas las limitaciones fisiológicas también son un variable que se debe considerar en el diseño de cabinas; ya que se relacionan con los sentidos y los sistemas fundamentales del cuerpo humano. Una de las limitaciones del cuerpo humano más importantes en aviación está establecida por el sistema respiratorio, ya que se requiere garantizar en cabina un nivel adecuado de oxígeno que permita obtener un óptimo rendimiento de las diferentes funciones del cuerpo humano durante el desarrollo de operaciones aéreas. El sistema respiratorio del ser humano está compuesto por diferentes



órganos con funciones específicas para la respiración como la nariz, la laringe, la tráquea y los alvéolos, estos últimos son los encargados de realizar todo el proceso de intercambio gaseoso entre de CO<sub>2</sub> por O<sub>2</sub>, con el fin de mantener el equilibrio químico del cuerpo (Army, 2000).

96

La cantidad de oxígeno que puede ser utilizada por el sistema respiratorio humano está relacionada con la presión del oxígeno en la atmósfera. Por lo cual, entre menor sea la presión del oxígeno menor será la cantidad de oxígeno disponible para realizar el intercambio gaseoso; y se afectarán en gran manera las funciones respiratorias del ser humano.

La atmósfera de la tierra está compuesta por una mezcla de gases en diferentes proporciones como el Oxígeno, el Nitrógeno, el Dióxido de Carbono, el Argón, el Helio, el Neón y el Hidrógeno (DOD, 2002) que inciden para que la respiración humana sea posible. La cantidad de oxígeno en la atmósfera tiene una relación directa con la presión atmosférica, esta relación se puede explicar según US Navy (1972), mediante la Ley de Dalton, la cual explica que la presión en una mezcla de gases ideales es igual a la suma de las presiones parciales de los gases. Por lo cual, al disminuir la presión atmosférica disminuye la presión parcial del oxígeno y por ende la cantidad de oxígeno en la atmósfera.

En aviación, con base en la fisiología humana, la atmósfera de la tierra puede dividirse en dos zonas: la primera zona está comprendida entre el nivel del mar y 10.000 Ft de altura, en la cual la presión barométrica disminuye de 760 mm/Hg a nivel del mar hasta 523 mm/Hg a 10.000 Ft; dentro de esta zona el nivel de presión de oxígeno está en el rango adecuado para el ser humano. La segunda zona está comprendida entre los 10.000 Ft y los 50.000 Ft, donde el rango de presión barométrica disminuye de 523 mm/Hg hasta 87 mm/Hg; dentro de esta zona los niveles de presión de oxígeno no son suficientes para el normal funcionamiento del cuerpo humano. De acuerdo con la FAA (s.f), este fenómeno se conoce como hipoxia hipóxica y ocurre cuando no existe suficiente oxígeno en la atmósfera o cuando su presión es muy baja e impide la difusión del oxígeno de los alveolos al torrente sanguíneo.

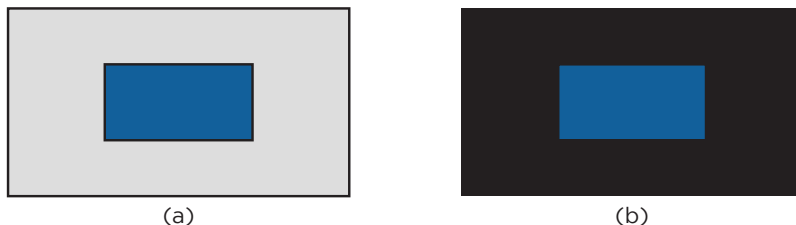
De la misma forma, que el sistema respiratorio los sentidos también tienen limitaciones, que deben ser comprendidas para realizar una adecuada interfaz entre el hombre y la máquina. Para un piloto el sentido de la visión es el más importante para orientarse y percibir la información dentro de una cabina; el cual se ve afectado por ser utilizado en su máxima capacidad durante las operaciones de vuelo.

Una de las limitaciones básicas de este sentido es el campo visual, el cual representa la extensión espacial de la visión. Para Gibb et al. (2010) el campo visual se encuentra definido en grados y cuando se emplean los dos ojos tiene aproximadamente 120 grados en el eje vertical y 200 grados en el eje horizontal. En palabras sencillas, la extensión espacial de la visión se puede interpretar como qué tan lejos puede ser colocado un objeto del centro del campo visual sin perderlo de vista.

Así como el campo visual es una limitación fisiológica ocular, hay diferentes factores que pueden ocasionar problemas en los procesos visuales, disminuyendo la percepción visual y el rendimiento cognitivo (Rash et al., 2009). Uno de estos factores es la percepción de brillo, la cual está relacionada directamente con la luz del objeto y el fondo del objeto.



Por consiguiente, es mucho más fácil percibir información visual si ésta tiene un alto nivel de contraste, por ejemplo es posible tener dos superficies con el mismo nivel de luminosidad, pero los elementos que las rodean tienen fondos diferentes que ayudan a incrementar la percepción de la información o los detalles de la superficie. Este fenómeno también es llamado contraste simultáneo (ver Figura 3).



**Figura 3.** Contraste simultáneo de color. **Fuente:** Witt (2007, p.26).

Otro factor que afecta la percepción visual de un piloto es la constancia del tamaño de los objetos, (*Size constancy*) esta puede ser alterada y dar lugar a que se transmita información errónea dentro de la cabina de vuelo. Este término se puede definir como la percepción de un objeto visto a diferentes distancias y orientaciones; manteniendo la misma forma y dimensión. Para Kaufman y Kaufman et. al (2006) la constancia del tamaño afecta la capacidad humana para adquirir y procesar información de manera confiable e impide interpretar adecuadamente el comportamiento del entorno.

De igual forma, otro factor que influye en la percepción es la agudeza visual. El Concilio Internacional de Oftalmología - ICO (1988), la considera como la capacidad del ojo humano para definir y resolver un detalle. Normalmente, la agudeza visual se mide por medio de la escala de Snellen, la cual evalúa la capacidad para reconocer símbolos de diferentes dimensiones desde una distancia de 20 pies; la agudeza visual estándar para una persona joven es 20/20, el numerador representa la distancia a la cual se realiza la prueba y el denominador representa el tamaño de la letra que se está leyendo en la escala (Messina, 2006).

Asimismo, la discriminación de colores constituye un factor importante para ayudar a mejorar la interpretación de las pantallas de las cabinas y en las cuales se presenta toda la información de vuelo al piloto. El color es utilizado usualmente para codificar, destacar y enfatizar la importancia de la información. La capacidad para poder discernir pequeñas diferencias en el color depende de varios factores, por ejemplo, es mucho más fácil distinguir las áreas grandes, continuas y presentadas simultáneamente. Por lo tanto, en las pantallas de vuelo puede resultar más complejo realizar la discriminación de colores, en razón a que en ellas existen áreas pequeñas y estrechas como los símbolos y caracteres presentados en las mismas. Para poder reducir el impacto de este efecto el centro de investigación de la NASA (s.f), definió pautas para el uso del color en tareas en las cuales la identificación y la discriminación del mismo sea crítica, dentro de ellas se encuentra no usar más de seis colores para las etiquetas o leyendas de los elementos gráficos, con el fin de poder identificarlos de una manera eficiente y confiable. En una cabina el piloto no sólo tiene que estar pendiente de una pantalla, también de todos los elementos adicionales

que deben ser monitoreados y controlados. Por lo tanto, solo puede realizar una revisión rápida de los mismos, y en ese sentido es importante tener menos colores con una intensidad distinta para marcar la diferencia en un momento dado durante la interpretación de los datos en la cabina.

98

Otra recomendación es utilizar los colores teniendo en cuenta las convenciones culturales, por ejemplo, el color rojo, amarillo y verde son usados para los paneles de alarmas, en razón a que estos colores se asocian con el estado de seguridad de cualquier actividad. Adicionalmente, se recomienda mantener la codificación de color en todos los componentes, ya que no hacerlo podría obligar a los usuarios a asociar diferentes significados a la misma tonalidad en diversos elementos. Otra recomendación es usar, además de una discriminación por color, una codificación complementaria para que la información importante transmitida al usuario sea también identificable por otro método adicional.

También, se sugiere no utilizar un código de colores para pequeños elementos como son las fuentes pequeñas y símbolos. La última recomendación es usar un mismo tono de contraste para los elementos con los cuales se realizan juicios de valor crítico, porque la variación simultánea del contraste puede interferir con la interpretación de los colores.

Así como el sentido de la visión, el sentido de la audición también posee limitaciones fundamentales para mejorar el proceso de percepción de todas las situaciones que acontecen en una cabina de aviación. Normalmente las señales que se presentan de manera auditiva en una cabina están enfocadas a los sistemas de alertas, con el fin de informar al piloto de una situación o alteración de un sistema, y direccionar la atención del mismo a la señal de desviación, permitiendo que éste reconozca, analice y solucione la situación (Harris, 2005).

Dentro del proceso de audición del ser humano están involucrados el oído y el cerebro; el primero transforma las ondas del sonido en impulsos nerviosos y el segundo interpreta estos estímulos como una sensación acústica. El oído se comporta como un sofisticado analizador de sonidos que responde a las leyes de la física, mientras que el cerebro está influenciado por diferentes factores psicológicos que ayudan a comprender las sensaciones auditivas (Merino y Muñoz-Repiso, s.f).

En ese orden de ideas, existen diversos factores que juegan un papel preponderante en la percepción de una señal acústica que pueden influir en el reconocimiento de la misma y en el tiempo de respuesta. Dentro de estos factores se encuentran el tono, el volumen y el timbre, los cuales son utilizados para el diseño de pantallas y señales auditivas (Hermann, 2011).

El tono, de acuerdo con Yost (2009), se define como una dimensión subjetiva para el ordenamiento de los sonidos de altos a bajos, estos se encuentran relacionados con la frecuencia de vibración de las partículas; los valores altos en frecuencia son clasificados como tonos agudos y los bajos como tonos graves. El sistema auditivo del ser humano es sensible y capaz de detectar pequeños cambios en las características de las ondas sonoras. De acuerdo con Plack (2004), el rango de audición humano que se encuentra determinado o influenciado por el tono está comprendido desde los 20 Hz a los 20.000 Hz. Sin embargo, el rango de mayor sensibilidad es desde los 1.000 Hz a los 6.000



H<sub>z</sub>. El tono es considerado el factor más importante para la presentación de datos en las pantallas auditivas, porque los tonos más altos pueden captar o atraer la atención del piloto para ayudarlo a diferenciar la información por su importancia o prioridad.

Otro factor a tener en cuenta en el diseño de los sistemas auditivos en una cabina es la intensidad del sonido, la cual se correlaciona con la amplitud de la onda de la señal acústica. La intensidad o volumen no es una propiedad física del sonido ya que depende tanto del sonido como del oyente, también se puede definir como una propiedad subjetiva del sonido, en la cual los sonidos se clasifican entre suaves y fuertes. Para Sivonen (2006) el rango de audición de los sonidos que puede percibir el ser humano se encuentra en el umbral de 0 Db a 140 Db; cuando se superan los 140 Db se denomina como el umbral del dolor. Las principales ventajas de cambiar el volumen en una alarma auditiva es que éste se encuentra correlacionado con el tono, por lo cual facilita distinguir o resaltar con facilidad una señal auditiva.

La tercera cualidad del sonido a tener en cuenta es el timbre, el cual de acuerdo con Castillo (2012), se puede definir como la característica del sonido que permite diferenciar los sonidos que producen distintos instrumentos o fuentes emisoras y se encuentran relacionados con el material, forma y tamaño del objeto que emite el sonido. Esta característica está determinada por la cantidad y la forma de las ondas que componen el sonido, los cuales se denominan armónicos y permiten reconocer que dos sonidos son distintos aun cuando tienen el mismo volumen y el mismo tono (Giordano y McAdams, 2010).

Cada uno de estos tres factores debe ser analizado en el momento de diseñar sistemas audibles de alarmas o avisos en una cabina con el fin de garantizar que el mensaje a transmitir es escuchado e interpretado con el fin de poder tomar una decisión en un momento determinado. Por ejemplo, los anuncios de muchos de los sistemas de advertencia y alarma de GPWS son realizados por voces femeninas las cuales poseen un tono y un timbre que contribuye a captar la atención del piloto e interpretar de una mejor forma este tipo de alarmas.

**Los factores psicológicos.** Wells y Rodríguez (2004) afirman que dentro de estos factores se encuentran incluidos todos los aspectos asociados con los estados emocionales, la capacidad mental, la capacidad de procesamiento de información, el tiempo de respuesta a los estímulos. Estas variables se relacionan con la memoria, la atención y la percepción, entre otros. La memoria es el primer aspecto a contemplar, la cual según la Autoridad Aeronáutica Australiana de Aviación Civil-CASA (2013), es la capacidad que tiene el cerebro del ser humano para almacenar información y utilizarla para compararla con los datos sensoriales, con el fin de tomar una decisión basado en la experiencia. Existen tres tipos de memoria asociadas al tiempo en que se almacena la información; de acuerdo con Ballesteros (2011), se encuentra la memoria sensorial, la cual es la de menor duración, aproximadamente de 1 a 2 segundos, y se encuentra muy próxima a la percepción; el segundo tipo es la memoria a corto plazo o memoria de trabajo en la cual se puede almacenar información por un término cercano a los 15 o 30 segundos mientras se realizan otras tareas cognitivas; esta memoria tiene un límite de almacenamiento de entre 7 +/- 2 datos (CASA, 2013). La última clase de memoria es la de largo plazo, que permite almacenar información general producto del conocimiento.



Para el diseño de cabinas, especialmente de los sistemas visuales y auditivos, se deben tener en cuenta las limitaciones de la memoria a corto plazo con el fin de evitar la sobrecarga de trabajo en el piloto. De acuerdo con Fougny y Marois (2011) esta capacidad de almacenamiento se reduce cuando los estímulos o datos a almacenar en la memoria de trabajo provienen de diferentes fuentes o tipos de información. Un ejemplo de esto es la ejecución de una tarea secundaria mientras se intenta almacenar información; este trabajo será más sencillo si los estímulos de las dos tareas provienen de la misma modalidad o estímulo y si no son incongruentes entre sí.

Así como la memoria es un factor importante para el diseño de los componentes de una cabina, la percepción es otro factor a contemplar ya que de ésta depende la forma en la cual se capta la información proporcionada por los diferentes equipos e instrumentos de cabina. De acuerdo con Oviedo (2004), la teoría de la Gestalt define a la percepción como “un proceso de extracción y selección de información relevante encargado de generar un estado de claridad y lucidez consciente que permita el desempeño dentro del mayor grado de racionalidad y coherencia posibles con el mundo circundante” (p. 90).

Esta teoría describe cuatro factores que afectan las abstracciones que se realizan de la información percibida. El primer factor se define como el concepto de forma y está relacionado con el contorno o borde del objeto, éste representa toda la información relevante de un objeto con la cual es identificado y almacenado un elemento en el cerebro. Por lo tanto, definir el contorno de un elemento permite fácilmente interpretarlo para relacionarlo con la información almacenada y continuar con el proceso de abstracción de la información.

Otro elemento importante es la pregnancia, la cual está relacionada con la organización psicológica y ayuda a establecer la organización mental de los estímulos externos con el fin de mejorar su representación a nivel cerebral. La pregnancia tiene relación con la regularidad, la sencillez, la armonía de conjunto, la homogeneidad y el equilibrio de los objetos, con el fin de poder imaginar las partes no visibles del objeto. Por ejemplo, sólo con ver una parte de una pelota de golf podemos deducir o suponer como es la forma que se encuentra oculta y no está a la vista.

Boring (1978), citado por Oviedo (2004) considera que una buena pregnancia del objeto contribuye a dejar un huella y recuerdo en el observador, además de facilitar las funciones del aparato perceptual en la selección y procesamiento de la información y generar las abstracciones necesarias dentro del proceso cognitivo.

La atención es el tercer pilar necesario para la interpretación de los equipos e instrumentos de una cabina de vuelo, la cual permite discriminar y seleccionar, de una forma consciente o inconsciente, solo una parte de toda la información que está disponible en el entorno y se considera como útil para las tareas que se van a desarrollar en un futuro. Lo anterior está ligado a las limitaciones que tiene el sistema cognitivo del ser humano por lo cual es imprescindible poseer un mecanismo para seleccionar las fuentes de información (Bailen, s.f).

Los procesos cognitivos de la atención están influenciados por diferentes factores, de acuerdo con García (1997), citado por Oviedo (2004), éstos se pueden dividir en dos procesos. El primero de ellos es el proceso selectivo, encargado de establecer y segregar la información en medio de todas las



fuentes de información basado en los estímulos sensoriales que dependen de las limitaciones físicas de los distintos sistemas y sentidos. El segundo es el proceso de distribución, el cual se encarga de dividir la atención cuando se deben realizar diferentes tareas simultáneas compartiendo los recursos atencionales. Este proceso está relacionado con la cantidad de información necesaria para realizar cada tarea, con la cantidad de tiempo o nivel de alerta requerido para realizar cada tarea, y los movimientos necesarios para reubicar la atención en otro punto de información.

Cada uno de estos factores debe ser analizado con el fin de diseñar los elementos o componentes que hacen parte de una cabina con el fin de poder brindar la información necesaria al piloto para tener los insumos necesarios para poder interpretar los instrumentos o indicadores y realizar toma de decisiones de una forma fácil y acertada para así reducir la carga de trabajo de la tripulación de vuelo.

De acuerdo con lo analizado anteriormente, los resultados obtenidos en las primeras investigaciones acerca de las habilidades y limitaciones del ser humano permitieron incorporar nuevos sistemas en cabina para incrementar la seguridad operacional.

Una de las primeras implementaciones realizadas en las cabinas de aviación fue la inclusión de los sistemas de oxígeno para los aviadores que volaban a alturas superiores a los 10.000 Ft. Otro avance importante fue la estandarización de la ubicación de los instrumentos básicos de vuelo, como el horizonte artificial, el anemómetro, el altímetro y el giróscopo direccional, con el fin de conseguir una distribución equitativa de la atención del piloto en los instrumentos, esenciales sin perder de vista los demás elementos de cabina, permitiendo así reducir la carga de trabajo del piloto durante las fases más críticas de vuelo.

Investigaciones posteriores confirmaron la relación directa que existe entre los Factores Humanos y la Ergonomía, dando a lugar al desarrollo de guías de diseño para cabinas de aviación, cuyo fin es incrementar los niveles de seguridad operacional.

La FAA (1996), en su guía diseño de factores humanos y ergonomía, consideró y estandarizó todos los parámetros necesarios para la selección, el análisis, el diseño, el desarrollo de nuevos sistemas y equipos, con el fin de minimizar los riesgos generados por una ineficiente interfaz hombre-máquina. Este documento establece los requisitos de todos los elementos de una cabina como las pantallas o paneles visuales que deben ser diseñados de tal manera que puedan ser vistos e interpretados desde cualquiera de las posiciones de los pilotos, con los niveles de ajuste de brillo y contraste adecuados para ser observados en cualquier condición de luminosidad de la cabina.

De igual forma, estandariza la forma de presentación de las alarmas o alertas audibles en una cabina y limita el número máximo de alarmas o avisos simultáneos, con el fin de no sobrecargar al piloto. Asimismo, establece que todos los interruptores en cabina deben estar desarrollados basados en la misma lógica de movimiento, es decir, todos los interruptores de posición On/Off moverse en un mismo sentido para una posición determinada, independiente de la ubicación en cabina.



La finalidad de las guías de diseño de cabina es generar unos parámetros generales que permitan garantizar operaciones aéreas más seguras. Para su elaboración se tuvo en cuenta los resultados de las diversas investigaciones realizadas acerca de la relación directa que tiene los factores humanos y la ergonomía en la seguridad operacional. En este sentido, cuando se genera una inadecuada interfaz hombre-máquina aumentan los riesgos a los que se ven expuestos los tripulantes de cabina. Por tal razón, las guías son una herramienta fundamental para lograr una óptima interfaz hombre-máquina.

## Resultados

---

Después de realizar la revisión documental sobre cómo los factores humanos y la ergonomía influyen en el diseño de cabinas, se plantean a modo de síntesis los resultados encontrados.

Con el paso del tiempo la aviación tuvo un gran desarrollo que cambió drásticamente el rendimiento de las aeronaves e hizo que su forma de operar fuera mucho más versátil. Este progreso en el ámbito aeronáutico se logró a través del desarrollo ingenieril de la aeronave, el avance en las áreas de conocimiento fisiológico y psicológico del ser humano, entre otros. Lo anterior, permitió mejorar el rendimiento de los pilotos y disminuir la probabilidad de cometer errores por exceder las capacidades cognitivas o limitaciones físicas y fisiológicas de los mismos. Además, los estudios de ergonomía y factores humanos contribuyeron para lograr una adecuada adaptación e interfaz hombre-máquina.

La ergonomía y los factores humanos son un factor determinante para el diseño de cabinas aunque estos dos conceptos tienen algunas diferencias entre sí. La ergonomía se ocupa de establecer una óptima distribución de los instrumentos y elementos en cabina para garantizar la adaptación física del piloto a la misma y la accesibilidad a todos los controles de la aeronave. La ergonomía también ayuda a reducir a futuro, los problemas asociados con posturas o movimientos inadecuados.

Los factores humanos se enfocan en garantizar que todos los elementos de cabina estén diseñados teniendo en cuenta todos aquellos aspectos físicos y psicológicos que pueden reducir el rendimiento óptimo de los sentidos y sistemas del cuerpo humano. Además, los factores humanos son determinantes para la percepción e interpretación de la información necesaria para entender qué está sucediendo en cada momento del vuelo y poder tomar las decisiones adecuadas que garanticen la seguridad de vuelo.

Las aportaciones brindadas por las investigaciones realizadas en el campo de los factores humanos y la ergonomía a la seguridad operacional son esenciales para la creación de las guías de diseño de cabina por parte de las distintas Autoridades Aeronáuticas a nivel mundial. Estas guías facilitan los procesos de fabricación y certificación para garantizar los niveles de seguridad necesarios mediante la estandarización de la cabina. De esta manera, con la estandarización se puede disminuir la carga de trabajo del piloto y facilitar la obtención de la información necesaria, en el momento oportuno, para ayudar a optimizar los procesos cognitivos de las tripulaciones y lograr un mejor desempeño durante el desarrollo de las operaciones aéreas.





# Conclusiones

---

Los resultados obtenidos permitieron elaborar las conclusiones que se mencionan a continuación.

103

Los factores humanos y la ergonomía son factores determinantes en el diseño de cabina de aviación porque permiten comprender las habilidades y limitaciones que posee el ser humano en la interfaz hombre-máquina, con el fin de garantizar el desarrollo de operaciones aéreas más seguras.

Los avances académicos, científicos y tecnológicos de diferentes disciplinas en el mundo contribuyen para el desarrollo de la aviación y su evolución constante. Por tal razón, las posibilidades de realizar nuevas investigaciones en distintas áreas de conocimiento sobre los factores humanos y la ergonomía son esenciales para el fortalecimiento de la seguridad operacional, en la medida que las aeronaves se van modificando y adaptando a las necesidades humanas.

En relación con la aviación en Colombia, se pudo evidenciar que las investigaciones en este campo son escasas o prácticamente nulas y que no existen centros aeronáuticos especializados en el diseño de cabinas; por lo cual se debe acudir a los resultados y hallazgos generados a nivel internacional.

La Fuerza Aérea Colombiana debería tener en cuenta los percentiles ergonómicos de la población colombiana para la adquisición de sus aeronaves, ya que frecuentemente la casa fabricante tiene sus propios percentiles ergonómicos que en ocasiones dificultan la adaptación del piloto a la cabina. En ese sentido, es importante adquirir aeronaves cuyos percentiles ergonómicos se aproximen a los establecidos para la población colombiana.

Sumado a lo anterior, es importante que la FAC cuando realice trabajos de modernización de cabina en sus aeronaves tenga en cuenta los factores humanos y la ergonomía en el diseño de la misma. Para ello, se recomienda la realización de futuras investigaciones en los temas abordados, a nivel académico, científico y tecnológico, que contribuyan a garantizar una adecuada interfaz hombre-máquina y fortalecer la seguridad operacional.



# Agradecimientos

104

Primero y más importante a Dios y a la Fuerza Aérea Colombiana por darme la oportunidad de poder realizar esta especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional; a la Escuela de Postgrados de la FAC y sus docentes por el comprometimiento y dedicación, sin los cuales no podría tener una formación como Especialista, a mi Esposa por su comprensión y apoyo.

Me gustaría agradecer sinceramente a mi asesora de trabajo de grado Dra. Alicia Almeida por su esfuerzo y dedicación ya que sus conocimientos y orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y motivación han sido fundamentales para poder llevar a feliz término este artículo de revisión que me permitirá optar el Título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional.



# Referencias

- Almeida, A. y Jaimes, P. (2011). Diseño Metodológico. *Guía metodológica de investigación Instituto Militar Aeronáutico*, p 18.
- Army (2000). *Adiestramiento aeromédico para personal de vuelo FM 3-04.301(FM 1-301)*. Washington, D.C: Autor.
- ASTB (2006). *A Layman's Introduction to Human Factors in Aircraft Accident and Incident Investigation*. Canberra: Autor. Recuperado el 18 de agosto de 2014, de <http://www.atsb.gov.au/media/32882/b20060094.pdf>
- Bailén, J. (s.f.). *Atención Percepción y Memoria*. Huelva: Universidad de Huelva. Recuperado el 20 de agosto de 2014, de [http://www.uhu.es/jose.alameda/apm2006/tema1\(06-07\).pdf](http://www.uhu.es/jose.alameda/apm2006/tema1(06-07).pdf)
- Ballesteros, S. (1999). Memoria Humana: Investigación y Teoría. *Psicothema*, Vol. 11(No 4), Pp. 705-723. ISSN 0214 - 9915 CODEN PSOTE Recuperado el 20 de agosto de 2014 en: <http://www.psicothema.com/pdf/323.pdf>
- Bertalanffy, L. (1950). An Outline of General System Theory. *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 1, No. 2, 134-165. Recuperado el 21 de agosto de 2014, de [http://www.isnatura.org/Events/2009/Summer/r/Bertalanffy1950-GST\\_Outline\\_SELECT.pdf&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co](http://www.isnatura.org/Events/2009/Summer/r/Bertalanffy1950-GST_Outline_SELECT.pdf&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co)
- CAA (1996). *Fundamental Human Factors Concepts*. Recuperado el 20 de agosto de 2014, de <http://www.caa.co.uk/docs/33/cap719.pdf>.
- CASA (2013) *Human Performance and Limitations*. Recuperado el 20 de agosto de 2014, de <http://www.casa.gov.au/hf-engineers-res-ch3.pdf>
- Castillo Barrios, J. (1 de enero, 2012). Determinación del efecto del “timbre” en la música reductora de ansiedad (mura) en alumnos de posgrado en pediatría, foniatría y anestesiología. *Revista De Enfermería Y Otras Ciencias De La Salud*, pp 39-45. Recuperado el 25 de agosto de 2014, de <http://www.dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4117667.pdf>
- DOD (1967). *MIL-STD-33574B Military Standar: Dimensions Basic Cockpit Stick-Controlled Fixed Wing Aircraft*. Washington, D.C: Autor. Recuperado el 20 de agosto de 2014, de [http://www.everyspec.com/MS-Specs/MS3/MS33000-MS33999/MS33574B\\_2\\_2847/](http://www.everyspec.com/MS-Specs/MS3/MS33000-MS33999/MS33574B_2_2847/)
- DOD (1987). *MIL-STD-1333B Military Estándar Aircrew Station Geometry for Military Aircraft*. Washington, D.C : Autor. Recuperado el 25 de agosto de 2014, de [http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1300399/MIL\\_STD\\_1333B\\_525/](http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1300399/MIL_STD_1333B_525/)
- DOD (2002). *Joint aerospace physiology student guide*. CNA-TRA P-204. Corpus Christi TX,



- D.C: Autor. Recuperado el 15 de agosto de 2014, de <http://militarynewbie.com/wp-content/uploads/2013/12/US-Navy-Joint-Aerospace-Physiology-Student-Guide-CNATRA-P-204.pdf>.
- FAA (1990). *The national plan for aviation human factors*. Washington, D.C: Author. Recuperado el 13 de agosto de 2014, de [https://www.hf.faa.gov/docs/nat\\_plan.pdf](https://www.hf.faa.gov/docs/nat_plan.pdf)
- FAA (1996). *Human factors design guide*. Washington, D.C: Author. Recuperado el 13 de agosto de 2014, de [http://www.files.nickdarnell.com%2Fhfe\\_design\\_guide.pdf&ei=IKgEVOzQE47GggSVooDgBA&usg=AFQjCNGaDbvgTECIFW9aPOOu-qLu7raei5g&sig2=PCX-\\_zyP1rnLCDy-8Q9JJOJA&bvm=bv.74115972, d.eXY](http://www.files.nickdarnell.com%2Fhfe_design_guide.pdf&ei=IKgEVOzQE47GggSVooDgBA&usg=AFQjCNGaDbvgTECIFW9aPOOu-qLu7raei5g&sig2=PCX-_zyP1rnLCDy-8Q9JJOJA&bvm=bv.74115972, d.eXY)
- FAA (2013). *Human Factors Acquisition Job Aid*. Washington, D.C: Author. Recuperado el 26 de agosto de 2014, de <http://www.hf.faa.gov/docs/jobaid.pdf>
- FAA (s.f) *Introduction to Aviation Physiology*. Oklahoma: Author. Recuperado el 22 de agosto de 2014, de [https://www.faa.gov/pilots/training/airman\\_education/media/IntroAviationPhys.pdf](https://www.faa.gov/pilots/training/airman_education/media/IntroAviationPhys.pdf).
- Fougnie, D., y Marois, R. (2011). What Limits Working Memory Capacity? Evidence for Modality-Specific Sources to the Simultaneous Storage of Visual and Auditory Arrays. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Advance online publication. Recuperado el 22 de agosto de 2014, de <http://www.researchgate.net/Doi:10.1037/a0024834>
- CAAS. (2010). *SAR Manual - Singapore Local Procedures* (4ta. ed.). Singapore, Singapore: CAAS "Civil Aviation Authority of Singapore".
- CGFM. (5 de enero, 2009). Directiva Permanente No.003/2008. *Difusión y Aplicación de Tareas y Roles FF.MM.*, 97. Bogotá D.C., Colombia: CGFM.
- Congreso de Colombia. (23 de octubre, 1947). Ley 12 de 1947. *Por la cual se aprueba la Convención sobre Aviación Civil Internacional*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de Colombia. (4 de febrero, 1980). Ley 8 de 1980. *Por medio de la cual se aprueba la "Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar SOLAS, 1974"*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de Colombia. (15 enero, 1986). Ley 10 de 1986. *Por medio de la cual se aprueba el "Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo de 1979"*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de Colombia. (29 de diciembre, 1998). Ley 489 de 1998. *por la cual se dictan normas sobre la organización y funcionamiento de las entidades de orden nacional,...* Bogotá D.C., Colombia.
- COSPAS-SARSAT. (2014). *COSPAS-SARSAT.INT*. Retrieved 2014 йил 10-Marzo from COSPAS-SARSAT.INT: <http://www.cospas-sarsat.int/en/system-overview/cospas-sarsat-system>
- Electrolab Limited. (2014). *SAFESTART®*. Retrieved 2014 15-Julio from <http://www.safestart.com/>
- FAA. (2009). *Risk Management Handbook*. Washington, DC., United States: United States Government Printing Office (GPO).
- FAC. (1998). *Manual de Prevención de Accidentes Aéreos* (Primera ed.). Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones de las FF.MM.





- FAC. (2008). *Manual de Búsqueda y Salvamento para la FAC* (1ra. ed.). Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- FAC. (2010). *Manual de Estado Mayor*. Bogotá D.C.: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- FAC. (2010). *Manual de Gestión en Seguridad Operacional para la Fuerza Aérea Colombiana* (Primera ed.). Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- FAC. (2011a). Plan Estratégico Institucional 2011-2030. 68. Bogotá, Colombia: EXPRECARD'S C.I. S.A.S.
- FAC. (7 de diciembre, 2011). Directiva Permanente No.61/2011. *Plan de Búsqueda y Salvamento para accidentes Aéreos y Marítimos*, 42. Bogotá D.C., Colombia: FAC.
- FAC. (2013). *Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial "MADBA"* (4ta. ed.). Bogotá D.C., Colombia.
- FF.MM. (2010). *Manual de Búsqueda y Salvamento* (3ra. ed.). Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- IGEFA. (2003). *Entrenamiento para la Reducción del Error Humano en la Aviación*. Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones de las FF.MM.
- Knowledge Based Systems, Inc. (2010). *IDEFØ Function Modeling Method*. Retrieved 25 March, 2014, from <http://www.idef.com/IDEFO.htm>
- López D., J. J. (2014). *Búsqueda y Salvamento Aéreo en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia.
- Marchitto, M. (2011). El error humano y la gestión de seguridad: la perspectiva sistémica en las obras de James Reason. *Laboreal, VII*(2), 56-64.
- Ministerio del Trabajo. (31 de julio, 2014). Decreto 1443 de 2014. *Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*, 28. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- NOAA. (n.d.). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Retrieved 10 of March, 2014, from Search and Rescue Satellite Aided Tracking: <http://www.sarsat.noaa.gov/images/sarsat-diagram.jpg>
- OACI. (7 de diciembre, 1944). Convenio de Chicago. *Convenio sobre Aviación Civil Internacional*. Chicago, EE.UU.: OACI.
- OACI. (2000a.). Doc 8733 - *Plan de Navegación Aérea Regiones del Caribe y Sudamérica - ANP Básico CAR/SAM*. Vol.I., 1ra. Ed., 160 pp. Lima, Perú: OACI.
- OACI. (2000b.). Doc 8733 - *Plan de Navegación Aérea Regiones del Caribe y Sudamérica - FASID CAR/SAM*. Vol.II, 1ra. Ed., 395 pp. Lima, Perú.
- OACI. (Julio, 2001). Anexo 11. Servicios de Tránsito Aéreo. *Normas y métodos recomendados internacionales, Decimotercera*, 87. Montréal, Quebec, Canadá.
- OACI. (25 de noviembre, 2004). Anexo 12. Búsqueda y Salvamento. *Normas y métodos recomendados internacionales, Octava*, 26. Montréal, Quebec, Canada.
- OACI. (2005). Resumen de los Anexos 1 al 18 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional. 40. Montreal, Quebec, Canadá.
- OACI. (2009). *Informe Final. Reunión SAR Regiones NAM/ CAR/SAM*. Puntarenas.



- OACI. (2010). Anexo 6. Operación de Aeronaves - Parte I. Transporte Aéreo Comercial Internacional - Aviones. In OACI, *Normas y métodos recomendados internacionales* (9na. ed., Vol. I, p. 282). Montreal, Quebec, Canadá.
- OACI. (2011). *Circular 330 "Cooperación cívico-militar para la gestión del tránsito aéreo"*. Montreal: OACI.
- OACI. (2013). Manual de Gestión de la Seguridad Operacional. *Doc 9859 AN/474*, 3ra. Edición, 272. Montréal, Quebec, Canadá.
- OACI. (s.f.). *Fechas de Adhesión o Ratificación al Convenio OACI*. Recuperado el 15 de junio, 2014, de [http://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/Chicago\\_ES.pdf](http://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/Chicago_ES.pdf)
- OACI-SAM. (1973). Acuerdo Multilateral de Búsqueda y Salvamento. (*Reg. No.2499 OACI*), 10. Lima, Perú.
- OACI-SAM. (1999). *Informe Final. Tercera Reunión Regional CAR/SAM de Navegación Aérea*. OACI-SAM, Buenos Aires.
- OACI-SAM. (2001). *Directrices para mejorar el uso del Sistema COSPAS-SARSAT en las regiones CAR/SAM*. Lima: OACI.
- OACI-SAM. (2006). Plan de Coordinación Regional Sudamericano de Búsqueda y Salvamento. Lima, Perú.
- OACI-SAM. (2009). Material de orientación regional CAR/SAM para programas de garantía de calidad de servicios de búsqueda y salvamento. *Versión 2.0*. Puntarenas, Costa Rica.
- OACI-SAM. (2010). *Informe Final. Séptimo Seminario-Taller/Reunión de Implantación de Búsqueda y salvamento de la Región SAM (SAR/7-SAM)*. OACI. Lima: OACI.
- OACI-SAM. (2011). *Informe Final. Octavo Seminario-Taller/Reunión de Implantación de Búsqueda y Salvamento de la Región SAM*. Informe Final, Asunción.
- OMI. (1 de noviembre, 1974). *Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS)*, pp. 409. Londres, Reino Unido: Enmienda 2004.
- OMI. (1979). *Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo*. 23. Hamburgo, Alemania.
- OMI. (2000). *Siniestros y salvamento en el mar*. 18. Londres, Reino Unido.
- OMI. (2011). *Availability of Search and Rescue (SAR) Services*. London, United Kingdom.
- OMI/OACI. (2010 a.). *Doc.9731-AN/958 - Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento* (8va. ed., Vol. I. Organización y Gestión). Montreal, Quebec, Canadá: OACI.
- OMI/OACI. (2010 b.). *Doc.9731-AN/958 - Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento* (5ta. ed., Vol. II. Coordinación de las Misiones). Montreal, Quebec, Canadá: OACI.
- OMI/OACI. (2010 c.). *Doc.9731-AN/958 - Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento* (8va. ed., Vol. III. Medios Móviles). Montreal, Quebec, Canadá: OACI.
- Presidencia de Colombia. (30 de diciembre, 1992). Decreto 2171 de 1992. *Por el cual se reestructura el Ministerio de Obras Públicas y Transporte como Ministerio de Transporte y se suprimen, fusionan y reestructuran entidades de la rama ejecutiva del orden nacional*, 115. Bogotá D.C., Colombia.
- Presidencia de Colombia. (5 de agosto, 2010). Decreto 2937 de 2010. *por*



el cual se designa la FAC como Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado y ente coordinador ante la Autoridad Aeronáutica Civil de Colombia. Bogotá D.C., Colombia.

Ramírez González, A. (s.f.). *Metodología de la Investigación Científica*. Recuperado el 27 de agosto de 2014, de Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá.: <http://www.javeriana.edu.co/ear/ecologia/documents/ALBERTORAMIREZMETODOLOGIADELAINVESTIGACIONCIENTIFICA.pdf>

Roldán Jiménez, D. G., y Ruíz, J. M. (8 de septiembre, 2013). Modelación Matemática de una Operación Aérea de Búsqueda. (Solano Jiménez, M. Ed.) *Ciencia y Poder Aéreo*, 8(1), 21-25.

U.S. ARMY. (2005). *Manual de Entrenamiento de Tripulación*. Washington D.C., EE.UU.

UAEAC. (20 de marzo, 2007). ACUERDO NUMERO 21. *Programa Nacional de Instrucción para el Personal que Presta los Servicios de Protección y Apoyo al Vuelo*, pp. 33. Bogotá D.C., Colombia.

UAEAC. (2007b.). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia. In UAEAC, *Parte 16. Búsqueda y Sal-*

*vamento*, vol. 16, p. 57. Bogotá D.C., Colombia: UAEAC.

UAEAC. (10 de octubre, 2007). Resolución No.4887 de 2007. *Creación de los Grupos de Servicio y Extinción de Incendios "SEI" y Búsqueda y Salvamento "SAR"*. Bogotá D.C., Colombia.

UAEAC. (12 de diciembre, 2011). Plan de Navegación Aérea para Colombia. *Vol.I. Requerimientos Operacionales, Versión: 06*, pp. 161. Bogotá D.C., Colombia: UAEAC.

UAEAC. (2013). AIP Colombia - GEN 3.6 Búsqueda y Salvamento. In *Publicación de Información Aeronáutica*. Bogotá D.C., Colombia.

UAEAC. (2014a.). Reglamento Aeronáutico de Colombia. *Proyecto Nuevo RAC 98 "Búsqueda y Salvamento"*. Bogotá D.C., Colombia.

UAEAC. (2014b.). Proyecto "Plan Operativo de Búsqueda y Salvamento". POSAR. Bogotá D.C., Colombia.

UAEAC-FAC. (25 de noviembre, 2011). *Convenio de Cooperación entre la UAEAC y la FAC*. Bogotá D.C., Colombia.

Vincent, T. U. (1993). Dentro del Circulo. *Air & Space Power Journal - Español*.

### Para citar este artículo:

Rodríguez, I. (2015). Influencia de los factores humanos y la ergonomía en el diseño de cabinas de aviación. En Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia - compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Cap. 2. Estudios sobre ergonomía en el diseño de cabinas y operaciones de búsqueda y salvamento, pp. 82-109. Colección Ciencia y Poder Aéreo No.9. Bogotá, D.C., Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.





**Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.**

Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia.

Capítulo 2. Estudios sobre ergonomía en el diseño de cabinas y operaciones de búsqueda y salvamento.

Artículo 2. Operaciones de Búsqueda y Salvamento (SAR) seguras y efectivas en Colombia

Pp. 110-140

ISBN: 978-958-99406-6-2

Bogotá- Colombia (Suramérica).

Noviembre, 2015.

**Artículo de revisión**

Director de investigación: CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez

Asesor metodológico: Rafael Pérez Uribe, PhD.

Línea de investigación: Factores Humanos - Grupo CIPAER / Seguridad Aérea - Inspección General Fuerza Aérea (IGEFA)

Evaluación interna: 06/11/14

Evaluación externa: 31/08/15

Operaciones de

# BÚSQUEDA Y SALVAMENTO (SAR) seguras y efectivas en Colombia<sup>1</sup>

111

Search and Rescue (SAR) Operations  
Safe and Effective in Colombia

Autor: Iván Fernando Rodríguez Pineda<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Artículo de revisión, desarrollado como trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

<sup>2</sup> Oficial de grado Capitán de la Fuerza Aérea Colombiana. Ingeniero Mecánico de la Escuela Militar de Aviación. Especialista en Logística Aeronáutica del Instituto Militar Aeronáutico, actualmente Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana. Magíster en Certificación de Aeronaves y Ensayos en Vuelo de la Universidad Politécnica de Madrid- España. Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico: ivanfernandorodriguez@gmail.com

# Resumen

---

Este artículo de revisión es producto del análisis y escrutinio de documentos, manuales y normatividad vigente en el ámbito nacional e internacional que fundamentan la Búsqueda y Salvamento Aéreo (SAR). Asimismo, fue escrito con el propósito de establecer algunos factores y principios claves para llevar a cabo de forma organizada, segura y efectiva el proceso de una Operación SAR en caso de siniestro o accidente aéreo dentro del territorio Colombiano.

Durante el proceso de investigación para la formulación de este artículo se encontró una amplia gama de normas, documentos e información a nivel local, regional y mundial en materia SAR, lo cual dificulta la selección de puntos de referencia específicos y al mismo tiempo genera vacíos al momento de ubicarlos y tratar de aplicarlos de forma integral en el contexto y entorno de un Estado como Colombia, teniendo en cuenta la fuerte incidencia y limitaciones que imponen algunos elementos como la seguridad nacional, la lucha contra el terrorismo u organizaciones al margen de la ley, en el movimiento y acción temprana de las organizaciones y Unidades de Búsqueda y Salvamento (SRU's) que pretenden dar respuesta y auxilio oportuno en un siniestro dentro de la Región SAR asignada por al OACI a la República de Colombia.

Finalmente, de los documentos y bibliografía consultada se consolidó la estructura enunciada en el desarrollo del contenido, la cual no es necesariamente secuencial, en la que se trató de definir de la forma más concreta posible algunos principios a tener en cuenta para una buena organización y coordinación SAR, los cuales son definidos en el numeral 5 del contenido, además de mencionar los roles, funciones, niveles de participación y dependencias jerárquicas de las entidades que participan y son responsables de la prestación del servicio SAR en cualquiera de los escenarios a saber: aéreo, terrestre, marítimo o fluvial.

**Palabras clave:** búsqueda, coordinador, operación, salvamento, servicio.



# Abstract

---

This review article is the result of the analysis and scrutiny of documents, manuals and regulations in force in the national and international levels that support the Search and Air Rescue “SAR”, likewise, was written with the purpose of establishing some factors and key principles out in an organized, safe and effective take the process a SAR operation in case of accident or crash within Colombian territory.

During the research process for the preparation of this article was found a wide range of standards, documents and information at local, regional and global levels in SAR, which hinders the selection of specific benchmarks and simultaneously generates empty the time to locate and try to apply them holistically in the context and environment of a state like Colombia, considering the high incidence and limitations imposed by some elements such as national security, combating terrorism or organizations outside the law, in moving and early action of organizations and Search and Rescue Units (SRU’s) that aim to address and timely assistance in a disaster within the SAR Region assigned by the ICAO to the Republic of Colombia.

Finally, documents and bibliography structure embodied in content development was consolidated, which is not necessarily sequential, in which he tried to define as precisely as possible some principles to consider for good organization and coordinating SAR, which are defined in section 5 of the content, in addition to mentioning the roles, functions, levels of participation and hierarchical dependencies of the entities involved and are responsible for the provision of SAR service in any of the scenarios are: air, land, sea or river.

**Key Words:** Coordinator, Operation, Rescue, Search, Service.



# Introducción

---

114

Con base en el marco teórico que en materia SAR establecen las leyes y documentos nacionales e internacionales vigentes, y comparado en la experiencia adquirida en las operaciones de búsqueda y salvamento de aeronaves tanto civiles como militares en el territorio Colombiano, se consideró conveniente realizar un análisis documental para estructurar en síntesis un texto que permita identificar algunos factores y pilares esenciales para contribuir y orientar la ejecución de las actividades y procedimientos de las operaciones SAR de la forma más organizada, efectiva y segura posible; teniendo en cuenta la relevancia que tiene el poder dar atención rápida y oportuna a los supervivientes de un accidente aéreo.



# Metodología

---

De acuerdo al escrito Metodología de la Investigación Científica (Ramírez González, s.f., pp. 40-44), en el presente artículo de revisión se utilizó como método, el análisis [3.3.3] con técnica cualitativa [3.4.2] de tipo teoría fundada [3.4.2.1.] y observación participante [3.4.2.4.c.].

Del material investigado comprendido por manuales, normatividad vigente y otros documentos se realizó un análisis de la información concerniente, con el fin de sintetizar, describir e ilustrar algunos de los componentes, procedimientos y métodos más utilizados en las misiones SAR para contribuir a realizar una secuencia de trabajo apropiada y lograr el éxito de la operación.



# Búsqueda y Salvamento en Colombia

## Antecedentes

Es prácticamente una constante que en el desarrollo de una operación SAR participen de forma activa y simultánea múltiples organismos de apoyo, sin embargo, en algunos casos en vez de representar esto una fortaleza para el sistema SAR, lo ha convertido en una debilidad significativa y en una carga adicional para la Operación SAR por el alto riesgo que implica para la ejecución táctica el desempeño inapropiado e irresponsable de funcionarios, entidades de apoyo y otro personal civil, los cuales, aparte de no realizar una efectiva gestión y valoración del riesgo, no poseen las capacidades y competencias necesarias para el desempeño requerido exponiéndose innecesariamente a peligros, lesiones, enfermedad o daño del equipo convirtiéndose eventualmente de rescatista a persona por rescatar.

Las operaciones SAR en condiciones normales, por su misma naturaleza, envuelven una gran variedad de riesgos que implican altos niveles de complejidad; a continuación se mencionan algunos peligros clasificados en dos grupos principales los cuales han sido identificados en la ejecución multi-organizacional y que pudiesen haber traído un resultado más catastrófico que el mismo hecho que motivó la operación SAR, impactando gravemente la organización:

- Aeronaves en misión de búsqueda:
  - saturación del espacio aéreo,
  - cruces inadvertidos y peligrosos,
  - falta de coordinación y/o comunicación.
- Personal SAR en labores de salvamento:
  - cumplimiento de roles sin tener las competencias mínimas requeridas,
  - imprudencia en los procedimientos,
  - impericia para ejecutar las tareas,
  - incumplimiento de instrucciones y/o secuencia de las acciones requeridas por la autoridad competente o Coordinador SAR.





Por otro lado, el volumen de las operaciones aéreas civiles ha incrementado significativamente en los últimos años y por consiguiente ha aumentado la responsabilidad de los Estados para atender los sucesos SAR. Existe una preocupación no sólo de Colombia, también en casi todos los países para fortalecer sus sistemas SAR y atender los compromisos establecidos en los convenios internacionales de manera que en el informe final del Séptimo Seminario-Taller/Reunión de Implantación de Búsqueda y Salvamento de la Región SAM<sup>3</sup> (SAR/7-SAM) se mencionó en el numeral 1.6 de la Cuestión 1 del Orden del día “organización de los servicios SAR en la Región SAM” lo siguiente:

Las administraciones de aviación civil, raramente están en control de todos los recursos disponibles para las operaciones SAR. Por consiguiente, tal vez tengan que establecer acuerdos con las fuerzas armadas nacionales u otros organismos u organizaciones a fin de disponer de sus recursos. (OACI-SAM, 2010, p. 11).

## Fundamentos

Con referencia a la normatividad pero principalmente con el interés de cumplir la responsabilidad adquirida con los ciudadanos y la comunidad internacional de prestar la asistencia requerida a las víctimas de accidentes aéreos, el Estado Colombiano ha dispuesto de normatividad interna aplicable y de obligatorio cumplimiento por parte de las entidades públicas y privadas para el acatamiento adecuado de los deberes SAR “considerando que los Servicios SAR de la mayoría de los Estados Americanos son conjuntamente provistos por organizaciones civiles y militares del mismo Estado, en beneficio de la aviación en general sin distinciones” (OACI-SAM, 1973, p. 1).

La responsabilidad de Estado de la República de Colombia en cuanto a la prestación de los servicios SAR tiene sus cimientos en la Ley 12 del 23 de octubre de 1947 (Congreso de Colombia) por la cual se aprobó la *Convención sobre Aviación Civil Internacional* firmada en Chicago, EE.UU. el 7 diciembre de 1944 (OACI), de la cual se elaboró el instrumento de ratificación depositado el 31 de octubre del mismo año (OACI) ante el Gobierno de EE.UU.; el Convenio OACI en el Artículo 25. Aeronaves en peligro, establece lo siguiente:

Cada Estado contratante se compromete a proporcionar los medios de asistencia que considere factibles a las aeronaves en peligro en su territorio y a permitir, con sujeción al control de sus propias autoridades, que los propietarios de las aeronaves o las autoridades del Estado en que estén matriculadas proporcionen los medios de asistencia que las circunstancias exijan. Cada Estado contratante, al emprender la búsqueda de aeronaves perdidas, colaborará en las medidas coordinadas que oportunamente puedan recomendarse en aplicación del Convenio. (OACI, 1944, p. 9)

Cabe resaltar, aunque pareciese redundante, que de acuerdo al Artículo 3., el *Convenio de Chicago* “se aplica solamente a las aeronaves civiles y no a las aeronaves de Estado” (OACI, 1944, p. 5).

3 SAM: Oficina Regional Sudamericana.





El *Convenio sobre Aviación Civil Internacional* está compuesto además por 19 anexos técnicos los cuales contienen las normas y métodos recomendados internacionalmente (OACI, 2005). El *Anexo 12. Búsqueda y salvamento*, define el servicio SAR de la siguiente manera:

El desempeño de las funciones de supervisión, comunicación, coordinación y búsqueda y salvamento, asistencia médica inicial o evacuación médica en una situación de peligro, mediante la utilización de recursos públicos y privados, incluyendo las aeronaves, buques y otras embarcaciones e instalaciones que colaboren en las operaciones. (OACI, 2004, p. 11)

117

El anexo 6. Operación de Aeronaves, aparte de establecer en su capítulo 6. Instrumentos, equipos y documentos de vuelo donde está relacionado el equipo de salvamento apropiado para el sustento de la vida en el vuelo que se vaya a emprender y el área sobre la que se haya de volar, además establece que “los explotadores se cerciorarán de que los pilotos al mando de los aviones dispongan a bordo de toda la información esencial relativa a los servicios SAR del área sobre la cual vayan a volar” (OACI, 2010, p. 50), la cual, para el caso de la Región SAM puede ser consultada en la “Tabla SAR 1. Instalaciones SAR” del Volumen II - FASID del ANP -Plan de Navegación Aérea- de la Región CAR/SAM (OACI, 2000 b., p. 310).

“Cuando una aeronave ameriza, se convierte de un caso SAR aeronáutico en un caso SAR marítimo, significando que el RCC<sup>4</sup> marítimo y todos los recursos SAR previstos por sus autoridades entran en escena” (OACI-SAM, 2006, p. 5), de acuerdo al Documento SAR.8/Cir.3 relativo al Plan Mundial SAR (OMI, 2011, pp. 66-75), la Autoridad Nacional responsable del SAR Marítimo en Colombia es la Armada Nacional a través de los Centros de Operaciones y las Estaciones de Guardacostas, tanto para el mar Caribe como para el mar Pacífico, y actuarán de conformidad con las normas contenidas en el Convenio SAR Marítimo de 1979 y el Convenio SOLAS de 1974, aprobados por el Gobierno de Colombia, según se especifica en los párrafos ulteriores.

4 RCC: Centro Coordinador de Salvamento



El *Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo* de cumplimiento obligatorio para los Estados contratantes, fue aprobado por Colombia mediante la Ley 10 de 1986 (Congreso de Colombia), considerando, entre otros, “la conveniencia de fomentar la cooperación entre las organizaciones SAR de todo el mundo y entre los que participen en operaciones SAR en el mar” (OMI, 1979, p. 2). Del mismo modo, dentro del documento está establecido un Anexo de seis capítulos que contiene el “Plan Internacional SAR ajustable de modo que independientemente del lugar donde ocurriera el accidente, el salvamento de las personas que se hallasen en peligro fuese coordinado por una organización SAR” de la zona (OMI, 2000, p. 14).

El *Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar “SOLAS”*, fue aprobado por Colombia mediante la Ley 8 de 1980 (Congreso de Colombia) y establece en su Capítulo V. Seguridad de la navegación, la Regla 33 - Situaciones de socorro: obligaciones y procedimientos (OMI, 1974, p. 292).

## Autoridades Delegadas para prestar el servicio SAR aeronáutico

De acuerdo al numeral 1) de la Recomendación 6/12 de la Reunión CAR/SAM/3, los Estados deben “identificar las autoridades SAR aeronáuticas en la legislación y en los planes SAR nacionales de alto nivel y tomar disposiciones para apoyar dichas autoridades según las necesidades” (OACI-SAM, 1999).

En referencia a lo anterior y en cumplimiento de los tratados internacionales mediante el Artículo 90 del Decreto 2171 de 1992, el Gobierno de Colombia delegó a la UAEAC<sup>5</sup> la función de “Planificar y prestar los servicios de navegación aérea relativos al control del tránsito aéreo, comunicaciones y radioayudas, información aeronáutica, meteorología aeronáutica, y búsqueda y salvamento aeronáutico” (Presidencia de Colombia, 1992, p. 86).

De acuerdo a la Publicación de información Aeronáutica -AIP-Colombia- “Los servicios SAR Aeronáuticos en Colombia son suministrados por la UAEAC, para aeronaves nacionales o extranjeras extraviadas o accidentadas dentro del territorio nacional o aguas jurisdiccionales” (UAEAC, 2013); y “la UAEAC como Autoridad aeronáutica en Colombia debe garantizar la disponibilidad del servicio SAR en las regiones de información de vuelo -FIR- bajo responsabilidad de Colombia” (UAEAC, 2011, p. 26); adicionalmente, la responsabilidad de prestar los servicios SAR a la aviación civil está incorporada en el numeral 16.2.1.1 de la parte Décimo Sexta de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia [RAC] de la siguiente manera:

Es función de la UAEAC como autoridad aeronáutica, la dirección, coordinación, planificación y control de las labores de búsqueda, rescate, asistencia y salvamento de las aeronaves civiles, nacionales o extranjeras extraviadas o accidentadas en el espacio aéreo colombiano o en cualquier parte del territorio nacional (continental, insular y marítimo). (UAEAC, 2007 b., p. 6)

En complemento, la UAEAC mediante Resolución No.4887 del 10 de octubre de 2007 creó los grupos SEI<sup>6</sup> y SAR adscritos a la Dirección de Servicios a la

5 UAEAC – Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

6 SEI: Servicio y Extinción de Incendios.



Navegación Aérea asignando funciones al Grupo SAR y a sus Direcciones Regionales Aeronáuticas (UAEAC, 2007 c.).

El Comando General de las Fuerzas Militares [CGFM], a través del Anexo “B” -Misiones y Funciones Operacionales Fuerza Pública- de la Directiva Permanente No.003/2008 “Difusión y Aplicación Tareas y Roles Fuerzas Militares”, en materia SAR, tiene por mandato para la FAC y la Armada Nacional realizar las siguientes Operaciones Tipo (CGFM, 2009, pp. 18-22):

119

- Fuerza Aérea Colombiana “FAC”
  - Búsqueda y rescate en Combate “CSAR”.
  - Búsqueda y Rescate en Siniestros Aéreos y Marítimos.
  - Búsqueda y Rescate en Desastres Naturales.
- Armada Nacional “ARC”
  - Operaciones de Protección de la Vida Humana en el Mar (Búsqueda y Rescate, Control del Tráfico Marítimo, Entre otros).
- En lo que respecta al Ejército y la Policía Nacional, solo tendrán servicios CSAR como medida de subsistencia y apoyo a su fuerza.

Por otro lado, el Gobierno nacional consciente que las entidades del Estado, en muchas situaciones, no tienen el músculo necesario para enfrentar completamente y por sí solas las responsabilidades que les son asignadas, estableció el Principio de coordinación en el “Artículo 6° de la Ley 489 de 1996, en virtud del cual “las autoridades administrativas deben garantizar la armonía en el ejercicio de sus respectivas funciones con el fin de lograr los fines y cometidos estatales” (Congreso de Colombia, 1998).

En el año 2010, el Gobierno Nacional designó a la FAC “como Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado y ente coordinador ante la Autoridad Aeronáutica Civil Colombiana” (Decreto 2937 de 2010), y en complemento, con el fin de aunar esfuerzos, optimizar la utilización de los recursos, y dar una respuesta apropiada a la responsabilidad que en materia SAR posee el Estado Colombiano, las autoridades Aeronáuticas de aviación civil “UAEAC” y de aviación de estado “FAC”, firmaron un *Convenio de Cooperación* con el fin de fortalecer el funcionamiento del Sistema Nacional del Servicio SAR -SNSSAR- del cual es relevante mencionar lo estipulado en el numeral 16.:

En cumplimiento de las normas y métodos recomendados por la OACI, adoptados por Colombia, relativos a la prestación de ayuda entre organismos nacionales proveedores de servicios e instalaciones para atender casos SAR, la FAC y el Grupo SAR de la UAEAC en coordinación con el CNRP7, atenderán toda emergencia de carácter aéreo de aeronaves civiles, nacionales o extranjeras u otra condición que amerite tal ayuda. (UAEAC-FAC, 2011, p. 3)

7 CNRP (Centro Nacional de Recuperación de Personal): Entidad creada por el gobierno nacional liderada por la FAC con el fin de coordinar los organismos de socorro y atención humanitaria civiles y militares del país; cuyo objetivo principal es optimizar los recursos disponibles y los tiempos de respuesta para brindar atención a la población vulnerable, personal herido y/o víctimas en emergencia médica a consecuencia de desastres naturales, accidentes aéreos, o el conflicto.



La FAC, en su interés institucional de contribuir a dar la respuesta apropiada que como Estado se debe cumplir ante los sucesos SAR, ha establecido en el *Plan Estratégico institucional 2011-2030* dentro de la Oferta de Valor y Capacidades Distintivas que en materia de Servicios SAR se “ha desarrollado esta capacidad mediante operaciones de Recuperación de Personal por medios aéreos a través del CNRP” (FAC, 2011a, p. 28); incorporó la “Búsqueda y Salvamento” en su Doctrina como Operación tipo dentro de la Misión Típica “Recuperación de Personal Humanitaria” para cumplir la función de “Contribuir a los fines del Estado y participar en programas de cooperación” (MADBA, 2013, p. 108); y adicionalmente estableció la Directiva permanente No.061/2011 que trata del Plan SAR para accidentes aéreos y marítimos dentro de la cual se enuncia como punto de partida lo siguiente:

Las operaciones SAR, actúan como un sistema, requiriendo de una organización precisa que permita el uso eficiente de los recursos y asignación de responsabilidades a fin de garantizar una excelente coordinación, para ubicar rápidamente a los supervivientes y responder a personas aparentemente en peligro o en necesidad de ayuda, tanto en accidentes aéreos como marítimos. (FAC, 2011 b, p. 3)

## Generalidades

La búsqueda y el salvamento son básicamente dos misiones generales, pero diferentes, que están encaminadas al mismo objetivo, el cual consiste principalmente en la recuperación de personal.

“Las dos operaciones -búsqueda y Salvamento- pueden adoptar muchas formas, dependiendo del tamaño y la complejidad de la operación y la capacidad y especialización de personal disponible, equipo e instalaciones” (CAAS, 2010, p. 13).

Cuando los servicios de tránsito aéreo tengan conocimiento de una aeronave en peligro, en coordinación con el Centro Coordinador de Salvamento -RCC-, podrá realizar la declaración de la fase de emergencia SAR con la información disponible, de acuerdo a clasificación relacionada en la Tabla 1., y la cual está directamente relacionada con el grado de preocupación que se tiene al respecto de la seguridad de una aeronave o de un buque y de las personas a bordo.

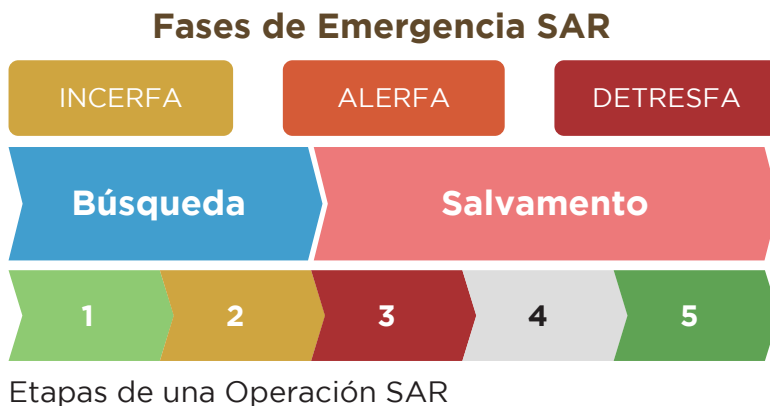
**Tabla 1.** Fases de Emergencia SAR.

FASE	DEFINICIÓN	SITUACIÓN
<b>INCERFA</b>	Incertidumbre	Existen dudas
<b>ALERFA</b>	Alerta	Se teme
<b>DETRESFA</b>	Peligro	Hay motivos justificados

**Fuente:** Elaboración propia basado en el Manual IAMSAR, Vol. II (OMI/OACI, 2010 B., P. 78)



El orden de ejecución de las misiones es secuencial, es decir, toca llevar a cabo la misión de búsqueda para poder desarrollar la de salvamento, y al encontrar la aeronave accidentada o el objeto de la misión de búsqueda, ésta finaliza y se da paso a las acciones conducentes a la misión de salvamento, y “dependiendo de las características de la tripulación y de las aeronaves es posible fijar probabilidades que permitan determinar éxito en la búsqueda” (Roldán Jiménez y Ruíz, 2013, p. 25).



**Figura 1.** Misiones, Fases de emergencia y Etapas de una Operación SAR. *Fuente:* Adaptado por el autor (López D., 2014).

Sin embargo, durante el proceso de ejecución de la misión de búsqueda, paralelamente hay que desarrollar muchas actividades de la misión de salvamento relacionadas principalmente con la organización y alistamiento de las unidades, personal y equipo a utilizar en la misión de salvamento; los cuales en la mayoría de los casos involucran gran parte de los medios empleados en la búsqueda.

Una operación SAR tiene un proceso evolutivo que consiste básicamente de cinco etapas, las cuales necesariamente no son secuenciales sino un estándar o un curso de acción recomendado y se encuentran especificados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Etapas de una operación SAR.

ETAPA	ACTIVIDAD
<b>1. Toma de conocimiento</b>	Alertar servicios SAR.
<b>2. Acción inicial</b>	Obtener más información. Evaluarla y clasificarla.
<b>3. Planificación</b>	Plan de operaciones de búsqueda, salvamento, y de traslado de supervivientes.
<b>4. Operaciones</b>	Envío de medios SAR al lugar de la emergencia para realizar: búsqueda, salvamento, asistencia médica y traslado de heridos.
<b>5. Conclusión</b>	Retorno de unidades. Rendir informes Preparación para misiones subsiguientes.

*Fuente:* elaboración propia basado en el Manual IAMSAR, Vol. II (OMI/OACI, 2010 b., p. 77).



## Principios a tener en cuenta

Durante la evolución de las situaciones que van rodeando un suceso SAR, los principios enumerados a continuación, deben ser tenidos en cuenta por todo el personal comprometido, ya que son de vital importancia para garantizar el éxito de la Operación SAR:

122

**Información:** toda persona u organización que tenga conocimiento o reciba información de una aeronave que se encuentre en situación de peligro o fase de emergencia, está en la obligación de transmitir la información pertinente a la(s) organización(es) encargada(s) de prestar la asistencia requerida de acuerdo a la condición de la aeronave, así mismo, “Los centros de información de vuelo o de control de área servirán de base central para reunir toda información relativa a la situación de emergencia de cualquier aeronave dentro su área de control y para transmitirla al RCC apropiado” (OACI, 2001, p. 46).

**Comunicación:** teniendo en cuenta que “una comunicación eficaz requiere que el receptor reciba, comprenda y pueda actuar según la información obtenida” (FAC, 2010, p. 29); en las operaciones SAR es necesario que haya permanentemente una comunicación positiva, la cual consiste básicamente en que se confirme y retroalimente la información tratada para que tanto el emisor como el receptor del mensaje tengan claridad y se pueda cumplir el objetivo del mismo.

**Objetivo:** un buen punto de partida es que todos las unidades SAR, organismos y personas participantes tengan claro que el objetivo y “la misión de los Servicios SAR es encontrar a las personas en peligro, ayudarlas y trasladarlas a un lugar seguro” (OMI/OACI, 2010 a., p. 73), a través de la sinergia que se puede lograr cuando cada unidad SAR actúa de forma organizada y desarrolla las actividades que le competen de acuerdo a sus capacidades y rol asignado.

**Organización:** consiste en la “determinación de la estructura, re-saltación de las tareas, quién las hace, cómo se agrupan, quién reporta a quién, dónde se toman las decisiones” (IGEFA, 2003, p. 10), considerando que “la clave para organizar unos buenos servicios SAR es su director” (OMI/OACI, 2010 a., p. 73) o Coordinador de Misión, el cual, es la persona encargada de liderar y organizar la ejecución de la operación, verificando que cada participante tenga claro tanto el rol que va a desempeñar de acuerdo a sus capacidades, como su ubicación dentro del nivel de coordinación de la organización SAR.

**Gestión:** una buena gestión de un líder en cualquier nivel de Coordinación suele estar determinada por “dar importancia a los procesos más que los resultados, ubicar los asuntos importantes sobre los urgentes, detectar y satisfacer las necesidades de sus colaboradores y aplicar el principio de la mejora continua” (OMI/OACI, 2010 a., pp. 74-75).

**Tiempo de reacción:** el sistema SAR debe estar alerta permanentemente para reaccionar de manera inmediata ante un suceso, teniendo en cuenta “que las probabilidades de supervivencia disminuyen con el tiempo, puede resultar más productivo efectuar la búsqueda unas pocas horas mientras hay luz día que esperar al día siguiente para desplegar los esfuerzos de búsqueda a escala completa” (OMI/OACI, 2010 b., p. 89).







**Disposición de medios:** es importante ubicar y “determinar la disponibilidad de los medios SAR” (OMI/OACI, 2010 b., p. 85) y siempre y cuando las condiciones meteorológicas lo permitan, coordinar que la aeronave que se encuentre más cerca del sitio del suceso SAR, inicie inmediatamente la misión de búsqueda con la información disponible, la cual debe ayudar a determinar la viabilidad de continuar con las operaciones nocturnas en el sector en caso que se considere necesario.

**Coordinar la Secuencia de las acciones y el tiempo de ejecución:** este es un elemento del CRM<sup>8</sup> utilizado por la tripulaciones, el cual es indispensable y aplicable en la buena ejecución coordinada de las actividades de todo tipo, ya que “la secuencia apropiada, tiempo, e interacción de máquina, equipo, y medio ambiente ayudan a asegurar que las acciones de un miembro se entrelacen con las acciones de otros, para ejecutar exitosamente la tarea o misión” (U.S. ARMY, 2005, p. 300).

**Gestión del riesgo:** teniendo en cuenta que con respecto a la percepción del riesgo “un fenómeno común de comportamiento humano es que la percepción y la aceptación del riesgo varían de acuerdo a la situación, al conocimiento del individuo, a su experiencia” (FAC, 2010, p. 28), es estrictamente necesario considerar que “un análisis de riesgos eficaz debe partir de una perspectiva panorámica del sistema y de la respuesta SAR y debe si es posible hacerse extensivo a todas las partes y grupos interesados” (OMI/OACI, 2010a., p. 125).

**Restringir el espacio aéreo:** consiste en la “reserva temporal de espacio aéreo para evitar que aeronaves no participantes puedan interferir en las operaciones SAR” (OMI/OACI, 2010 b., p. 27), con el fin de garantizar la seguridad de las aeronaves que se encuentren ejecutando las labores SAR.



# Organización y niveles de coordinación del Sistema SAR

El sistema SAR tiene 3 niveles generales de coordinación, los cuales se describen en la Tabla 3. (OMI/OACI, 2010 c., p. 26):

**Tabla 3.** Estructura de la Coordinación.

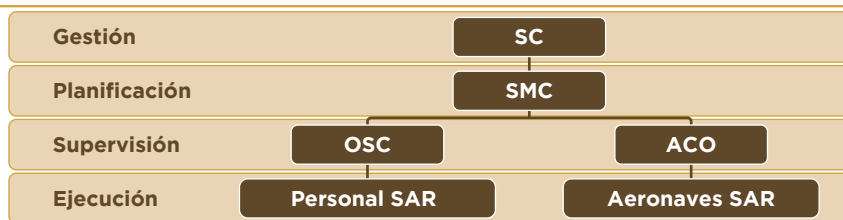
NIVELES	FUNCIONES
<b>Coordinador SAR [SC]</b>	Gestión
<b>Coordinador de Misión SAR [SMC]</b>	Planificación de misión
<b>Coordinador en el Lugar del Siniestro [OSC]</b>	Supervisión Operacional

*Fuente:* Manual IAMSAR, Vol.1, Tabla 1-1 (OMI/OACI, 2010 a., p. 26).

Además del OSC, el ACO [Coordinador de Aeronaves] participa activamente en la Operación SAR apoyando directamente la labor del OSC, pero ambos están subordinados al SMC o a la autoridad que éste delegue.

Es importante que los funcionarios que participan en el desarrollo de un suceso SAR, tengan clara su posición y dependencia dentro de la jerarquía del sistema, ya que esto les va a permitir tener claro el rol que van a desempeñar y el nivel de autorización para la toma de decisiones.

Para el caso de Colombia, en referencia a los niveles de coordinación establecidos en el Manual IAMSAR, el sistema SAR debería tener la organización jerárquica relacionada en la Figura 2.



**Figura 2.** Jerarquía del Sistema SAR. *Fuente:* adaptado por el autor del Manual IAMSAR (OMI/OACI, 2010b., p. 31).



En lo que respecta a la estructura de coordinación del Sistema SAR citado para Colombia, y teniendo en cuenta el impacto que generan algunos eventos SAR y la complejidad que envuelven las múltiples gestiones y coordinaciones que se deben realizar para el desarrollo efectivo de una operación SAR, los niveles de coordinación los deberían asumir los funcionarios que al interior de las autoridades aeronáuticas, tanto de aviación civil como de Aviación de Estado, ocupan los cargos relacionados en la Tabla 4.

# Medios de apoyo al Sistema SAR

El sistema de búsqueda y salvamento aéreo, se apoya principalmente de instalaciones, equipos y personal, a continuación se amplían las instalaciones y equipo.

## Instalaciones SAR

Las instalaciones SAR están compuestas básicamente por RCC y RSC<sup>9</sup>, a los cuales se les asigna una área de responsabilidad denominada Región “SRR” o Sub-región SAR “SRS”, según aplique, y por consiguiente se pueden clasificar en aeronáuticos y marítimos.

9 RSC: Sub-centros Coordinadores de Salvamento.

Tabla 4. Cargos para Coordinación SAR.

AUTORIDAD AERONÁUTICA	 AERONÁUTICA CIVIL Unidad Administrativa Especial	
SC	Subdirector General	Jefe de Operaciones Aéreas
SMC	Director de Servicios a la Navegación Aérea	Director CNRP (JRCC-FAC)
OSC	Jefe Grupo SAR (RCC-BOG)	Comandante UMA (Jefe ARSC-FAC)
ACO	Funcionario SAR (Jefe RSC-Civil)	Comandante Grupo de Combate/Transporte

Fuente: adaptado por el autor con base en López D., (2014).



Colombia tiene designada por OACI una SRR denominada “SRR-BOGOTA”, relacionada en la Figura 3., la cual “se divide en (14) SRS, cada una tiene un RSC, de los cuales (12) son ARSC (aeronáuticos) y (02) son MRSC (marítimos), que cubren la totalidad de los (32) departamentos y el área de influencia en los (02) océanos” (UAEAC, 2014b.).

126

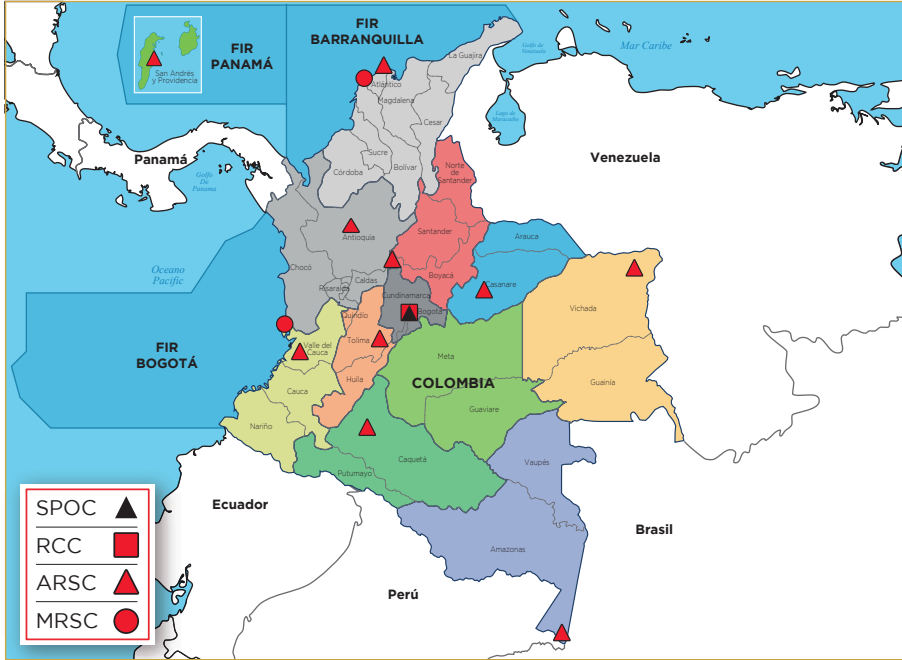


Figura 3. Región SAR “SRR-BOGOTA”. Fuente: Proyecto Nuevo RAC98 (UAEAC, 2014a.)

## Equipos y personal SAR

En lo que respecta a la búsqueda y salvamento aéreo, el equipo está compuesto por sistemas, como el COSPAS/SARSAT, dispositivos especializados de apoyo en las instalaciones, aeronaves, naves y/o vehículos, entre otros; algunos de los cuales son descritos a continuación:

**Aeronaves y naves SAR.** Las aeronaves y naves empleadas en las operaciones SAR, se encuentran clasificadas según su radio de acción y capacidades, como se relaciona en la Tabla 5.

**Sistema COSPAS-SARSAT<sup>10</sup>** Una herramienta muy útil en las operaciones SAR es la información que suministra éste sistema, que aunque no es exacto, conjugado con la información que se puede obtener de los centros de control, otras agencias y personas, contribuye significativamente a localizar el objeto de la búsqueda.

10 COSPAS: Cosmicheskaya Sistyema Avariynich Sudov (“space system for the search of vessels in distress”) – SARSAT: Search and Rescue Satellite-Aided Tracking.



Tabla 5. Aeronaves y Embarcaciones SAR.

TIPO	DESIG.	RADIO DE ACCIÓN	CAPACIDAD
Avión	ELR	Sumamente Grande ≥ 2.780 km	2½ hrs de búsqueda
	VLR	Muy Grande ≥ 1.850 km	
	LRG	Grande ≥ 1.390 km	
	MRG	Medio ≥ 740 km	
	SRG	Pequeño ≥ 280 km	1½ hrs de búsqueda
Helicóptero	HEL-L	Liviano ≤ 185 km	1-5 pax
	MEL-M	Mediano 185-370 km	6-15 pax
	MEL-H	Pesado >370 km	>15 pax
Nave	RB	Corto	Vel. ≥14 kts
	RV	Grande	Navegación en altura

Fuente: adaptado por el Autor del ANP CAR/SAM, Vol.II - FASID (OACI, 2000 b., p. 310)

En la Figura 4 se puede observar de forma breve y detallada la forma en la que funciona e interactúa el sistema.

El sistema está conformado por (COSPAS-SARSAT, 2014):

- Radiobalizas de Socorro (ver Tabla 6).
- Satélites con instrumentos a bordo que detectan las señales de las radiobalizas, de tipo LEO (*low-altitude Earth Orbit*) en órbita terrestre de baja altura, y de tipo GEO (*Geostationary Earth Orbit*) en órbita terrestre geoestacionaria.
- LUTs (*Local Users Terminals*): estaciones receptoras terrestres que reciben y procesan la señal satelital para generar las alertas de socorro.
- MCCs (*Mission Control Centers*): reciben las alertas producidas por los LUTs y las envían a los RCCs u otro MCC.
- RCC (*Rescue Coordination Center*) Centro Coordinador de Salvamento dentro del cual se ubica un SPOC, el cual es el Punto de Contacto SAR para la recepción de mensajes de alerta detectados por el sistema COSPAS/SARSAT.





Figura 4. Sistema Cospas-Sarsat. Fuente: (NOAA)

Tabla 6. Radiobalizas de Socorro.

TIPO		DESIGNACIÓN
Marítima	EPIRB	Emergency Position - Indicating Radio Beacom
Aérea	ELT	Emergency Locator Transmitter
Personal	PLB	Personal Locator Beacom

Fuente: adaptado por el autor (2014)



# Seguridad Operacional en las Operaciones SAR

En relación con el gran impacto y afectación de resultados que para cualquier organización generan los accidentes laborales, los cuales incrementan las tasas de ausentismo laboral, reducen la productividad y por consiguiente la rentabilidad de la organización, entre otros efectos; independientemente del tipo de enfoque o negocio que tenga, paulatinamente se ha ido aumentando significativamente el interés por desarrollar entornos y condiciones más seguras de trabajo. Para contribuir a este fin, en Colombia se ha determinado, en el Decreto 1443 de 2014, las disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo “SG-SST” (Ministerio del Trabajo, 2014), el cual es aplicable y de obligatorio cumplimiento para todas las organizaciones que participen en una operación SAR.

Como se mencionó al comienzo de este artículo, las operaciones SAR aeronáuticas implican muchos riesgos con altos niveles de complejidad, por lo tanto, las medidas que en materia de seguridad operacional se deben adoptar deben ser de tipo proactivas no con el enfoque de prevenir los accidentes aéreos sino con el de tener diseñados los mecanismos de atención apropiados cuando éstos se presenten, teniendo en cuenta la premura y rapidez con la que se deben llevar a cabo las acciones.

Dentro de las medidas proactivas, es necesario revisar y actualizar continuamente los Planes de Respuesta ante Emergencias “ERP”, ya que éstos “describen por escrito lo que se debe hacer después de un accidente o una crisis de aviación y quién es responsable de cada medida” (OACI, 2013, p. 221), adicionalmente estos planes deben “cubrir el periodo comprendido desde el momento en que se produce la alarma, una aeronave es declarada en emergencia o se tiene conocimiento de un accidente aéreo, hasta cuando se inicia la investigación” (FAC, 1998, p. 113).

Hay muchos peligros y/o condiciones latentes que por el entorno de operación y las variables que lo influyen prácticamente son imperceptibles y muy difíciles de identificar hasta el momento en el que se presenta el evento de seguridad; es importante considerar que muchas veces “la ausencia de accidentes no hace una organización segura, sino, a lo mejor, bastante afortunada” (Marchitto, 2011).

Los líderes de las Unidades que participan en la ejecución táctica de las operaciones SAR, deben mantener una alta alerta situacional y ojo crítico para poder identificar de forma apropiada todos los peligros que se van presentando durante la marcha de la operación. Del mismo modo, y teniendo en cuenta que las instrucciones impartidas vienen a ser evaluadas en el desempeño, el líder debe realizar una supervisión constante de la unidad que comanda, como







medida para mitigar o controlar los riesgos, y más cuando “bajo el concepto de la seguridad operacional se reconoce que el riesgo de lesiones o daños es una condición permanente y debe estar limitado a un nivel aceptable” [NASO] (OACI-SAM, 2010, p. 34).

Considerando el alto riesgo que por su misma naturaleza implica una operación SAR, y que dentro de los factores que contribuyen a un accidente, los cuales se clasifican en tres grupos: humanos, técnicos y operacionales. Lamentablemente el factor humano es causante del 70% de los eventos no deseados de seguridad sin contar la gran influencia que tiene en los otros dos factores, es indispensable que todo el personal involucrado mantenga “los ojos y mente en la tarea” (Electrolab Limited, 2014), para realizar una apropiada identificación de peligros y la evaluación de riesgos correspondiente, teniendo en cuenta que “la gestión del riesgo es una herramienta sumamente útil para determinar futuras prioridades de trabajo y mejorar la capacidad de cumplir con el objetivo de la organización” (OACI-SAM, 2011, p. 31).

En referencia a lo anterior, una buena forma de contrarrestar los resultados adversos, es realizando una taxonomía apropiada de los eventos, con el fin de establecer patrones de acción que permitan identificar esos elementos que más afectan e influyen, e invertir los esfuerzos de forma directamente proporcional al efecto que se quiere prevenir, es decir, si el factor humano está generando el 70% de los accidentes, en cuanto a esfuerzo se debería invertir en este factor ese mismo porcentaje utilizando de forma continua todos los mecanismos que se consideren necesarios, pasando por los motivacionales, estimulativos e incluso sancionatorios, cuando se hayan agotado otras instancias, hasta encontrar el camino que permita alcanzar y mantener el NASO que la organización haya establecido.

Otra forma de mejorar los resultados y la seguridad en el desarrollo de las misiones asignadas, es el entrenamiento del personal SAR, ya que a pesar que los escenarios en los que suceden los eventos en el territorio nacional pueden





llegar a ser supremamente complejos, impredecibles y diferentes a los en que se han desarrollado operaciones anteriores, éste brinda las herramientas que permiten, tanto al funcionario como a la organización, acercarse lo suficiente a una evaluación objetiva de cada situación, seleccionar cursos de acción adecuados y determinar hasta donde es seguro llevar a cabo una actividad. No obstante, lo más importante es que el personal que participa en el desarrollo de las operaciones sea consciente de sus capacidades y limitaciones para no asumir o afrontar los retos que las exceden cuando se presentan y poder abogar e inquirir por la alerta situacional evitando ponerse en peligro y generar cargas adicionales al sistema SAR.

Adicionalmente, para facilitar y orientar la toma de decisiones en la gestión del riego, se pueden utilizar metodologías y mecanismos como los siguientes:

Los modelos aeronáuticos de toma de decisiones [ADM] (FAA, 2009, pp. 41-53), explicados en la Figura 5., que por sus acrónimos en inglés se conocen como:

DECIDE: consiste en un proceso de seis pasos: Detectar, Estimar, Elegir, Identificar, Hacer y Evaluar.

3P: es utilizado comúnmente por los aviadores en situaciones de emergencia y consiste en: Percibir, Procesar y Realizar.

Ciclo de Boyd “OODA”: a pesar de haber sido diseñado para la toma de decisiones de combate de los pilotos de caza (Vincent, 1993), es de gran ayuda en cualquier escenario en donde se le quiera hacer referencia y se relaciona en la Figura 6.

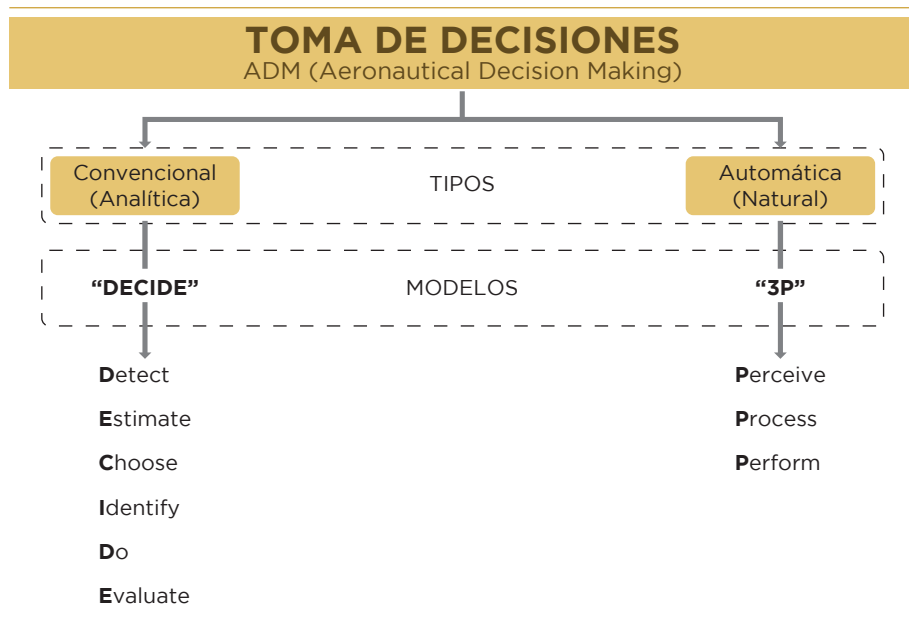
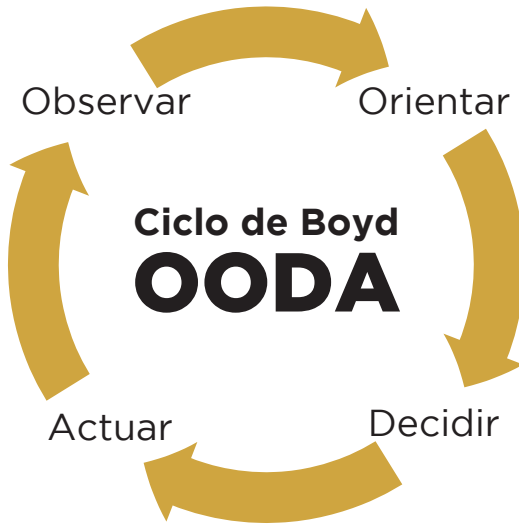


Figura 5. Modelos ADM. Fuente: adaptado por el autor (2014).

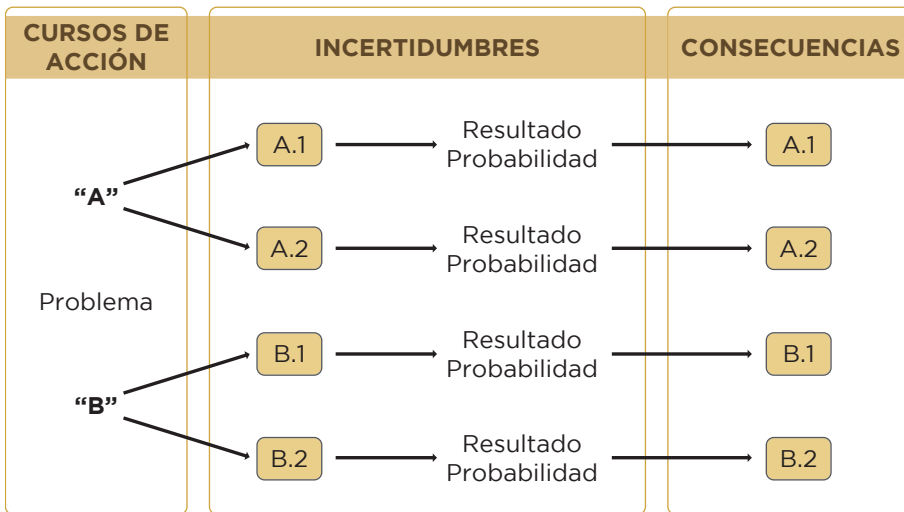




**Figura 6.** Ciclo de Boyd. *Fuente:* adaptado por el autor (2014).

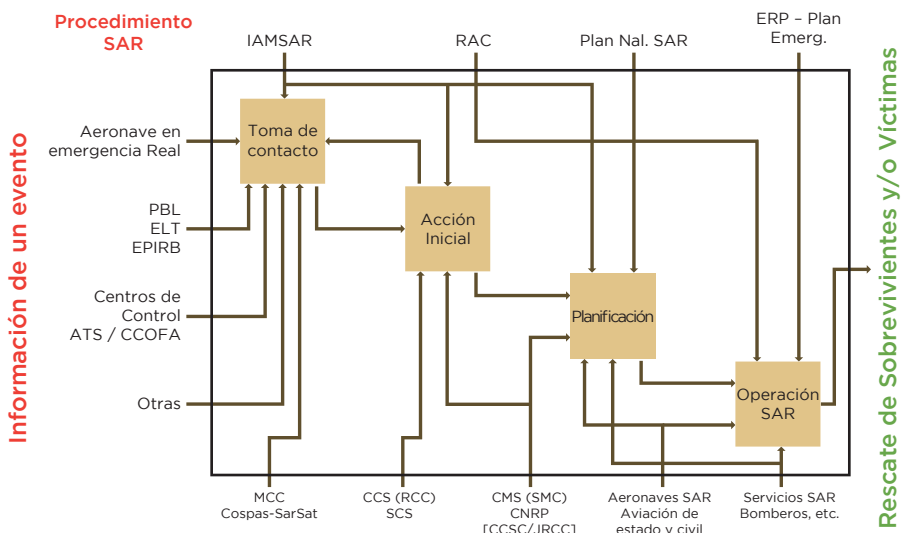
Árboles de perfiles de riesgo y decisión: su objetivo es reducir la incertidumbre y minimizar la posibilidad de error planteando cursos de acción frente a incertidumbres con posibles resultados y probabilidad de ocurrencia, con sus respectivas consecuencias (ver Figura 7).

También se puede utilizar el modelo IDEFØ [*Integration Definition for Function Modeling*], el cual sirve para “analizar y comunicar la perspectiva funcional de un sistema” (Knowledge Based Systems, Inc., 2010) y se relaciona en la Figura 6.



**Figura 7.** Árbol de Decisión. *Fuente:* adaptado por el autor del Manual de Estado Mayor (FAC, 2010, pp. 4-9)





**Figura 9.** Método IDEF0 para las Operaciones SAR. **Fuente:** elaboración propia con base en López D. (2014).

# Conclusiones

Siguiendo el análisis presentado en este producto de la investigación (artículo de revisión), aparte de los principios enunciados, se puede concluir lo siguiente:

“La provisión de servicios SAR es una obligación fundamental de los Estados miembros de la OACI en virtud del Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Son básicamente una actividad humanitaria, con el objetivo principal de salvar vidas” (OACI, 2011, p. 32), donde “la rapidez y el éxito de las operaciones dependen principalmente de una coordinación racional de recursos no siendo admisibles las acciones independientes que constituyen un uso inadecuado de medios, así como demora en la reacción” (FF.MM., 2010, p. 10).

Es necesario realizar todas las gestiones posibles para adelantar las labores de búsqueda, inmediatamente se tenga conocimiento de una aeronave extraviada, teniendo en cuenta que “la experiencia ha demostrado que las posibilidades de supervivencia de personas lesionadas disminuyen considerablemente en las primeras 24 horas que siguen al accidente y, en el caso de los ilesos, después de los primeros tres días” (OACI-SAM, 2001, p. 7). Adicionalmente, es fundamental que el personal comprometido en el desarrollo de una operación SAR, tenga conciencia que hasta que no se confirme lo contrario, “se debe suponer que en todo incidente, hay sobrevivientes que necesitan asistencia médica u otra clase de auxilio. Normalmente, los que supuestamente están físicamente y mentalmente capacitados, no pueden realizar tareas extremadamente simples, dificultando su propio salvamento” (FAC, 2008, p. 35).



Para evitar accidentes e incidentes, los cuales pueden ser definidos en la cotidianidad como el producto de una reacción inapropiada ante un suceso imprevisto o inesperado y en materia de seguridad como el resultado de una identificación o evaluación de riesgo deficiente; y poder alcanzar y mantener el Nivel Aceptable de Seguridad Operacional [NASO] en las Operaciones SAR, no sólo es indispensable realizar una correcta gestión del riesgo y supervisión de actividades, también, generar una buena cultura de seguridad en el personal, la cual se podría traducir en la automatización del comportamiento para realizar en forma segura todos los quehaceres del día a día.

Para lograr cumplir los propósitos y estándares requeridos en la prestación del servicio SAR, no sólo es esencial que se cumplan los requisitos establecidos por el mismo sistema, lo realmente significativo, es que cada organización tome consciencia de la importancia que representa el trabajo en equipo, no sólo al nivel interno, también en sus interacciones con las demás organizaciones que sirven al mismo propósito y participan en el desarrollo de las operaciones, buscando la forma de garantizar y mejorar la compatibilidad de los esfuerzos para obtener la sinergia requerida, lo cual se puede lograr “estableciendo acuerdos SAR nacionales e internacionales que permitan mejorar los servicios SAR y coordinar los esfuerzos entre las entidades que proporcionan o apoyan los servicios SAR” (OACI, 2000 a., p. 145) y buscar que “en la elaboración de los cursos (...) los contenidos prácticos cuenten con juegos de roles que posibiliten incorporar en los alumnos las estrategias propias de seguridad y de trabajo en equipo” (UAEAC, 2007 a., p. 29).

Para terminar, “en muchos países las operaciones SAR están a cargo de las fuerzas militares, pero equipos no militares pueden compartir o encabezar esta vital función” (OACI, 2011, p. 32). Sin embargo, lo más importante es lograr una buena coordinación cívico-militar en la interoperabilidad de las entidades del Estado, ya que esto condiciona de forma significativa “el cumplimiento de los requisitos futuros del tránsito aéreo en términos de mayor seguridad operacional, protección, capacidad, eficiencia, sostenibilidad ambiental y soberanía” (OACI, 2011, p. 20), y por consiguiente mejora la prestación de los servicios SAR.



# Recomendaciones

Teniendo en cuenta que en la Reunión de Búsqueda y Salvamento (SAR) para las Regiones Norteamérica, Caribe y Sudamérica, llevada a cabo en mayo de 2009 en Puntarenas, Costa Rica, se trató en la Cuestión 4 del Orden del Día el Manual de Garantía de la Calidad en los Servicios SAR (OACI, 2009, p. 198), y se entregó el Material de Orientación Regional CAR/SAM para programas de garantía de calidad de servicios de búsqueda y salvamento, se considera que a través del comité inter-agencia SAR se establezca una comisión con miras a estructurar un Sistema de gestión de las operaciones SAR que sea funcional, práctico y que tenga la premisa fundamental de no generar carga administrativa al servicio, sino que todo quede tan estructurado que prácticamente sea sólo de consulta o guía y que sus indicadores se alimenten por sí solos con el simple flujo de los procedimientos que se puedan establecer, velando por que “los programas de garantía de calidad se enfoquen en identificar y corregir las deficiencias antes de que den como resultado operaciones SAR, desordenadas, imprecisas y por consecuencia ineficiente y con costos económicos altos e innecesarios” (OACI-SAM, 2009, p. 10).

En referencia y con el fin de poder dar cumplimiento a lo anterior, se requiere poner en marcha el Comité Directivo Conjunto para el cumplimiento apropiado de las funciones establecidas en el Convenio de Cooperación entre la UAEAC y la FAC (UAEAC-FAC, 2011, p. 3).





# Agradecimientos

---

136

A todo el grupo de trabajo de la Especialización en Gerencia de la Seguridad Operacional de la EPFAC, quienes impulsaron y ofrecieron la asesoría, apoyo y herramientas necesarias para la elaboración de este artículo.

# Siglas, Abreviaturas y Acrónimos

---

Solo se relacionan las más usadas en el contenido del presente artículo:

- FAC: Fuerza Aérea Colombiana.
- OACI: Organización de Aviación Civil Internacional.
- SAR: Búsqueda y Salvamento.
- UAEAC: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.



# Referencias

- CAAS. (2010). *SAR Manual - Singapore Local Procedures* (4ta. ed.). Singapore, Singapore: CAAS “Civil Aviation Authority of Singapore”.
- CGFM. (5 de enero, 2009). Directiva Permanente No.003/2008. *Difusión y Aplicación de Tareas y Roles FF.MM.*, 97. Bogotá D.C., Colombia: CGFM.
- Congreso de Colombia. (23 de octubre, 1947). Ley 12 de 1947. *Por la cual se aprueba la Convención sobre Aviación Civil Internacional*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de Colombia. (4 de febrero, 1980). Ley 8 de 1980. *Por medio de la cual se aprueba la “Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar SOLAS, 1974”*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de Colombia. (15 de enero, 1986). Ley 10 de 1986. *Por medio de la cual se aprueba el “Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo de 1979”*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de Colombia. (29 de diciembre, 1998). Ley 489 de 1998. *por la cual se dictan normas sobre la organización y funcionamiento de las entidades de orden nacional,...* Bogotá D.C., Colombia.
- COSPAS-SARSAT. (2014). *COSPAS-SARSAT.INT*. Retrieved 10 of March, 2014, from COSPAS-SARSAT.INT: <http://www.cospas-sarsat.int/en/system-overview/cospas-sarsat-system>
- Electrolab Limited. (2014). *SAFES-TART®*. Retrieved 15 of July, 2014, from <http://www.safestart.com/>
- FAA. (2009). *Risk Management Handbook*. Washington, DC., United States: United States Government Printing Office (GPO).
- FAC. (1998). *Manual de Prevención de Accidentes Aéreos* (Primera ed.). Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones de las FF.MM.
- FAC. (2008). *Manual de Búsqueda y Salvamento para la FAC* (1ra. ed.). Bogota D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- FAC. (2010). *Manual de Estado Mayor*. Bogotá D.C.: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- FAC. (2010). *Manual de Gestión en Seguridad Operacional para la Fuerza Aérea Colombiana* (Primera ed.). Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- FAC. (2011a). Plan Estratégico Institucional 2011-2030. 68. Bogotá, Colombia: EXPRECARD’S C.I. S.A.S.
- FAC. (7 de diciembre, 2011b). Directiva Permanente No.61/2011. *Plan de Búsqueda y Salvamento para accidentes Aéreos y Marítimos*, 42. Bogotá D.C., Colombia: FAC.
- FAC. (2013). *Manual de Doctrina Básica Aérea y Espacial “MADBA”* (4ta. ed.). Bogotá D.C., Colombia.
- FF.MM. (2010). *Manual de Búsqueda y Salvamento* (3ra. ed.).





- Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones FF.MM.
- IGEFA. (2003). *Entrenamiento para la Reducción del Error Humano en la Aviación*. Bogotá D.C., Colombia: Imprenta y Publicaciones de las FF.MM.
- Knowledge Based Systems, Inc. (2010). *IDEF0 Function Modeling Method*. Retrieved 25 of March, 2014, from <http://www.idef.com/IDEF0.htm>
- López D., J. J. (2014). Búsqueda y Salvamento Aéreo en Colombia. Bogotá D.C., Colombia.
- Marchitto, M. (2011). El error humano y la gestion de seguridad: la perspectiva sistémica en las obras de James Reason. *Laboreal, VII(2)*, 56-64.
- Ministerio del Trabajo. (31 julio, 2014). Decreto 1443 de 2014. *Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*, 28. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- NOAA. (n.d.). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Retrieved 10 of March, 2014, from Search and Rescue Satellite Aided Tracking: <http://www.sarsat.noaa.gov/images/sarsat-diagram.jpg>
- OACI. (7 de diciembre, 1944). Convenio de Chicago. *Convenio sobre Aviación Civil Internacional*. Chicago, EE.UU.: OACI.
- OACI. (2000a.). Doc 8733 - Plan de Navegación Aérea Regiones del Caribe y Sudamérica - ANP Básico CAR/SAM. *Vol.I., 1ra. Ed.*, 160 págs. Lima, Perú: OACI.
- OACI. (2000b.). Doc 8733 - Plan de Navegación Aérea Regiones del Caribe y Sudamérica - FASID CAR/SAM. *Vol.II, 1ra. Ed.*, 395 págs. Lima, Perú.
- OACI. (Julio, 2001). Anexo 11. Servicios de Tránsito Aéreo. *Normas y métodos recomendados internacionales, Decimotercera*, 87. Montréal, Quebec, Canadá.
- OACI. (25 de noviembre, 2004). Anexo 12. Búsqueda y Salvamento. *Normas y métodos recomendados internacionales, Octava*, 26. Montréal, Quebec, Canada.
- OACI. (2005). Resumen de los Anexos 1 al 18 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional.40. Montreal, Quebec, Canadá.
- OACI. (2009). *Informe Final. Reunión SAR Regiones NAM/CAR/SAM*. Puntarenas.
- OACI. (2010). Anexo 6. Operación de Aeronaves - Parte I. Transporte Aéreo Comercial Internacional - Aviones. In OACI, *Normas y métodos recomendados internacionales* (9na. ed., Vol. I, p. 282). Montreal, Quebec, Canadá.
- OACI. (2011). *Circular 330 "Cooperación cívico-militar para la gestión del tránsito aéreo"*. Montreal: OACI.
- OACI. (2013). Manual de Gestión de la Seguridad Operacional. *Doc 9859 AN/474, 3ra. Edición*, 272. Montréal, Quebec, Canadá.
- OACI. (n.d.). *Fechas de Adhesión o Ratificación al Convenio OACI*. Retrieved 15 of June, 2014, from [http://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/Chicago\\_ES.pdf](http://www.icao.int/secretariat/legal/List%20of%20Parties/Chicago_ES.pdf)
- OACI-SAM. (1973). Acuerdo Multilateral de Búsqueda y Salvamento. (*Reg. No.2499 OACI*), 10. Lima, Perú.
- OACI-SAM. (1999). *Informe Final. Tercera Reunión Regional CAR/SAM de Navegación Aérea*. OACI-SAM, Buenos Aires.



- OACI-SAM. (2001). *Directrices para mejorar el uso del Sistema COSPAS-SARSAT en las regiones CAR/SAM*. Lima: OACI.
- OACI-SAM. (2006). Plan de Coordinación Regional Sudamericano de Búsqueda y Salvamento. Lima, Perú.
- OACI-SAM. (2009). Material de orientación regional CAR/SAM para programas de garantía de calidad de servicios de búsqueda y salvamento. *Versión 2.0*. Puntarenas, Costa Rica.
- OACI-SAM. (2010). *Informe Final. Séptimo Seminario-Taller/Reunión de Implantación de Búsqueda y salvamento de la Región SAM (SAR/7-SAM)*. OACI. Lima: OACI.
- OACI-SAM. (2011). *Informe Final. Octavo Seminario-Taller/Reunión de Implantación de Búsqueda y Salvamento de la Región SAM*. Informe Final, Asunción.
- OMI. (1 de noviembre, 1974). Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS). *Enmienda 2004*, 409 pp. Londres, Reino Unido.
- OMI. (1979). Convenio Internacional sobre Búsqueda y Salvamento Marítimo. 23. Hamburgo, Alemania.
- OMI. (2000). Siniestros y salvamento en el mar. 18. Londres, Reino Unido.
- OMI. (2011). *Availability of Search and Rescue (SAR) Services*. London, United Kingdom.
- OMI/OACI. (2010a.). *Doc.9731-AN/958 - Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento* (8va. ed., Vol. I. Organización y Gestión). Montreal, Quebec, Canadá: OACI.
- OMI/OACI. (2010b.). *Doc.9731-AN/958 - Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento* (5ta. ed., Vol. II. Coordinación de las Misiones). Montreal, Quebec, Canadá: OACI.
- OMI/OACI. (2010c.). *Doc.9731-AN/958 - Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento* (8va. ed., Vol. III. Medios Móviles). Montreal, Quebec, Canadá: OACI.
- Presidencia de Colombia. (30 diciembre, 1992). Decreto 2171 de 1992. *Por el cual se reestructura el Ministerio de Obras Públicas y Transporte como Ministerio de Transporte y se suprimen, fusionan y reestructuran entidades de la rama ejecutiva del orden nacional*, 115. Bogotá D.C., Colombia.
- Presidencia de Colombia. (5 de agosto, 2010). Decreto 2937 de 2010. *por el cual se designa la FAC como Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado y ente coordinador ante la Autoridad Aeronáutica Civil de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia.
- Ramírez González, A. (s.f.). *Metodología de la Investigación Científica*. Retrieved 2014 йил 27-Agosto from Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá.: <http://www.javeriana.edu.co/ear/ecologia/documents/ALBERTORAMIREZMETODOLOGIADELA INVESTIGACIONCIENTIFICA.pdf>
- Roldán Jiménez, D. G., y Ruíz, J. M. (8 de septiembre, 2013). Modelación Matemática de una Operación Aérea de Búsqueda. En Solano Jiménez, M. (Ed.) *Ciencia y Poder Aéreo*, 8(1), 21-25.
- U.S. ARMY. (2005). *Manual de Entrenamiento de Tripulación*. Washington D.C., EE.UU.
- UAEAC. (20 de marzo, 2007). Acuerdo Número 21. *Programa Nacional de Instrucción para el Personal que Presta los Servicios de Protección y Apoyo al Vuelo*, 33 pp. Bogotá D.C., Colombia.



- UAEAC. (2007b.). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia. In UAEAC, *Parte 16. Búsqueda y Salvamento* (Vol. 16, p. 57). Bogotá D.C., Colombia: UAEAC.
- UAEAC. (10 de octubre, 2007). Resolución No.4887 de 2007. *Creación de los Grupos de Servicio y Extinción de Incendios "SEI" y Búsqueda y Salvamento "SAR"*. Bogotá D.C., Colombia.
- UAEAC. (12 de diciembre, 2011). Plan de Navegación Aérea para Colombia. *Vol.1. Requerimientos Operacionales, Versión: 06*, 161 págs. Bogotá D.C., Colombia: UAEAC.
- UAEAC. (2013). AIP Colombia - GEN 3.6 Búsqueda y Salvamento. In *Pu- blicación de Información Aero- náutica*. Bogotá D.C., Colombia.
- UAEAC. (2014a.). Reglamento Aeronáutico de Colombia. *Proyecto Nuevo RAC 98 "Búsqueda y Salvamento"*. Bogotá D.C., Colombia.
- UAEAC. (2014b.). Proyecto "Plan Operativo de Búsqueda y Salvamento". *POSAR*. Bogotá D.C., Colombia.
- UAEAC-FAC. (25 de noviembre, 2011). *Convenio de Cooperación entre la UAEAC y la FAC*. Bogotá D.C., Colombia.
- Vincent, T. U. (1993). Dentro del Circulo. *Air & Space Power Journal - Español*.

### Para citar este artículo:

López J. (2015). Operaciones de Búsqueda y Salvamento (SAR) seguras y efectivas en Colombia. En Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia - compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Cap. 2. Estudios sobre ergonomía en el diseño de cabinas y operaciones de búsqueda y salvamento, pp. 110-140. Colección Ciencia y Poder Aéreo No.9. Bogotá, D.C., Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.



# Capítulo 3.

## Estudios sobre abastecimiento aeronáutico y factores de riesgos en cabinas de vuelo

---

**El inspector de abastecimientos y su impacto en la seguridad operacional.**

Carlos Hoover Jiménez Ortiz

**Actores de riesgo en la interacción hombre-máquina en el uso de sistemas automáticos en las cabinas de vuelo.**

Jesús Arturo Cortes Soto



**Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.**

Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia.

Capítulo 3. Estudios sobre abastecimiento aeronáutico y factores de riesgos en cabinas de vuelo.

Artículo 1. El inspector de abastecimientos y su impacto en la seguridad operacional.

Pp. 142-165

ISBN: 978-958-99406-6-2

Bogotá- Colombia (Suramérica).

Noviembre, 2015.

**Artículo de revisión**

Director de investigación: CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez

Asesor metodológico: Rafael Pérez Uribe, PhD.

Línea de investigación: Factores Humanos - Grupo CIPAER / Seguridad Aérea – Inspección General de la Fuerza Aérea (IGEFA)

Evaluación interna: 06/11/14

Evaluación externa: 27/07/15

# EL INSPECTOR DE ABASTECIMIENTOS y su impacto en la seguridad operacional<sup>1</sup>

143

## The Supplies Inspector and their Impact in the Operational Safety

Autor: Carlos Hoover Jiménez Ortíz<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Artículo de revisión, desarrollado como trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

<sup>2</sup> Oficial de grado Mayor de la Fuerza Aérea Colombiana. Administrador Aeronáutico, Escuela Militar de Aviación. Oficial de Mantenimiento Aeronáutico de la Fuerza Aérea Colombiana. Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico [cjimenezortiz@hotmail.com](mailto:cjimenezortiz@hotmail.com).





# Resumen

---

Las novedades operacionales presentadas por factor material, han desencadenado en la Fuerza Aérea Colombiana FAC accidentes de gran impacto nacional, en los que no sólo se han perdido las aeronaves, también la vida de valerosos tripulantes al servicio de la Institución. El propósito de este artículo es realizar un análisis de los eventos de seguridad operacional por factor material presentados en las aeronaves FAC y caracterizar los principales errores cometidos en la cadena logística que afectan directamente el material aeronáutico, con el fin de reducir la accidentalidad.

Analizada la información se establece que la falta de gestión estratégica de personas en la asignación de cargos que permiten llevar una trazabilidad adecuada a los materiales aeronáuticos dentro de la cadena de abastecimientos, es la causa principal a los problemas de control y prevención de fallas de factor material sobre los elementos aeronáuticos, es entonces donde se realiza una revisión documental frente al establecimiento del cargo de inspector de abastecimientos aeronáuticos; cargo que en organizaciones tales como la Fuerza Aérea de los Estados Unidos USAF es la persona encargada de supervisar, examinar, auditar, inspeccionar y controlar todos los aspectos respecto a la gestión de los materiales.

La información del proyecto proviene de la recopilación bibliográfica acerca de la seguridad operacional, cadena logística de abastecimientos, informes de EVESOS dentro la Fuerza Aérea Colombiana, gestión de materiales e información referente a las funciones y atribuciones del cargo de inspector de abastecimientos tanto de la USAF como de la FAC. El artículo permite desde la perspectiva de la revisión documental plantear la importancia en la creación del cargo de inspector de abastecimientos con el fin de aumentar la seguridad operacional, robustecer la cadena logística y reducir la accidental, sirviendo como referencia a otras organizaciones aeronáuticas del país, fortaleciendo las capacidades de la Industria Aeronáutica Colombiana.

**Palabras clave:** accidentes, eventos de seguridad, errores, factor material, inspector de abastecimientos, repuestos, seguridad operacional.





# Abstract

---

The operational incidents occurred in the FAC Colombian Air Force due to material factor, have triggered accidents with strong national impact, in which not only the aircraft have been lost, but also the life of brave officers and non-commissioners in active duty in the institution. The purpose of this article was to analyze the operational safety events due to material factor presented in FAC aircrafts and study the main mistakes made in logistics process, affecting directly the aeronautical material, in order to reduce the accident rate.

After analyzing the information we can establish that human resource management has a failed in the job charges assignment for a proper traceability of aeronautical materials in the supply chain, that is the main cause of the problems of control and prevention in aeronautical components failure factor; so we analyze the documentation to establishment the office of aviation supplies inspector, job that reviews, audits, inspects and controls all aspects regarding the management of materials in organizations such as United States Air Force by creating the job of aviation supplies inspector.

The information of this Project comes from the bibliographic review about operational security, supply chain, Fuerza Aérea Colombiana EVESOS report, materials management and information about aviation supplies inspector job functions and attributes from the USAF and FAC. This article allows from a documental review perspective raise the importance in the creation of the aviation supplies inspector job, to increase the operational security, strengthen the supply chain and reduce accident, being the reference to another organizations in the country and strengthen the Colombian Aeronautical Industry capability.

**Key Words:** Accident, Errors, Material Factor, Operational Safety, Parts, Security Events, Supply Inspector.



# Introducción

---

La estrategia competitiva desde el punto de vista de la gestión y aplicado a una institución como la Fuerza Aérea Colombiana, depende según la Universidad del Norte (2014) del manejo transversal de la gestión logística y la seguridad operacional, donde en pro de lograr esta estrategia, se deben integrar cada uno de los procesos bajo una misma estructura con el fin de aumentar la calidad del servicio y basados en elementos como lo son el flujo de bienes, la información y los servicios (Pau Cos, J., y Navascues, R., 2001).

Se tiene entonces que la gestión logística permite mediante diferentes formas organizacionales, establecer programas que mejoran el valor de un producto, diseñando su plan logístico a través de la medición de la gestión, la definición de las actividades, procesos y la definición de la infraestructura de soporte, alcanzando con ello su evolución por medio de la cadena de abastecimiento (UMNG, 2009). Por otro lado, la seguridad operacional comprende diferentes factores partiendo de la gestión de riesgos, la notificación de peligro e incidentes, los análisis y estudios de seguridad operacional y la supervisión de la eficacia en la seguridad operacional (OACI, 2011).

Considerando que las novedades operacionales presentadas por factor mate-



rial en diversas aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana, tienen gran incidencia frente a la gestión que se pudo haber dado durante todos los procesos de la cadena logística y teniendo en cuenta la investigación del accidente de la aeronave T-37 FAC 2105, donde uno de los factores determinantes del siniestro fue la fatiga de material de la aeronave, generando el desprendimiento de uno de los planos y ocasionando la pérdida de la aeronave y de la tripulación (FAC, 2007). En este sentido, se evidencia que la cadena logística en la FAC presenta fallas que han sido identificadas por la Inspección General de la Fuerza Aérea IGEFA en las visitas periódicas de evaluación realizadas a los grupos técnicos durante el año 2013. Esta situación se viene presentando desde que surge la necesidad de materiales en las unidades, pasando por la adquisición de los elementos, el transporte, la distribución, la clasificación e identificación, el almacenamiento y finalmente la entrega al personal técnico de mantenimiento que posteriormente instala el repuesto en las aeronaves (IGEFA, 2013).

Tomando como referencia la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y apoyados en el entrenamiento que recibe el personal de abastecimientos frente a la administración de material, se tiene que según la IAAFA (2013), el manejo administrativo y operativo del material aeronáutico requiere de un personal que posea el perfil y la capacitación requeridos para garantizar y certificar la calidad de estos repuestos con el fin de minimizar la ocurrencia de eventos de seguridad operacional por factor material.

Por tanto, el presente artículo establece un análisis cruzado entre los factores de material causantes de los Eventos de Seguridad EVESOS y los errores más comunes presentados en la cadena logística que afectan directamente el funcionamiento del material aeronáutico, los cuales pueden ser detectados mediante la supervisión adecuada de la cadena logística, inspección visual y/o trazabilidad específica del material a través de la creación del cargo “inspector de abastecimientos”, como ente avalador durante todos los procesos de la cadena logística frente a la calidad, seguridad y operabilidad de los repuestos aeronáuticos que van ser instalados en las aeronaves.

Considerando que en la actualidad no se ha capacitado de manera puntual ninguna persona para realizar una gestión adecuada frente a los materiales de abastecimiento, puesto que existen especialistas que podrían realizar dicha labor, pero la institución no ha delegado de forma adecuada las funciones y atribuciones específicas para este tipo de cargo, ni existe el cargo dentro de la organización (Fuerza Aérea Colombiana, 2010). Esta investigación demostró con base en la revisión documental, la importancia y el manejo administrativo en la creación de un cargo de inspector de abastecimiento, pudiendo con ello determinar la viabilidad económica, tecnológica y de recursos humanos requeridos para su implementación.



# Objetivo

---

Analizar los eventos de seguridad operacional por factor material presentados en las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana y los principales errores cometidos en la cadena logística que afectan directamente el material aeronáutico, basados en la revisión documental de procedimientos, estándares, manuales e informes que permitan reducir la accidentalidad dentro de la institución, mediante la creación del cargo de inspector de abastecimientos aeronáuticos.

# Método

---

Este artículo está enmarcado dentro de un tipo de investigación descriptiva a través de un estudio no experimental, el cual permite examinar las causas de la falla material de los elementos aeronáuticos y analizar la documentación referente a la implementación del cargo inspector de abastecimientos, a través de las capacidades a nivel institucional y la documentación referente a la necesidad, y viabilidad del cargo que establecen las regulaciones dentro de la cadena logística de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, encaminada a mejorar la seguridad operacional de la Fuerza Aérea Colombiana.

Desde el punto de vista de la logística de abastecimientos, se analizó cualitativamente la documentación e información a disposición respecto a manuales y procedimientos, que inciden en el proceso de gestión de materiales dentro de la institución y el aprovechamiento de los recursos. La metodología utilizada para el desarrollo del artículo se compone de las siguientes fases metodológicas:

**Fase 1:** Verificación y estudio de los EVESOS documentados, que se han presentado en la FAC por factor material, con el fin de identificar las causas de su ocurrencia.

Clasificación de la información referente a EVESOS de la Fuerza Aérea Colombiana mediante el análisis del Manual de Investigación de Accidentes Aéreos de la Fuerza Aérea Colombiana y a través de la revisión de la documentación reservada referente a los informes finales de las investigaciones de los accidentes aéreos; seleccionando los últimos 5 informes finales de la Inspección General, donde la causa del accidente se atribuye a la falla de un factor material. (Fuerza Aérea Colombiana, 2011)



**Fase 2:** Análisis de todos los procesos de la cadena logística con el fin de verificar los puntos críticos donde hay mayor ocurrencia de errores con el manejo del material.

Revisión de documentación, procedimientos y manuales tanto físicos como los disponibles a través de la plataforma KAWAK de gestión documental, referentes a la cadena logística de la Fuerza Aérea Colombiana (KAWAK, 2013), caracterizando e identificando las tareas y procesos que generan incongruencia o que no tienen cobertura frente al manejo del material de abastecimientos (Fuerza Aérea Colombiana, 2006).

**Fase 3:** Verificación de los requisitos exigidos por la USAF para obtener el cargo de inspector de abastecimientos y perfil requerido para desempeñarse como especialista en abastecimientos aeronáuticos en la FAC.

Análisis de instructivos referentes a la administración de materiales, documentación de los lineamientos, operaciones, funciones y atribuciones que tanto el personal militar como civil que hace parte de esta cadena logística de abastecimiento de la USAF debe llevar a cabo; así como el plan y programa de entrenamiento para el adiestramiento y capacitación en gestión de material, requerimientos, estándares y regulaciones para obtener el cargo de inspector de abastecimientos. Y verificación de las normas de adiestramiento técnico y funciones propuestas para la creación de un nuevo cargo dentro de la Fuerza Aérea Colombiana como Inspector de Abastecimientos por la Dirección de Control de Material.

**Fase 4:** Recomendaciones para la homologación de los perfiles necesarios, así como los requisitos y la capacitación exigida para obtener el cargo de inspector de abastecimientos aeronáuticos en la FAC.

A través de la total revisión documental y con el objetivo de establecer la factibilidad en la creación de un nuevo cargo dentro de la Fuerza Aérea Colombiana como inspector de abastecimientos, se generan las recomendaciones frente a requisitos, capacitación, certificación, funciones y atribuciones que según el presente artículo de revisión debe tener el inspector de abastecimientos para la FAC.

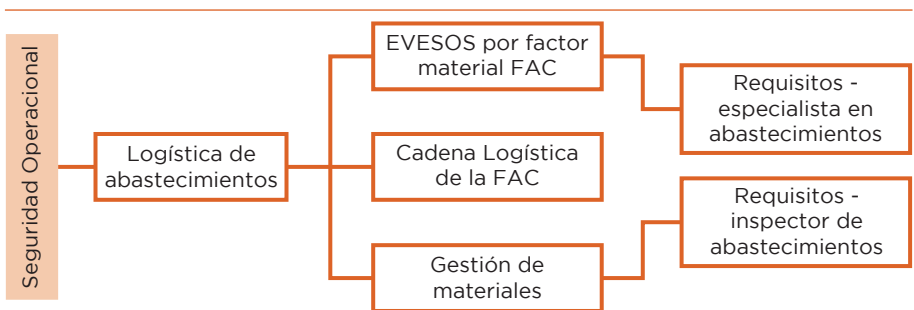


Figura 1. Diseño esquemático metodológico. Fuente: elaboración propia.

# Análisis

---

150

Según la OACI (2006) “Seguridad operacional es el estado en que el riesgo de lesiones a las personas o daños a los bienes se reduce y se mantiene en un nivel aceptable, o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos” (p.17).

Aunque las grandes catástrofes aéreas no ocurren todos los días, los EVESOS que ocurren con más frecuencia, son un síntoma claro de que existen problemas de seguridad operacional, que influyen de manera directa sobre la cadena de error que conlleva a incidentes más graves (OACI, 2011).

La OACI (2013) asegura que el cumplimiento de los requisitos y la gestión que se le dé a la seguridad operacional están ligados a la obligación del Estado y al de las mismas organizaciones con la seguridad operacional, y a diferentes factores de influencia o peligros asociados que se encuentran claramente definidos y descritos a continuación:

La aplicación de métodos de gestión de riesgos con base científica; el compromiso de la administración superior respecto a la gestión de la seguridad operacional; una cultura de seguridad operacional en las empresas que fomenta las prácticas seguras, alienta las comunicaciones relacionadas con la seguridad operacional y efectúa una gestión activa de la seguridad operacional, poniendo la misma atención en los resultados que en la gestión financiera; la aplicación eficaz de los Procedimientos Operacionales Normalizados SOP, incluido el uso de listas de verificación y sesiones de información; un entorno que no es punitivo (o una cultura de justicia) para fomentar la notificación efectiva de incidentes y peligros; sistemas para recoger, analizar y compartir datos relacionados con la seguridad operacional provenientes de operaciones normales; investigación competente de accidentes e incidentes graves que identifica deficiencias sistémicas respecto a la seguridad operacional (en vez de buscar a quién atribuir la culpa); integración de la instrucción sobre seguridad operacional (incluidos los factores humanos) para el personal de operaciones; formas de compartir la experiencia adquirida y las mejores prácticas en materia de seguridad operacional por medio de un intercambio activo de información sobre seguridad operacional (entre empresas y Estados); y vigilancia de la seguridad operacional y supervisión de la eficacia sistemáticas, dirigidas a evaluar la eficacia de la seguridad operacional y a reducir o eliminar nuevos problemas (p.24).

Es decir, la seguridad operacional está ligada a la gestión de riesgos, la cual a su vez requiere definir y mantener un proceso que garantice la identificación de los peligros asociados a la cadena logística de abastecimientos o a los servicios de aviación y la identificación de los peligros en base a métodos reactivos, preventivos y de predicción para recopilar datos sobre seguridad operacional. (OACI, 2013)



La IAAFA (2013) asegura que el mejor recurso para aumentar la seguridad operacional radica en la estandarización, ya que los procedimientos estandarizados indican las reglas y responsabilidades de cada persona, cada grupo y cada unidad, aumentando la eficiencia de la institución en cuanto a que el personal es fácilmente trasladado sin necesidad de un entrenamiento a gran escala, permite una rápida y efectiva comunicación de manera transversal en toda la Fuerza Aérea y establece las reglas acerca del manejo, contabilidad y disposición del material.

Es entonces donde el Manual de Vigilancia de la Seguridad Operacional, OACI (2013) establece la necesidad de contar con expertos cualificados para cumplir con las responsabilidades de vigilancia de la seguridad operacional. Si bien, se realiza una supervisión por parte del personal responsable dentro de la cadena de abastecimiento, la falta de capacitación específica en esta área de conocimiento y/o la falta de capacidad en contratación de personal capacitado independiente a la institución, determina que la mejor fuente en la consecución de estos expertos se encuentra en “el mismo explotador aéreo que se va a certificar e inspeccionar”. (p.14)

Por lo tanto, un análisis a los eventos de seguridad operacional por factor material presentados en las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana, contrastado con los principales errores cometidos en la cadena logística que afectan directamente el material aeronáutico y basándose en la revisión documental de procedimientos, estándares, manuales e informes que regulan y normalizan la reducción en accidentalidad dentro de la aviación, ratifican la viabilidad en la creación del cargo de inspector de abastecimientos aeronáuticos (Autoridad Aeronáutica Civil, 2011).

### **Análisis de EVESOS donde la causa del accidente se atribuye a la falla de un factor material**

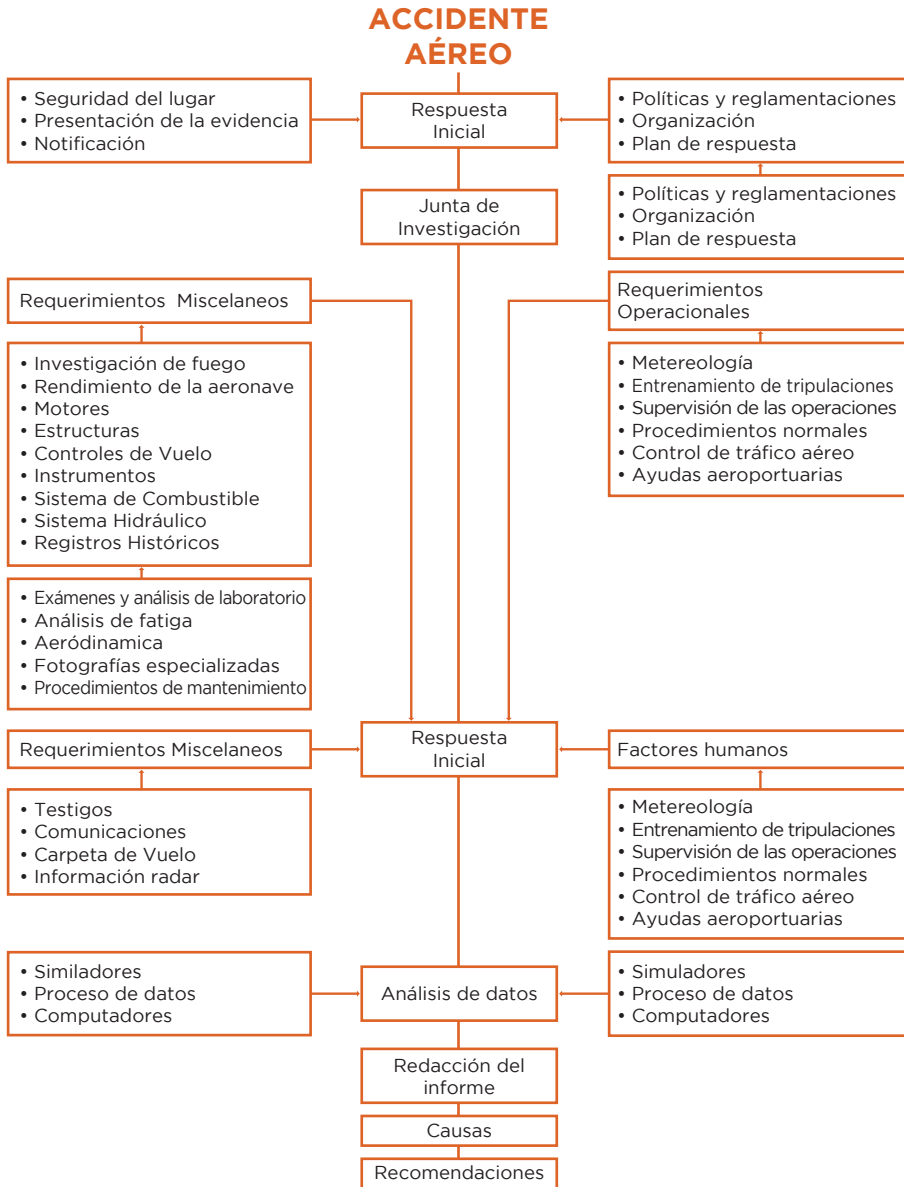
Todo accidente debe investigarse debidamente para aplicar las medidas preventivas correspondientes, a fin de tratar de evitar que se repita. El conocimiento oportuno de los eventos, así como su investigación y análisis permite realizar una evaluación adecuada para determinar las situaciones de riesgo durante las operaciones aéreas, los resultados de la investigación de estos eventos se constituyen en una valiosa fuente de información y representan un parámetro para evaluar diversos aspectos, tales como: la calidad del mantenimiento, inspección, adiestramiento del personal y las medidas de seguridad con respecto a la aeronave y las instalaciones aeroportuarias (Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de tránsito y transporte, 2011, p.7).

La similitud entre los accidentes y los incidentes, pueden revelar las mismas situaciones de inseguridad y riesgo que en consecuencia puedan generar la pérdida de equipos y vidas humanas, por lo tanto la Secretaria de Tránsito y Transporte (2011) establece, que los manuales determinan los procedimientos obligatorios para el desarrollo de una investigación y aunque los procedimientos sirven de guía para las Autoridades Aeronáuticas, que intervienen en la investigación de accidentes de aviación, la investigación llevada a cabo mediante este tipo de manuales es independiente a cualquier procedimiento judicial o administrativo para determinar la culpa o la responsabilidad del accidente.





El Manual de Investigación de Accidentes Aéreos de la Fuerza Aérea Colombiana, especifica el desarrollo general de una investigación frente a un accidente aéreo (ver Figura 2), partiendo de la respuesta inicial, junta de investigación, análisis de datos, redacción del informe, hasta las recomendaciones efectuadas, con el fin de determinar las causas y razón del accidente. Asimismo, busca determinar cómo evitar que vuelva a suceder. (Fuerza Aérea Colombiana, 2004)



**Figura 2.** Desarrollo general de una Investigación. **Fuente:** Fuerza Aérea Colombiana. (2004). *Manual de Investigación de Accidentes Aéreos de la Fuerza Aérea Colombiana, Primera edición.* Bogotá: Fuerzas Militares de Colombia.



Según la Fundación Univalle (2009), la estandarización en los procedimientos para la investigación de los accidentes aéreos, permite clasificar los EVESOS según el Factor Probable o la causa probable del accidente, por lo tanto al realizar la revisión de la documentación reservada referente a los informes finales de las investigaciones de los accidentes aéreos dentro de la Fuerza Aérea Colombiana, es posible seleccionar 4 informes finales de la Inspección General, donde la causa del accidente se atribuye a la falla de un factor material.

Los casos de estudio fueron elegidos, considerando que las investigaciones citadas ya concluyeron y todos ellos fueron dados a raíz de una falla material la cual pudo haber sido detectada si se hubiera tenido una trazabilidad adecuada de los repuestos durante todos los procesos de la cadena de abastecimiento.

El 08 de marzo de 2011 la aeronave Turbo Commander FAC5198 en el momento del ascenso luego de un despegue normal en el aeropuerto El Dorado de Bogotá, presenta un ruido y se evidencia la indicación de torque máximo en el motor 1 activando la luz de BY PASS, como consecuencia las RPM comenzaron a caer y la tripulación procedió a realizar el procedimiento de apagada del motor según procedimientos. El EVESO de seguridad presentado durante el ascenso, sin daño de aeronave que pudo terminar en accidente aéreo, fue clasificado por factor técnico como una falla en el sensor de torque, el cual es el encargado de enviar la información del transductor de torque al indicador de torque en cabina. Dentro de las recomendaciones se estipuló que tanto el Grupo Técnico como el Grupo de Educación Aeronáutico deben gestionar la capacitación de un especialista para el reglaje de los motores GARRETT TPE-331 utilizados en los aviones Turbo Commander, con el fin de establecer el estado de todos sus componentes y evitar fallas en vuelo. (Fuerza Aérea Colombiana, 2011)

De esta manera el 09 de marzo de 2011 la aeronave C-130 FAC 1005 cubriendo la ruta Bogotá-Tres esquinas, despegó del aeropuerto El Dorado y al realizar la aproximación y llevar las palancas a idle para sentar las ruedas en la pista, el motor 2 se apagó lo cual obligó a que la tripulación llevara la palanca a condición de *cut off* y continuar el aterrizaje con tres motores, el EVESO de seguridad presentado en vuelo, sin daño de aeronave determinó la falla por factor técnico “se detectó una obstrucción en el filtro del calentador por suciedad adquirida durante el tiempo de almacenamiento, la cual no permitía el paso del mismo a bajas presiones, en el momento de llevar las palancas de potencia a posición de *Flight Idle*”. (FAC, 2011, p. 2). La Inspección General recomendó que se debieran implementar programas de inspección y preparación de los motores y componentes de acuerdo al tiempo de almacenaje, antes de ser instalados en las aeronaves.

Por otro lado, se encuentran los EVESOS con destrucción total de la aeronave, como es el caso del B-412 FAC 0005 el 08 de enero de 2012 durante una misión de reconocimiento, durante el vuelo sobre la refinería de Ecopetrol en Barrancabermeja, el helicóptero tiene un ruido y posteriormente sufre una pérdida de control y de empuje en el rotor de cola, para lo cual se realizó un aterrizaje forzoso, con daño total de la aeronave sin pérdida de tripulación. Se determinó como causa el factor material: falla estructural; mediante la separación del sistema de empuje del rotor de cola, considerando el hallazgo de un adhesivo que no hacía parte de los elementos de reparación, el cual al entrar en contacto con una pala y bajo los efectos de corrosión, generó dos grietas en una pala las





cuales desencadenaron su fractura. Las recomendaciones establecieron que la Jefatura de Educación Aeronáutica debía realizar entrenamiento formal a los técnicos y operarios de los talleres de pinturas y la Jefatura de Operaciones Logísticas debía realizar el cambio de las palas de rotor por las nuevas palas que tienen sistema de refuerzo en el mástil del rotor brindado por la casa fabricante y la gestión de auditorías a los talleres de mantenimiento de los equipos. (Fuerza Aérea Colombiana, 2012).

Asimismo, el 30 de junio de 2012, el A-37B FAC2175, sufre un accidente con destrucción total de aeronave durante el despegue en el aeropuerto Ernesto Cortizos iniciando carrera de despegue; luego de alcanzados los 70 nudos, la aeronave sufre retracción del tren principal derecho, quedando apoyado sobre los tanques, posteriormente colapsa el tren izquierdo, por lo tanto la aeronave siguió deslizándose sobre el tren de nariz y los tanques rozando contra el piso. El piloto apaga motores, se rompen los tanques y se inicia una conflagración debido al combustible regado y la chispa de fricción de la aeronave con el piso; la aeronave se detiene, la tripulación evacua ilesa y el accidente se determina debido al factor material: falla estructural - tren de aterrizaje; donde el material de soporte del tren de aterrizaje presentaban sobre - envejecimiento estructural, rayones generadores de esfuerzo y hendiduras que incrementaron las grietas que finalmente debido a las cargas colapsaron los trenes. Se recomendó frente a la falla del material supervisar y revisar los procedimientos de recepción de elementos e insumos, realizar capacitación al personal de operarios y cambiar los soportes de los trenes cada 300 horas. (Fuerza Aérea Colombiana, 2012).

Considerando que todos los EVESOS objeto de estudio ocurrieron en circunstancias, tiempos, lugares y a consecuencia de diversos factores. Se tiene claro desde su selección que el factor común fueron las fallas de factor material, por lo tanto partiendo del análisis de las recomendaciones formuladas por Inspección General todas estas fallas son previsibles y perceptibles bajo una gestión adecuada de la cadena logística de abastecimientos.

## La Cadena logística de la Fuerza Aérea Colombiana

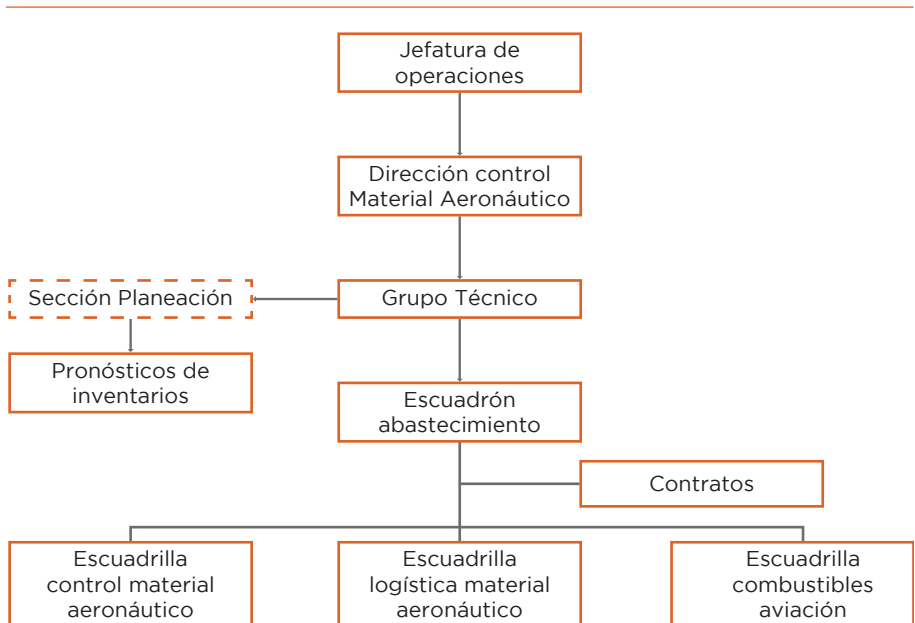
“La cadena de suministro engloba los procesos de negocio, las personas, la organización, la tecnología y la infraestructura física que permite la transformación de materias primas en productos y servicios intermedios y terminados que son ofrecidos y distribuidos al consumidor para satisfacer su demanda” (PILOT, 2009, p. 9).



Es entonces donde la gestión de la cadena de abastecimiento busca el enlace entre la logística, la estrategia competitiva, el poder de la información, las alianzas estratégicas, la orientación al cliente, el análisis de transacciones, la estructura organizacional, el poder de los recursos humanos y el enfoque financiero, para lograr una estrategia que maximice los beneficios a los clientes, a través de operaciones fluidas, tanto de clase interna como externa.

De cara a los procesos misionales logísticos que desarrolla la Fuerza Aérea Colombiana, la cadena logística y su gestión, cumplen un rol primordial considerándose uno de los factores críticos para el éxito y cumplimiento de la misión Institucional (Fuerza Aérea Colombiana, 2006); es entonces donde la Jefatura de Operaciones Logísticas diseña estrategias competitivas en busca de un mejoramiento continuo en Planeación Logística, Procesos Logísticos, Gestión de Materiales y Comercio Exterior.

La gestión de materiales dentro de la Fuerza Aérea incorpora diferentes actividades referentes a los abastecimientos aeronáuticos, dicha gestión se encuentra enmarcada en el Manual de Abastecimientos Aeronáuticos, el cual asegura que “Todo sistema logístico se encuentra argumentado en tres aspectos; Aprovisionamiento, Almacenamiento y Distribución” (FAC, 2009, pp. 0-26). Donde el sistema logístico aeronáutico de la FAC aplica su estructura organizacional a cada actividad y éstas a su vez se desprende en procesos y tareas. Por lo tanto, el Manual permite establecer la organización de los Escuadrones de Abastecimientos Aeronáuticos para el desarrollo de todos los procesos y procedimientos de la Fase de Gestión de Materiales como se muestra en la Figura 3.



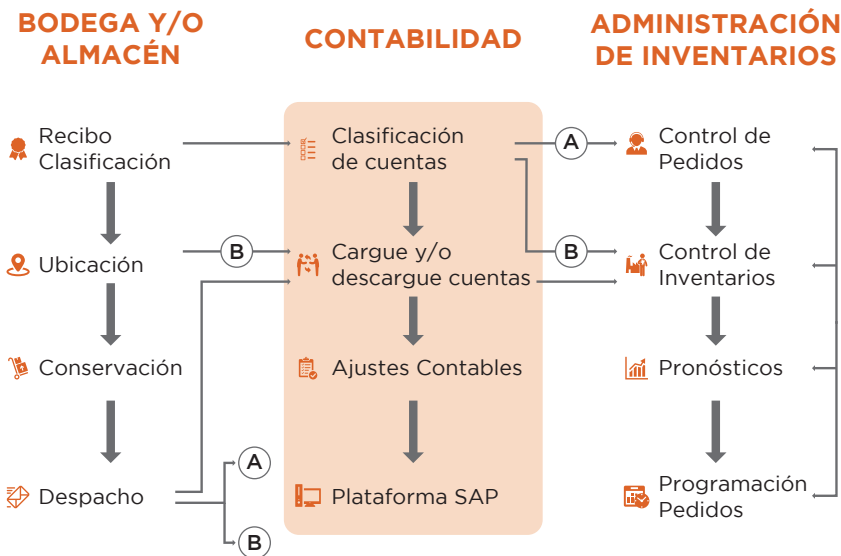
**Figura 3.** Organización Escuadrones de Abastecimiento Aeronáutico. **Fuente:** Fuerza Aérea Colombiana. (2009). *Manual de Abastecimientos Aeronáuticos de la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá: Fuerzas Militares de Colombia.



Si bien, existe una estructura organizacional frente al sistema logístico que parte de Jefaturas y Direcciones, el ciclo logístico:

comienza en el momento en que se genera una necesidad a partir de un mantenimiento programado o imprevisto de una aeronave, en primera medida se debe revisar las existencias del elemento en la bodega o/y almacén, al no tener existencias, se debe evaluar la garantía, la capacidad reparadora en la unidad o en otras unidades reparadoras de la Fuerza Aérea o en reparadores locales o del exterior con ayuda de la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas. Si por alguna razón es imposible la reparación se debe analizar y estudiar de acuerdo con la prioridad la adquisición del componente. Todas estas alternativas incluyen el tiempo de entrega, el costo y la disponibilidad presupuestal, que permiten la toma de decisiones a partir de las necesidades que se presentan diariamente en los Escuadrones de Abastecimientos (FAC, 2009, pp.0-31).

Posteriormente, la sección de Recibo y Clasificación, como su nombre lo indica, recibe, clasifica, inspecciona y despacha los materiales que llegan a la unidad por compra o reparación, verifica su estado físico, realiza la documentación necesaria y hace entrega de los elementos a los diferentes almacenes (Castellanos, A., 2009). Una vez en el almacén, el Jefe de Bodega realiza la entrada de bienes, ubicación y conservación de los elementos en la bodega y se encarga de realizar el despacho según la necesidad, generando de esta forma programaciones y pronósticos para el mantenimiento programado e imprevisto de aeronaves y con el fin de efectuar los pedidos de compra o reparación necesarios de acuerdo al tiempo de entrega; retroalimentando de esta forma el sistema, según se muestra en la Figura 4. (FAC, 2009).



**Figura 4.** Almacenaje cadena logística FAC. **Fuente:** Fuerza Aérea Colombiana. (2009). *Manual de Abastecimientos Aeronáuticos de la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá: Fuerzas Militares de Colombia.





Para ello, la cadena logística soporta todas las actividades de abastecimientos, en la plataforma KAWAK que pone a disposición del personal diferentes procedimientos que facilitan el desarrollo de las tareas en la gestión de materiales. El Procedimiento de Adquisición y Control de Requerimientos Logísticos Aeronáuticos garantiza el soporte logístico de las aeronaves, a partir de la identificación de necesidades programadas e imprevistas en el soporte logístico, hasta el ingreso fiscal, control y administración del material aeronáutico en las unidades aéreas. (FAC, 2009).

De esta misma forma, el procedimiento de adquisición y control de materiales, es utilizado para establecer la petición de oferta, contratación, llegada del material y visualización de reportes de inventario en la plataforma SAP, tanto en el módulo logístico como en el de mantenimiento; controlando, evaluando y efectuando seguimiento a los elementos que se envían por garantía al exterior o local (Compra o Reparación), y lo que se envía a reparación en CAMAN (FAC, 2009).

Por otro lado, el procedimiento de adquisición de requerimientos logísticos, gestiona y controla los requerimientos de material del programa Foreign Military Sales Program FMS en cuanto a pedidos, recibos, distribución y control financiero. Considerando la ejecución presupuestal, los pagos casos FMS, el control anual de las entregas de material y los reportes de discrepancias. (FAC, 2009).

Sumado al Procedimiento de Gestión del Plan Logístico Aeronáutico Gastos de Inversión, el cual se desarrolló con el fin de formular, recibir, analizar, priorizar, consolidar y evaluar los proyectos de inversión, mediante la gestión de recursos presupuestales por este concepto, que permitan el desarrollo y crecimiento del Área Logística Aeronáutica. (FAC, 2009).

Si bien, la estructura organizacional, los manuales y los procedimientos, soportan la cadena logística en todos sus procesos y actividades, es notable que el “Escuadrón de Abastecimientos Aeronáuticos de un Comando Aéreo es el eje central de la Logística Aeronáutica, ya que este es el encargado directo del alistamiento de los repuestos o material para el mantenimiento de las aeronaves” (FAC, 2009, pp.40).

Para tal efecto, la Fuerza Aérea establece las funciones específicas de los cargos que conforman el Escuadrón de Abastecimientos definidas en el Manual de Funciones y Procedimientos de cada Comando Aéreo, los cuales deben coincidir según FAC (2009) en los siguientes cargos y según lo establece al Artículo 122 de la Constitución Política de Colombia de 1991 donde se estipula que “no habrá empleo público que no tenga funciones detalladas en ley o reglamento y para proveer los de carácter remunerado se requiere que estén contemplados en la respectiva planta y previstos sus emolumentos en el presupuesto correspondiente”:

- Comandante Escuadrón Abastecimientos.
  - Sección Contratos.
- Comandante Escuadrilla Control Inventarios.
  - Sección Gestión Pedidos.
  - Sección Control Inventarios.
  - Sección Recibo y Clasificación.
- Comandante Escuadrilla Logística de Material Aeronáutico (Centro Logístico).
  - Jefe de Bodega Consumo (Aeronáutica).
  - Jefe de Bodega Reparables.
  - Jefe de Bodega Herramientas y Equipos Especiales.
- Comandante Escuadrilla Combustibles de Aviación.
  - Jefe Almacén.

Por lo tanto, a partir del análisis de la información contenida en procedimientos y manuales es posible establecer que a pesar de existir regulación y estandarización en los procesos referentes a la gestión de material, hay vacíos en la designación de roles especializados dentro de la cadena de abastecimiento, considerando las múltiples tareas que se deben llevar a cabo en los Escuadrones de Abastecimientos Aeronáuticos dentro de los Comandos Aéreos. Lo anterior, resalta la importancia de la gestión estratégica de las personas y la correcta definición de los puestos de trabajo, perfil del cargo y funciones y atribuciones del mismo; considerando que la integración de las tareas con sus puestos no sólo permite medir el desempeño de los empleados, también refleja la calidad y productividad de una compañía. (EUDE, 2013).

Por lo anterior, es posible recurrir a la revisión de documentación referida al cubrimiento de plazas con el perfil requerido para el control de los abastecimientos aeronáuticos sobre la cadena logística y aplicada a los abastecimientos militares, puntualmente hacia la Fuerza Aérea.





## La USAF y el cargo de inspector de abastecimientos Vs. la FAC y el especialista en abastecimientos aeronáuticos

Según la ISO (2008)

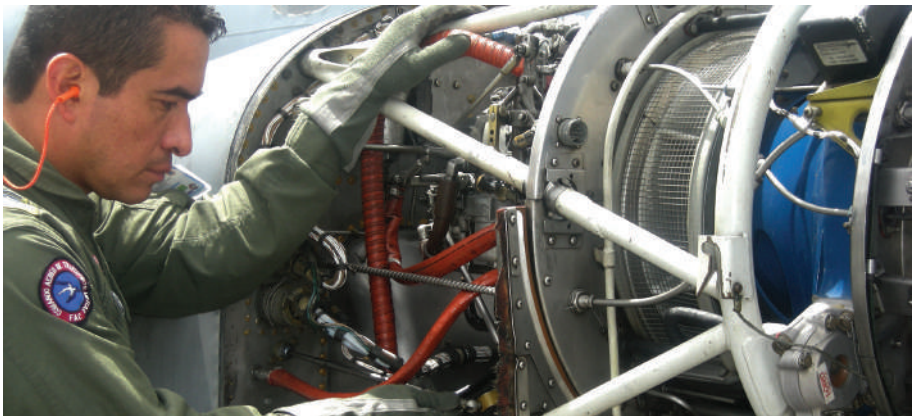
La calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos, entendiéndose por requisito la necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. Para esto, el desarrollo de la gestión de calidad comienza con la inspección, entendida como el examen cuyo propósito es conseguir medir ciertas características o identificar defectos del producto. Este enfoque apuesta por una revisión o inspección 100% del producto final, desechando aquellos productos no conformes a las especificaciones, pero sin ningún tipo de actividad de prevención, ni planes de mejora”. (González, J., Chamorro A., Rubio, S., 2007).

159

Teniendo en cuenta que contar con un sistema de abastecimientos que funciona de forma eficiente y eficaz, encaminado a la calidad requiere de un proceso de recibos preciso que refleje el estado mismo de la organización y dicha precisión se logra a través del correcto enlace de la cadena logística y sus diferentes actividades, con el personal que las desarrolla. La asignación de cargos en el escuadrón de abastecimientos en el desarrollo de funciones operativas es fundamental (Laudon, K., Laudon, J., 2004).

Según la IAAFA (2013) una de las actividades más importantes en los abastecimientos es la inspección, la cual debe ser desarrollada por personal capacitado del escuadrón de abastecimientos que cuente con certificación como inspector; para la USAF “solamente el personal certificado como inspector tiene la autorización en determinar la condición/identificación de un artículo. El inspector debe cumplir ciertos requisitos como estar completamente certificado en el uso de las publicaciones de abastecimientos, saber usar dibujos esquemáticos y especificaciones para poder determinar si un artículo está completo, determinar la condición de un artículo y estimar el costo de reparación. Así mismo el inspector debe tener conocimientos especializados de cómo usar herramientas para toma de medidas precisas y debe saber cómo hacer pruebas para determinar si el material cumple con las especificaciones requeridas” (IAAFA, 2013, p. 211).

La Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz incluye dentro de sus ofertas educativas la de Suboficial de Especialidad Abastecimientos, cuyo perfil está dirigido a la formación de personal capacitado para manejar los procedimientos reglamentados institucionalmente relativos al abastecimiento de los materiales





de uso aeronáutico, constituyendo como principales áreas de formación la matemática, física, conocimiento de aeronaves, publicaciones técnicas, sistemas de aeronaves, abastecimientos, seguridad aérea e industrial, conocimiento de herramientas, mantenimiento, administración, inglés e informática (ESUFA, 2013). Si bien dicha especialidad en la actualidad realiza una formación integral con el propósito de proveer al cliente interno de los artículos que necesita para cumplir la misión (United States Department of the Air Force, 2014), no se realiza una formación específica en inspección.

Según el United States Department of the Air Force (2013), la principal responsabilidad del inspector es la de verificar la condición y la identificación del material. Un inspector: “determina la condición, clasificación de seguridad y la identificación de los artículos de abastecimientos almacenados; verifica la condición e identificación de los artículos obtenidos por medio de compras locales; controla el programa de “vida en el almacén” de acuerdo al tipo de código de vida y fecha de vencimiento del material; controla el programa de ordenes técnicas de cumplimiento de tiempo; y establece y mantiene la identificación de todo el material recibido, almacenado y entregado” (IAAFA, 2013, p. 211).

Aunque ambos cargos se enfocan en la administración del material y son parte fundamental dentro de la cadena de abastecimientos, basándose en un sistema de gestión de la calidad total, solamente el inspector tiene autorización en determinar la condición de un artículo respecto a su formación, experiencia y criterio (Ballou, R., 2004).



## Homologación de los perfiles necesarios para el cargo de inspector de abastecimientos aeronáuticos en la FAC.

Considerando que instituciones como la Fuerza Aérea de los Estados Unidos establece el cargo de inspector de abastecimientos como garante y veedor de las condiciones del material aeronáutico, constituyéndose con esto, como la primera línea de control de la calidad y de seguridad operacional (COCESNA, 2010); la Dirección de Control de Material plantea la creación de un nuevo cargo dentro de la Fuerza Aérea Colombiana como Inspector de Abastecimientos, cuya responsabilidad principal sería “asesorar las diferentes aéreas asociadas al control, gestión de la administración y pronóstico de inventarios aeronáuticos, evaluando, verificando y controlando los diferentes procesos, procedimientos y políticas impartidas para asegurar el soporte logístico aeronáutico en pro del alistamiento de las aeronaves (Fuerza Aérea Colombiana, 2010, p. 1).

161

Para ello, se establecen como requisitos que el suboficial inspector debe ser técnico en la especialidad de abastecimientos aeronáuticos y contar con experiencia en el área de abastecimientos, así como 2 años de auxiliar de bodega de material aeronáutico, haber ejercido el cargo de jefe de bodega y/o almacenista al menos en dos bodegas diferentes por un lapso de 2 años en cada una y tener 10 años como técnico en logística aeronáutica; de esta forma también debe contar con conocimientos generales en logística, recursos del Estado, inglés intermedio, plataforma SAP, publicaciones técnicas combustibles de aviación y en instrucción académica (Fuerza Aérea Colombiana, 2010).

Según AESA (2012) una vez establecidos los requisitos, es necesario dar cabida a las normas de adiestramiento técnico, donde se establecen los requisitos, certificaciones y capacitación que debe brindar la Fuerza Aérea al Técnico aspirante al cargo y con ellos establecer la funciones generales del cargo, como las dispuestas por la Dirección de Control de Material: “asesorar al personal de comandantes de centro logístico en cuanto a las correctas técnicas de almacenamiento de los bienes aeronáuticos en custodia y control fiscal, al igual que los documentos de trazabilidad; asesorar al personal del área de abastecimientos y a la sección pronóstico de inventarios en la elaboración del plan anual de soporte logístico de la unidad, en cuanto al tipo de material y su recurrencia; inspeccionar el material aeronáutico llegado con novedad, con el fin de asesorar al personal de jefes de bodega en la toma de decisiones, elaboración de conceptos y diligenciamiento de formatos establecidos para reportar discrepancias; supervisar la aplicación de los procedimientos para el control del material aeronáutico, controlando los trabajos ejecutados, el correcto registro de los documento, verificando el proceso en ejecución y nivel de pericia del personal”. (Fuerza Aérea Colombiana, 2010, p. 3)

La Fuerza Aérea Colombiana cuenta actualmente con el cargo de especialista en abastecimientos, el cual tiene estipuladas unas funciones básicas que no le permiten efectuar una correcta supervisión de toda la cadena logística de los materiales aeronáuticos; por esta razón la Dirección de Control de Materiales plantea la necesidad de un inspector de abastecimientos basados en la experiencia de la USAF y de acuerdo a lo establecido por la AESA *145 stores managment and inspection system*, propone las funciones, requisitos y normas de adiestramiento en la creación del cargo, contando con un enfoque hacia la seguridad operacional.



# Conclusiones

---

162

Si bien en la actualidad el almacenista desarrolla las funciones de verificación e identificación del material dentro del proceso de almacenaje; a través del análisis de la documentación de EVESOS por factor material, es evidente que existe un vacío dentro de la cadena logística considerando que las fallas presentadas en las aeronaves era perceptibles a la vista de una persona entrenada, y es evidente que los materiales aeronáuticos deben ser inspeccionados y certificados con el fin de determinar su condición antes de ser utilizados, mejorando la seguridad operacional y aumentando la calidad y eficiencia en el alistamiento de las aeronaves.

Al realizar el análisis de la información correspondiente a la cadena logística de la Fuerza Aérea, se encontró que los cargos en el Escuadrón de Abastecimientos son pocos y los procesos y tareas son muchas; esto extrapolado al esquema organizacional de una Unidad Aérea, donde las disponibilidades, servicios y actividades del servicio reducen el pie de fuerza en las actividades administrativas, se traduce en falta de verificación de la condición, clasificación e identificación de los materiales, bien sea a raíz de la ausencia de personal especializado, por la falta de capacitación o de control.

La Fuerza Aérea de los Estados Unidos establece como indispensable para la cadena logística contar con un inspector de abastecimientos que ejerza funciones de verificación, identificación y control de materiales. Por lo tanto, adoptando un modelo de gestión como el *benchmarking*, que tiene como propósito acoger las buenas prácticas de otra organización, es viable para la Fuerza Aérea Colombiana implementar el cargo de inspector de abastecimientos en busca de los buenos resultados que ha dado dicha implementación en la USAF.

El análisis realizado frente a la documentación del proyecto de implementación del cargo de inspector de abastecimientos presentado por la Dirección de Control de Material, cubre áreas adicionales a las establecidas para el inspector de abastecimientos de la USAF; y a pesar del esfuerzo realizado por la Dirección, se evidenció una falta de claridad en la función principal del cargo. Dicho aspecto debe ser tenido en cuenta a la hora de su implementación, permitiendo una correcta selección del personal según su perfil profesional y capacitación, en pro de una mejora continua de la seguridad operacional.

Se establece mediante la revisión documental que la creación del cargo de inspector de abastecimientos para la FAC es indispensable, en cuanto a la identificación de la condición de los materiales; considerando que un inspector entrenado tiene la capacidad de detectar posibles anomalías y características que permiten establecer si el material es aeronavegable y puede ser empleado en las aeronaves. Asimismo, permite aceptar o rechazar material basado en su conocimiento, capacitación y experiencia, controlando de esta forma el programa de órdenes técnicas de cumplimiento de tiempo, e impactando de manera positiva sobre la seguridad operacional de la Institución.



# Referencias

- AESA. (2012). *Manual de instrucción técnica sobre requisitos de seguridad operacional en el servicio de asistencia en tierra*. Revisión 1\_1. España: Agencia Estatal de Seguridad Aérea. [http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4159028/insa\\_11\\_ins\\_05\\_1\\_1.pdf](http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4159028/insa_11_ins_05_1_1.pdf)
- Autoridad Aeronáutica Civil. (2011). *Política Estatal de seguridad operacional*. Panamá: Autor.
- Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la cadena de suministro*. Quinta edición. México: Pearson educación.
- Castellanos, A. (2009). *Manual de la gestión política del transporte y la distribución de mercancías*. Barranquilla: Ediciones Uninorte. [http://books.google.com.co/books?id=JYydauBcri0C&pg=PA227&dq=logistica+aeronautica&hl=en&sa=X&ei=FBcZVlukG4O-ggS\\_IILAAg&ved=0CBoQ6AEwAA#v=onepage&q=logistica%20aeronautica&f=false](http://books.google.com.co/books?id=JYydauBcri0C&pg=PA227&dq=logistica+aeronautica&hl=en&sa=X&ei=FBcZVlukG4O-ggS_IILAAg&ved=0CBoQ6AEwAA#v=onepage&q=logistica%20aeronautica&f=false)
- COCESNA. (2010). *Gestión de la seguridad operacional*. Belice: Corporación Centroamérica de servicios de navegación aérea. <http://www.cocesa.org/subpagina.php?id=287&lng=0>
- Constitución Política de Colombia. (1991). *Artículo 122*. Bogotá. República de Colombia. Recuperado el 10 septiembre, 2014, de <http://colombia.justia.com/nacionales/constitucion-politica-de-colombia/titulo-v/capitulo-2>
- ESUFA. (2013). *Curso de formación de Suboficiales de Especialidad Abastecimientos*. Madrid: Escuela de Suboficiales CT. Andrés M. Díaz. Disponible en ESUFA, Madrid-Cundinamarca.
- Escuela Europea de Dirección y Empresa. (2013). *Master en Administración y Negocios MBA: Gestión Estratégica de los Recursos Humanos*. Madrid: Autor. Disponible en EUDE, C/ Arturo Soria, 245, 28033 Madrid-España.
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Tránsito y Transporte. (2011). *Manual de investigación de accidentes e incidentes*. Ciudad de México: Autor. Recuperado el 23 de agosto, 2014, de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/Manual%20de%20Manual%20de%20Investigacion%20de%20Accidentes%20e%20Incidentes/Manual%20IAI.pdf>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2004). *Manual de Investigación de Accidentes Aéreos de la Fuerza Aérea Colombiana*. Primera edición. Bogotá: Fuerzas Militares de Colombia. Recuperado de IGEFA, Avenida El Dorado Cra. 52 CAN Comando Fuerza Aérea Colombiana Bogotá, Colombia.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2006). *Logística Aeronáutica evolucionando con el concepto operacional de la Fuerza*. Bogotá: Autor. <https://www.fac.mil.co/?idcategoria=15602>
- Fuerza Aérea Colombiana. (2006). *RESERVADO Informe final novedad operacional FAC5761*. Bogotá: Inspección General.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2007). *RESERVADO Informe final FAC2105*. Bogotá: Inspección General.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2008). *Adquisición y control de requerimientos logísticos aeronáuticos*.





- Bogotá: Aplicativo Kawak.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2009). *Gestión del plan logístico aeronáutico gastos de Inversión*. Bogotá: Aplicativo Kawak.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2009). *Manual de Abastecimientos Aeronáuticos (MAABA)*. Bogotá: Autor. Recuperado de JOL, Avenida El Dorado Cra. 52 CAN Comando Fuerza Aérea Colombiana Bogotá, Colombia)
- Fuerza Aérea Colombiana. (2010). *Funciones para el cargo: Inspector de Abastecimientos*. Bogotá: Dirección Control Material Aeronáutico.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2010). *Normas de adiestramiento Técnico: Abastecimiento Aeronáutico*. Bogotá: Dirección Control Material Aeronáutico.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). *Informe de Gestión Fuerza Aérea Colombiana 2011*. Bogotá: Autor. (Disponible en IGEFA, Avenida El Dorado Cra. 52 CAN Comando Fuerza Aérea Colombiana Bogotá, Colombia)
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). *RESERVADO Informe final FAC1005*. Bogotá: Inspección General.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). *RESERVADO Informe final FAC5198*. Bogotá: Inspección General.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2012). *RESERVADO Informe final accidente 403-AC-1-E-C*. Bogotá: Inspección General.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2012). *RESERVADO Informe final accidente B-412*. Bogotá: Inspección General.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2013). *RESERVADO Informe trimestral Inspección Grupos Técnicos*. Bogotá: Inspección General.
- Fundación Univalle. (2009). *¿Qué es estandarización?*. Santiago de Cali: Autor. <http://fundacion.univalle.edu.co/imagenes/estandar.pdf>
- González, J., Chamorro A., Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de calidad*. Madrid: Delta Publicaciones.
- ISO. (2008). *ISO 9000 - Quality management*. Ginebra: Author. Retrieved 10 September, 2014, from [http://www.iso.org/iso/iso\\_9000](http://www.iso.org/iso/iso_9000)
- KAWAK. (2013). *Módulos*. Bogotá: Autor. Recuperado el 20 de agosto, 2014, de <http://kawak.net/category/modulos/>
- Laudon, k., Laudon, J. (2004). *Sistemas de información gerencial*. Octava edición. México: Pearson educación.
- OACI. (2006). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional*. Quebec: *Organización de Aviación Civil Internacional*. Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/PSOESSPSMS/Documents/Documento%20OACI%209859%20Primera%20Edici%C3%B3n%202006.pdf> (8 agosto 2014)
- OACI. (2006). *Manual de Vigilancia para la Seguridad Operacional*. Quebec: Organización de Aviación Civil Internacional. Recuperado el 8 de agosto, 2014, de [http://www1.lima.icao.int/srvsop/archivos/meeting%20s/2013/GSI%20OPS%20COL/Doc%209734%20-%20Manual%20de%20vigilancia%20de%20la%20seguridad%20operacional%20\\_5230dc779d491.pdf](http://www1.lima.icao.int/srvsop/archivos/meeting%20s/2013/GSI%20OPS%20COL/Doc%209734%20-%20Manual%20de%20vigilancia%20de%20la%20seguridad%20operacional%20_5230dc779d491.pdf)
- OACI. (2011). *Situación de la Seguridad Operacional de la aviación mundial: Quebec*. Organización de Aviación Civil Internacional. Recuperado el 23 de agosto, 2014, de [http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO\\_State-of-Global-Safety\\_web\\_SP.pdf](http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_State-of-Global-Safety_web_SP.pdf)



- OACI. (2013). *Normas y métodos recomendados internacionales: Gestión de la Seguridad Operacional*. Quebec: Organización de Aviación Civil Internacional. Recuperado el 15 de agosto, 2014, de [http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/ssp-sms/an19\\_cons\\_es.pdf](http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/ssp-sms/an19_cons_es.pdf)
- OACI. (2013). *SARPs Standards and Recommended Practices: Safety Management*. Quebec: Organización de Aviación Civil Internacional. Recuperado el 23 de agosto, 2014, de <http://www.icao.int/safety/Safety-Management/Pages/SARPs.aspx>
- Pau Cos, J., Navascues, R. (2001). *Manual de Logística integral*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- PILOT. (2009). *Manual Práctico de Logística*. España: PriceWaterHouse-Coopers. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/100523115/Business-Scm-Pilot-Manual-Practico-de-Logistica>
- UMNG. (2009). *Modelos de Gestión Logística*. Programa de Administración de Empresas- Asignatura de Logística. Bogotá: Facultad de Ciencias Económicas. Disponible en Universidad Militar Nueva Granada, Carrera 11 #101-80, Bogotá-Colombia.
- United States. Department of the Air Force. (2013). *Air Force Instruction 23-101: Materiel Management*. Washington: US Air Force. Retrieved 5 August, 2014, from [http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af\\_a4\\_7/publication/cfetp2s0xx/cfetp2s0xx.pdf](http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a4_7/publication/cfetp2s0xx/cfetp2s0xx.pdf)
- United States. Department of the Air Force. (2014). *Material Management*. Washington: US Air Force. Retrieved 6 August, 2014, from [http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af\\_a4\\_7/publication/afi23-101/afi23-101.pdf](http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a4_7/publication/afi23-101/afi23-101.pdf)
- United States. IAAFA. (2013). *Technical Training: Administración de Material*. Lackland: IAAFA Training Group. Disponible en IAAFA TRAINING GROUP, 837 Training Squadron, Lackland AFB TX 78236-5609)
- Universidad del Norte. (2014). *La gestión administrativa*. Barranquilla: Autor. Recuperado el 22 de agosto, 2014, de <http://www.uninorte.edu.co/web/guest/gestion-administrativa-universitaria/logistica-y-seguridad-industrial>

**Para citar este artículo:**

- Jiménez, C. (2015). El inspector de abastecimientos y su impacto en la seguridad operacional. En Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia - compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Cap. 3. Estudios sobre abastecimiento aeronáutico y factores de riesgos en cabinas de vuelo, pp. 142-165. Colección Ciencia y Poder Aéreo No.9. Bogotá, D.C., Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.





**Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 9.**

Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia.

Capítulo 3. Estudios sobre abastecimiento aeronáutico y factores de riesgos en cabinas de vuelo.

Artículo 2. Factores de riesgo en la interacción hombre-máquina en el uso de sistemas automáticos en las cabinas de vuelo.

Pp. 166-198

**ISBN: 978-958-99406-6-2**

Bogotá- Colombia (Suramérica).

Septiembre, 2015.

**Artículo de revisión**

Director de investigación: CR. (RA) Germán Erazo Rodríguez

Asesor metodológico: Alicia Almeida, PhD.

Línea de investigación: Factores Humanos - Grupo CIPAER / Seguridad Aérea – Inspección General Fuerza Aérea (IGEFA)

Evaluación interna: 25/11/14

Evaluación externa: 31/08/15

# Factores de riesgo en la interacción hombre-máquina en el USO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS en las cabinas de vuelo<sup>1</sup>

167

The Risk Factors Related to Human-Machine Interaction, and the Use of Automated Systems in the Cockpit

Autor: Jesús Arturo Cortes Soto<sup>2</sup>



1 Artículo de revisión, desarrollado como trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

2 Oficial de grado Capitán de la Fuerza Aérea Colombiana. Administrador Aeronáutico, Escuela Militar de Aviación. Especialista en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Correo electrónico manfredvon76@hotmail.com

# Resumen

---

En este artículo se identifican los factores de riesgo correspondientes a la interacción hombre-máquina, frente al uso de sistemas automáticos en cabina, a través de una revisión documental y de estudios realizados en diferentes ámbitos de la aviación, tanto a nivel nacional como internacional, sobre factores humanos como: vulnerabilidades, errores, monitoreo inapropiado, entre otros.

El análisis de reportes de accidentes de aviación e investigaciones referentes a la automatización, permitió encontrar dentro de los factores contribuyentes: confusiones con los modos de navegación; altas cargas de trabajo en fases críticas de vuelo; confusión de los roles en cabina; exceso de confianza en la tripulación; entre otras. El estudio de las lecciones aprendidas de diferentes eventos de seguridad en la Fuerza Aérea Colombiana, permitió determinar las acciones preventivas desarrolladas para la mitigación del riesgo presente en la operación.

Además, el estudio del entrenamiento requerido para la operación con sistemas automáticos en cabina, hizo posible identificar la necesidad existente de procedimientos de operación estándar frente a estos sistemas, para reducir al mínimo la incertidumbre en la operación y fortalecer el uso efectivo de los sistemas con altos estándares de seguridad.

**Palabras clave:** automatización, factores humanos, seguridad operacional, modos de navegación, alerta situacional.



# Abstract

---

This article discusses the risk factors related to human-machine interaction, over the use of automated systems in the cockpit, which are identified through a literature review and studies in different fields of aviation, both nationally and internationally, human factors such as: vulnerabilities, errors, improper monitoring, among others.

The analysis of aviation accident reports and investigations concerning the automation issues, allowed finding within the contributing factors: confusion with navigation modes; high workloads in critical phases of flight; confusion of roles in the cabin; crew over reliance in systems; among others. Studying the lessons learned from different safety events in the Colombian Air Force, revealed the preventive actions taken to mitigate this risk in the operation.

The study of the training required for operation with automatic cockpit, made it possible to identify an existing need for standard operating procedures against these systems, to minimize uncertainty in the operation and strengthen the effective use of systems with high safety standards.

**Key Words:** Automation, Human Factors, Safety, Navigation Modes, Situational Awareness.



# Introducción

---

170

Este artículo de revisión permite identificar los factores de riesgo presentes en la interacción hombre-máquina en el desarrollo de operaciones de transporte aéreo con sistemas automáticos, así como las buenas prácticas y acciones de mitigación que se puedan implementar en la Fuerza Aérea Colombiana, para brindar herramientas que contribuyan en la identificación temprana de riesgos, relacionados con la automatización en cabina. Teniendo en cuenta lo anterior, el Comando Aéreo de Transporte Militar CATAM, es la Unidad Militar de la Fuerza Aérea en la cual recae una gran responsabilidad, ya que debe conducir operaciones aéreas de transporte de personal y carga, tanto en apoyo a las Fuerzas Armadas, como en el transporte del Presidente de la República y de altos mandatarios. Para el cumplimiento de la misión asignada esta Unidad Militar, cuenta con diferentes tipos de aeronaves, como Boeing 767, Boeing 737, Boeing 727, C-40, C-130, King Air C90/300/350, entre otras, de las cuales, gracias a procesos de modernización y adquisición, el 86% de la Flota posee actualmente sistemas automáticos para su operación.

En el acelerado crecimiento de la aviación en las últimas décadas, se han desarrollado diversas tecnologías, con el fin de suplir las necesidades demandadas en todos los ámbitos de la aviación, ya sea civil o militar, necesidades que buscan entre otras cosas el aumento de la productividad, la reducción en los costos de operación, la optimización del rendimiento y la confiabilidad en los diferentes sistemas de las aeronaves, la disminución de las cargas de trabajo en cabina e incrementar los niveles de seguridad en el desarrollo operacional.

Para fortalecer la seguridad operacional se han venido desarrollando sistemas automáticos en cabina como: sistemas avanzados de navegación, pilotos automáticos, sistemas digitales de gestión de vuelo (*Flight Management System*, F.M.S., por su sigla en inglés), indicaciones electrónicas de instrumentos por medio de pantallas como PFD (*Primary Flight Display*, PFD, por sus siglas en inglés), MFD (*Multifunction Flight Display*, MFD, por sus siglas en inglés), sistemas avanzados de alertas y precauciones, entre otros, (Brodie, 1999). La incorporación de estos sistemas ha permitido reducir las cargas de trabajo en las tripulaciones y facilitar los procedimientos de operación; en este sentido integrar los factores humanos con tecnología de última generación ha representado un reto para los diseñadores de estos sistemas en la interacción hombre máquina en cabinas automatizadas.

El concepto de automatización involucra aquella tecnología que activamente puede seleccionar y transformar información, tomar decisiones o controlar procesos, lo cual puede aumentar significativamente el desempeño de los humanos y aumentar los niveles de seguridad. Teniendo en cuenta lo anterior, las tripulaciones pueden presentar exceso de confianza en los sistemas automáticos, y fallan al intervenir cuando estos sistemas no funcionan correctamente (Lee y See, 2004).





Orlady H., et al. (1999) en Cachia, (2013), identificaron tres categorías de automatización así: i) automatización de control, asiste al piloto con las tareas de control de la aeronave o substituye el control de los pilotos con ayuda de la automatización; ii) automatización de información, incluye las pantallas y aviónica referente a la navegación, meteorología o comunicaciones digitales; iii) automatización de administración, dirige la aeronave, realiza las tareas pertinentes de vuelo, y provee al piloto información referente al estado de la aeronave y progreso de vuelo.



**Figura 1.** Aeronave King Air C-90 A de la Fuerza Aérea Colombiana. **Fuente:** Imagen Archivo Grupo Aéreo del Caribe



**Figura 2.** Aeronave King Air C-90 GTx de la Fuerza Aérea Colombiana. **Fuente:** AFM King Air C-90 GTx

Aun cuando estos sistemas han tratado de incrementar la seguridad operacional siguen ocurriendo accidentes e incidentes de vuelo relacionados con los sistemas automáticos en cabina, hecho que se evidencia en diversas investigaciones llevadas a cabo en las dos últimas décadas (UAEAC, 1995); (FAA, 1990, 1992); (NTSB, 2013). Como resultado de estas investigaciones se han encontrado algunas posibles causas de eventos de seguridad operacional: entrenamiento inadecuado, errores de programación, pérdida de capacidad de vuelo manual, pérdida de alerta situacional, identificación tardía de situaciones anormales de vuelo, identificación de cambios en el rendimiento de la aeronave por condiciones meteorológicas imprevistas, entre otras.

Dentro de las lecciones aprendidas del accidente Indian Airlines Flight 605 programado en la ruta entre Bombay a Bangalore, India, el día 14 de Febrero de 1990, cuando la aeronave descendió por debajo de la senda de planeo en la aproximación, tuvo lugar una serie de errores en la selección de los modos de navegación automáticos. La Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (*Federal Aviation Administration*, FAA, por su sigla en inglés), con base en el reporte de accidente del Gobierno de la India, expuso como posible causa del accidente la falla de los pilotos para monitorear la velocidad durante la aproximación final; probablemente debido a que la tripulación tenía la atención dirigida a identificar la razón por la cual la aeronave se encontraba en el modo *idle/open descent*, sin darse cuenta de la gravedad de la situación y así tomar la acción apropiada. (FAA, 1990).

En el reporte final del accidente del vuelo AA965 programado en la ruta Miami, Florida, U.S. a Cali, Colombia el día 20 de diciembre de 1995, la aeronave golpeó contra el terreno durante la fase de aproximación, en condiciones meteorológicas visuales bajo reglas de vuelo por instrumentos. La Aeronáutica Civil de Colombia encontró, debido a confusiones en la programación del F.M.S.,

como posibles causas del accidente las siguientes: pérdida de alerta situacional de la tripulación, con respecto a la navegación vertical, proximidad al terreno y ubicación con respecto a las radio ayudas de navegación, así como falla de la tripulación al no volver al uso de la navegación convencional, teniendo en cuenta que la navegación asistida por el F.M.S., se tornó confusa, y demandaba una excesiva carga de trabajo en una fase crítica de vuelo (JAEAC, 1995).

172

En el reporte de accidente del vuelo Asiana Airlines 214 programado en la ruta Seoul, Korea a San Francisco, California, U.S. el día 6 de julio de 2013, la aeronave golpeó contra el terreno durante la fase aproximación final en condiciones meteorológicas visuales bajo reglas de vuelo por instrumentos, la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (*National Transportation Safety Board*, NTSB, por su sigla en inglés), reportó, entre otros hallazgos de la investigación: los errores de la tripulación en la administración del perfil de vuelo vertical durante la aproximación inicial, lo que condujo al *piloto monitoreando* a un período de vuelo con altas cargas de trabajo que redujo su alerta situacional, impidiéndole supervisar adecuadamente las acciones tomadas por el *piloto volando*. Durante este período de tiempo se desactivó el control automático de velocidad, sin que haya existido intención de la tripulación. Asimismo, se evidenciaron fallas de comunicación y coordinación no estandarizada entre el piloto volando y el piloto monitoreando al momento de seleccionar los modos de navegación para el control del piloto automático y el ajuste de potencia automático, lo que resultó en confusión de roles en cabina y degradado de la alerta situacional con respecto a los modos de navegación automáticos NTSB, (2013).

El desarrollo de los sistemas automáticos en cabina, a su vez, ha generado que los pilotos presenten altos niveles de confianza en dichos sistemas. Acerca del exceso de confianza de las tripulaciones frente a la automatización, Wood (2004) en su investigación identificó dos riesgos de operación; el primero fue la ausencia del conocimiento adecuado para responder oportunamente al control del vuelo usando la automatización en situaciones normales y anormales; el segundo fue el contenido de los programas de entrenamiento, el cual no involucraba significativamente los aspectos cognitivos relacionados con las limitaciones por factores humanos. En este sentido, se identificó una reducción en la capacidad de los pilotos para el vuelo manual, cuando fue requerido.

El exceso de confianza de las tripulaciones en los sistemas automáticos en cabina, ha generado que los pilotos en algunas ocasiones permitan que estos sistemas realicen las tareas básicas de vuelo que usualmente le correspondían a las tripulaciones, sin tomar las medidas de supervisión apropiadas, tareas como: cálculos de descenso y ascenso, consumos de combustible, corrección de rumbos por viento, identificación de radio ayudas, procedimientos de aproximación, entre otras. Lo anterior, ha generado cierto grado de complacencia para que las aeronaves vuelen acorde a los parámetros de diseño sin contar muchas veces con la complejidad y las variables presentes en la operación como: meteorología adversa, espacios aéreos congestionados, características del terreno, entre otras. En un estudio realizado acerca de las consecuencias de la complacencia inducidas por la automatización, Parasuraman, Molloy, y Singh (1993), encontraron que el comportamiento complaciente puede aparecer cuando los factores potenciales (por ejemplo: exceso de confianza) se combinan con las siguientes condiciones operacionales: altas cargas de trabajo debido a condiciones meteorológicas adversas, espacios aéreos congestionados o fatiga





debido a descansos inadecuados o vuelos muy largos. Este comportamiento puede, entre otras cosas, reducir el tiempo y la precisión para la identificación de una falla por parte de la tripulación, cuando los sistemas automáticos estén realizando una tarea específica.

El entrenamiento de los pilotos en la interacción con los sistemas automáticos en cabina es un factor determinante para mejorar los niveles de seguridad en las operaciones de vuelo, es ahí donde las tripulaciones deben fortalecer la administración de los recursos de cabina (*Crew Resource Management*, C.R.M., por su sigla en inglés) frente a la automatización, así como el uso adecuado de diferentes modos de navegación tanto en situaciones normales como de emergencia. Así mismo, es necesario resaltar la importancia de contar con procedimientos de operación estándar acordes al tipo de operación referentes al uso de sistemas automáticos, donde se establezcan roles específicos en cabina para cada fase de vuelo y se eviten confusiones en el proceso de toma de decisiones con altas cargas de trabajo en cabina.

## **Evolución de sistemas automáticos y problemas asociados**

La evolución de los sistemas automáticos a bordo de las cabinas de vuelo, ha sido resultado del acelerado crecimiento de la aviación a nivel mundial en las últimas décadas. Lo anterior, ha generado espacios aéreos congestionados, un aumento en las cargas de trabajo en cabina en fases críticas de vuelo como el despegue, la aproximación y el aterrizaje; demandando una mayor alerta situacional por parte de los pilotos. Esta situación obligó a la industria de la aviación a la creación de sistemas más eficientes que permitieran reducir la ocurrencia de accidentes o eventos de seguridad en el desarrollo de las operaciones de vuelo.





Es así como en los años 70's las grandes aeronaves de turbina fueron equipadas con sistemas de navegación de última generación, que reemplazaron gradualmente los indicadores convencionales de actitud, navegación, velocidad, rendimiento de motores, e incluso el puesto del navegante de vuelo en cabina por pantallas de cristal integradas con diversos sistemas como sistemas avanzados de navegación, sistemas digitales de gestión de vuelo F.M.S. (*Flight Management System*, FMS, por sus siglas en inglés), pilotos automáticos y directores de vuelo. Asimismo, se fueron integrando sistemas de precaución y alerta como detección temprana de pérdida de sustentación y proximidad contra el terreno (*Ground Proximity Warning System*, GPWS, por su sigla en inglés). La integración de sistemas automáticos en cabina dieron origen a términos nuevos como complacencia, fallas de la automatización y falencias en el monitoreo de sistemas (Wiener, 1989).

La implementación de la automatización en las cabinas, generó en sus inicios diferentes preocupaciones acerca de la posibilidad de un incremento en las cargas de trabajo del piloto; falencias en el entendimiento de la automatización y complejidad en la misma. En este proceso, Billings (1991) afirma que las tripulaciones cambiaron su rol en cabina, y pasaron de ejercer control manual a ser administradores de un sistema, el cual debían monitorear e intervenir cuando se requirieran cambios u ocurrieran situaciones inesperadas.

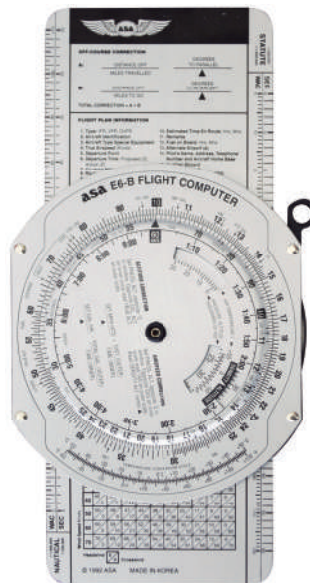
Con los nuevos sistemas automáticos se generaron cambios importantes, tanto en los procedimientos de operación estándar como en el entrenamiento requerido para las tripulaciones, se enfatiza la administración de los recursos de cabina (*Crew Resource Management*, C.R.M., por su sigla en inglés), se introducen diferentes modos de navegación tanto lateral como vertical, y la programación y supervisión de sistemas digitales de gestión de vuelo F.M.S., así como, nuevas formas de lectura de los indicadores de rendimiento de la planta motriz, nuevas respuestas en la identificación de las indicaciones de peligros y precaución por parte de las tripulaciones, entre otras.



Wickens, (1992) sugiere que existen tres clases de automatización que cumplen diferentes propósitos: i) la automatización puede cumplir funciones que van más allá de la habilidad de los humanos o los operadores humanos no las pueden realizar dentro del período de tiempo requerido; ii) la automatización puede realizar tareas que los humanos realizan pobremente; y iii) la automatización puede ayudar a los humanos a realizar tareas indeseables (Citado en Singh et al., 2009).

Sumado a lo anterior, Wickens (1992) considera la complacencia inducida por la automatización como la inhabilidad de los pilotos para detectar fallas en los sistemas automáticos a bordo debido al alto grado de confianza en estos sistemas. Lo anterior, reduce la alerta situacional de las tripulaciones en las diferentes fases de vuelo, ya que permite a la aeronave ejecutar automáticamente maniobras de vuelo como ascensos, descensos, aproximaciones, cálculos para alcanzar una altura, entre otros. Los pilotos no realizan en algunas ocasiones una confirmación previa de los parámetros de vuelo esperados, porque se ajustan a la programación de los sistemas automáticos en cabina. Previo a la incorporación de las pantallas de cristal y sistemas automáticos a bordo, las tripulaciones debían realizar manualmente diferentes cálculos de vuelo: correcciones de rumbos por condiciones de viento, puntos finales de descenso y ascenso, incorporaciones en patrones de espera, aproximaciones, cálculos de combustible, entre otras. Lo anteriormente descrito se apoyaba con el computador físico de vuelo (ver Figura 3), y diferentes cálculos manuales, los cuales obligaban a los pilotos a monitorear constantemente los parámetros requeridos.

Por lo tanto, aun cuando la automatización en cabina trajo beneficios en la reducción de cargas de trabajo para las tripulaciones Abbott et al. (1996), es importante no olvidar los principios básicos de vuelo para poder realizar una supervisión efectiva de los sistemas e intervenir oportunamente, cuando éstos presenten fallas en el desarrollo del vuelo.



**Figura 3.** Computadora de vuelo papel ASA E6-B. **Fuente:** recuperado el 01 de septiembre, 2014, de [www.pilotcenter.com](http://www.pilotcenter.com)

Para Brodie (1999) la automatización de las cabinas de vuelo es el resultado del rápido crecimiento y avance en la tecnología de los microprocesadores y sistemas de pantallas, por lo cual los sistemas automáticos tienen la capacidad de realizar las tareas que anteriormente desarrollaba el ser humano. Actualmente, el F.M.S. es el principal sistema empleado en las cabinas automatizadas como una interfaz estratégica con la aeronave (Vakil, Midkiff, y Hansman, 1996), contiene una base de datos extensa con información de radio ayudas, puntos de navegación y procedimientos de salidas y llegadas normalizadas así mismo controla integralmente el régimen de vuelo y los sistemas de información, lo que permite la navegación automática, la presentación de mapas, la optimización del rendimiento de vuelo, la ejecución de tareas rutinarias y los cálculos de vuelo.

Funk et al., (1998) realizaron un estudio acerca de los problemas relacionados con la automatización, cubriendo una gran variedad de fuentes que incluyen: pilotos y expertos de aviación, reportes de incidentes, reportes de investigaciones, entre otros; logrando identificar 94 problemas potenciales referentes a las cabinas automatizadas, dentro de los cuales se resaltan: el entendimiento inadecuado de la automatización; pasar desapercibido el comportamiento de la automatización; los pilotos pueden desarrollar exceso de confianza en cabina; las indicaciones en cabina pueden tener un diseño deficiente; entrenamiento inadecuado; la automatización se puede tornar muy compleja; la automatización puede tener un comportamiento inesperado e inexplicable; la información en las pantallas puede ser insuficiente; pérdida de las habilidades de vuelo manual.





# Método

---

Para el desarrollo del presente artículo de revisión, se utilizó un enfoque de investigación cualitativo, en el cual según Hernández; Fernández y Baptista (2006) se hace una recolección de datos sin medición numérica en un proceso inductivo, se explora y describe un problema para luego generar perspectivas teóricas. Teniendo en cuenta la descripción anterior y lo planteado por Almeida y Jaimes (2011) se hizo una revisión documental de investigaciones académicas relacionadas específicamente con el objeto del artículo. Para tal fin, se consultaron libros, artículos de revisión, papers especializados, informes finales de investigaciones de accidentes en la aviación a nivel nacional e internacional, referentes a la interacción hombre-máquina con sistemas automáticos. A su vez, se estudiaron los resultados y lecciones aprendidas enfocadas a mejorar los niveles de seguridad operacional. De igual manera, se analizaron los factores humanos involucrados en el uso de sistemas automáticos: complacencia, exceso de confianza, exceso de cargas de trabajo, conocimiento y entrenamiento inadecuado, entre otros.

177

# Accidentes y eventos relacionados

---

Para dar inicio al abordaje temático de los accidentes y eventos relacionados con la seguridad operacional, se toman como referencia algunas investigaciones desarrolladas por autoridades aeronáuticas internacionales. Esta aproximación conceptual permite tener una visión más amplia sobre el tema que es objeto de análisis en este documento.

La Agencia para la Seguridad de Vuelo Europea (*European Aviation Safety Agency*, EASA, por su sigla en inglés), en su póliza referente a la automatización, relacionó algunos de los mayores beneficios que los sistemas automáticos en cabina han traído a la seguridad de las operaciones de vuelo (EASA, IGPT, 2013). A través de la tecnología computarizada se incrementaron los sistemas redundantes al resultar ésta más confiable que la tecnología mecánica, debido a su ligereza y economía. Asimismo, se evidenciaron también avances tecnológicos en el control de la planta motriz, mejoras en la precisión de la navegación vertical y lateral, en el rendimiento aerodinámico y el consumo de combustible, reducción de las cargas de trabajo en cabina, entre otros.



Sin embargo, al incorporarse la tecnología computarizada en las cabinas de vuelo, se presentaron problemas referentes a la interacción del hombre con la misma. Lo anterior, conllevó a que se hicieran cambios en los roles de los pilotos, y que éstos además de controlar la máquina fueran capaces de supervisarla. De esta manera, se amplió la capacitación y el entrenamiento de las tripulaciones para garantizar operaciones más seguras.

178

Las autoridades aeronáuticas, con base en los resultados de algunas de las investigaciones de accidentes (que se relacionan a continuación), recomiendan fortalecer la seguridad operacional a través de la capacitación de los pilotos en temas como: conocimiento comprensivo de la operación con sistemas automáticos, elementos de confusión en el uso de los modos de navegación, exceso de confianza en los sistemas, alerta situacional, responsabilidades en cabina, entre otros.

---

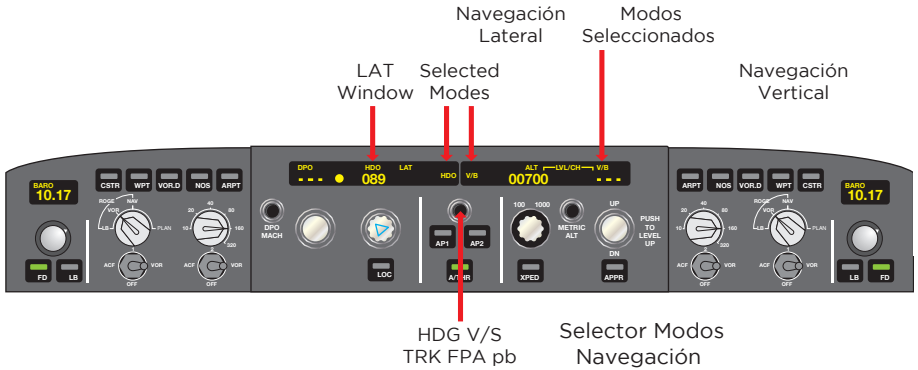
## Accidente Indian Airlines A-320 Vuelo 605, Bangalore India

El día 14 de Febrero de 1990 una aeronave Airbus A-320 de Indian Airlines Vuelo 605 programado con pasajeros en la ruta entre Bombay y Bangalore, India, se estrelló en su aproximación final al Aeropuerto de Bangalore; en relación con el accidente el Gobierno de la India (Ministry of Civil Aviation, 1990), expuso como posible causa, falla de los pilotos para darse cuenta de la gravedad de la situación y tomar la acción apropiada con las palancas de potencia aun cuando el sistema de advertencia auditiva del radar altímetro les reportara 400 pies, 300 pies y 200 pies sobre el terreno, a pesar de saber que la aeronave se encontraba en el modo de descenso idle/open.

Inicialmente la aeronave fue configurada apropiadamente para un aterrizaje y aproximación manual, pero durante la aproximación, la tripulación cometió una serie de errores en la selección de los modos de navegación que llevaron la aeronave a una condición de baja velocidad y bajo ajuste de potencia en las etapas finales de la aproximación. La tripulación no detectó los ajustes inusuales de velocidad y potencia hasta un punto donde fue imposible recobrar la aeronave (FAA, 1990). La causa probable del ajuste inadvertido del modo de potencia automática en idle/descent, fue que el piloto monitoreando en lugar de seleccionar un régimen de descenso de 700 pies por minuto, seleccionó inadvertidamente una altitud de 700 pies sobre el nivel medio del mar, la cual se encontraba por debajo de la altitud de vuelo de la aeronave en ese momento, y por consiguiente la aeronave enganchó el modo de ajuste de potencia idle/descent. Las perillas de selección de velocidad vertical y altura de la Unidad de Control de Vuelo (*Flight Control Unit*, FCU, por su sigla en inglés), se encuentran muy cerca, y la tripulación en lugar de operar la perilla de velocidad vertical, inadvertidamente operó la perilla de selección de altura (ver Figura 4).

El Ministerio de Aviación Civil del Gobierno de la India expuso que este accidente no habría ocurrido si los pilotos hubieran realizado una de las siguientes acciones: si se seleccionaba la velocidad vertical de 700 pies por minuto solicitada por el piloto y la aeronave continuaba en el modo de velocidad vertical; si ambos directores de vuelo (*Flight Director*, FD, por su sigla en inglés) hubieran sido desactivados y se tomara el control manual de potencia, desconectando el sistema automático, para ajustar la misma a la posición de despegue y sobrepa-





**Figura 4.** Panel unidad de control de vuelo A320, adaptada de lecciones aprendidas FAA.  
**Fuente:** FAA Lessons Learned (s.f.).

so (*Take off-Go Around*, TOGA, por su sigla en inglés); si la altitud de sobrepaso de 6000 pies se hubiera seleccionado en el FCU, siguiendo los procedimientos estándar. Con base en lo anterior, la FAA (1990), identificó los siguientes problemas referentes a la seguridad operacional: falla en la apropiada supervisión de los parámetros de velocidad y trayectoria de vuelo en la aproximación, uso incorrecto de los modos de navegación automáticos, inapropiado C.R.M. durante una fase crítica de vuelo, aproximación final desestabilizada.

## Accidente American Airlines B-757 Vuelo 965, Cali Colombia

El día 20 de diciembre de 1995 una aeronave Boeing 757 de American Airlines Vuelo 965 programado con pasajeros en la ruta Miami, Florida, U.S. a Cali, Colombia, impactó contra terreno montañoso cerca de la ciudad de Buga, durante la fase de aproximación.

La Aeronáutica Civil de Colombia encontró como posibles causas del accidente las siguientes: fallas de la tripulación para adecuar y ejecutar el plan de aproximación a la pista 19 en el aeropuerto Bonilla Aragón de la ciudad de Cali, y uso inadecuado de automatización, fallas de la tripulación para discontinuar el vuelo a Cali a pesar de las numerosas entradas alertándolos de la inconveniencia para continuar la aproximación, falta de conciencia situacional de la tripulación en relación a la navegación vertical, proximidad del terreno y la posición crítica relativa de las radioayudas, fallas de la tripulación para volver a las radioayudas básicas de navegación en el momento en el que el asistente de navegación F.M.S., empezó a confundir y a demandar una carga de trabajo excesiva en una fase crítica de vuelo (UAEAC, 1995). El vuelo 965 contacto a Cali aproximación, el capitán reportó la ubicación de la aeronave con referencia al radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia VOR de Cali (VHF *Omnidirectional Radio Range*, VOR, por su sigla en inglés), el controlador autorizó la aeronave a volar directo hacia el VOR de Cali y dio instrucciones de descender y mantener 15000 pies de altura. Asimismo, solicita a la tripulación que reporten una vez estén sobrevolando el VOR de Tuluá. Debido a la configuración original del FMS, en el momento de ingresar la acción de volar Directo al VOR de Cali, la ruta es





removida del sistema, y los puntos intermedios de la navegación como el VOR de Tuluá y el radio faro no direccional NBD Rozo (*Non-Directional Beacon*, NDB, por su sigla en inglés) no aparecieron en la presentación de las pantallas.

180

El controlador aéreo de Cali informa al Vuelos 965 que el viento se encuentra en calma y se encuentra disponible la aproximación VOR DME a la pista 19, a lo cual la tripulación responde afirmativamente, acto seguido el controlador solicita que reporten el VOR de Tuluá. En ese momento, la tripulación debió enfrentar altas cargas de trabajo en cabina identificando la nueva aproximación autorizada y al mismo tiempo programando el FMS, por lo cual no se dio un *briefing* formal de la aproximación a la pista 19. Teniendo en cuenta lo anterior, el capitán solicitó volar directo al NDB de ROZO y hacer la llegada normalizada ROZO 1 mientras la aeronave continuaba el descenso, acto seguido el controlador dio la autorización.

La tripulación intentaba ingresar el NDB ROZO identificado con la letra R, en la unidad central de programación (*Central Display Unit*, CDU, por su sigla en inglés), en el momento de ingresar la letra R, en el sistema aparecieron 12 posibles puntos seleccionables, organizados en orden de proximidad con la aeronave, en los cuales no se encontraba el NDB ROZO. El sistema basado en la proximidad a la aeronave identificó el punto seleccionable más cercano como el NDB de ROMEO y no ROZO, referido también con la letra R, el cual no se encontraba en la trayectoria de aproximación a Cali, sino al Nororiente de Bogotá. La tripulación seleccionó el primero que apareció en el listado del FMS y autorizó al sistema a ejecutar la navegación hacia este punto. Si se considera que la aeronave se encontraba con rumbo sur hacia el aeropuerto de Cali, una vez se autorizó la navegación hacia el NDB de ROMEO, la aeronave giró a la izquierda con rumbo oriente hacia las inmediaciones de Bogotá (ver Figura 5), continuando el descenso. Cuando la aeronave volaba con rumbo oriente, la tripulación presentó confusión con respecto a su ubicación, e impactaron contra el terreno, realizando maniobra evasiva por alerta del sistema de proximidad contra el terreno (*Ground Proximity Warning System*, GPWS, por su sigla en inglés). La investigación concluyó que este accidente fue atribuido a error humano por parte de la tripulación referente al uso de los sistemas de navegación automáticos y administración de recursos de cabina.

---

## Accidente Air France A-330 Vuelo 447, Río de Janeiro-París

El día 01 de junio de 2009 una aeronave Air Bus A330-203 de Air France Vuelo 447 programado con pasajeros en la ruta Río de Janeiro, Brasil, a París, Francia, se estrelló contra el mar, durante la fase de crucero. La Oficina de Investigación y Análisis para la Seguridad de la Aviación Civil Francesa (*Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile*, BEA, por sus siglas en francés) encontró, como posibles causas del accidente las siguientes (BEA, 2012): inconsistencia temporal entre los indicadores de velocidad de vuelo, debido a la obstrucción de las tomas pito estáticas por cristales de hielo, que llevaron a la desconexión del piloto automático; control inapropiado de la aeronave por parte de la tripulación, y por lo tanto, la trayectoria de vuelo se desestabilizó, la tripulación no relacionó la pérdida de indicación de velocidad con el procedimiento apropiado, y hubo una identificación tardía por parte del piloto monitoreando PNF (*Pilot Not Flying*, PNF, por su sigla en inglés) de la desviación de la trayectoria de vuelo y una corrección insuficiente por parte del piloto volando PF (*Pilot Flying*, PF, por su sigla en inglés).



Approximate Track of Flight 965, Cali, Colombia, on Dec. 20, 1995

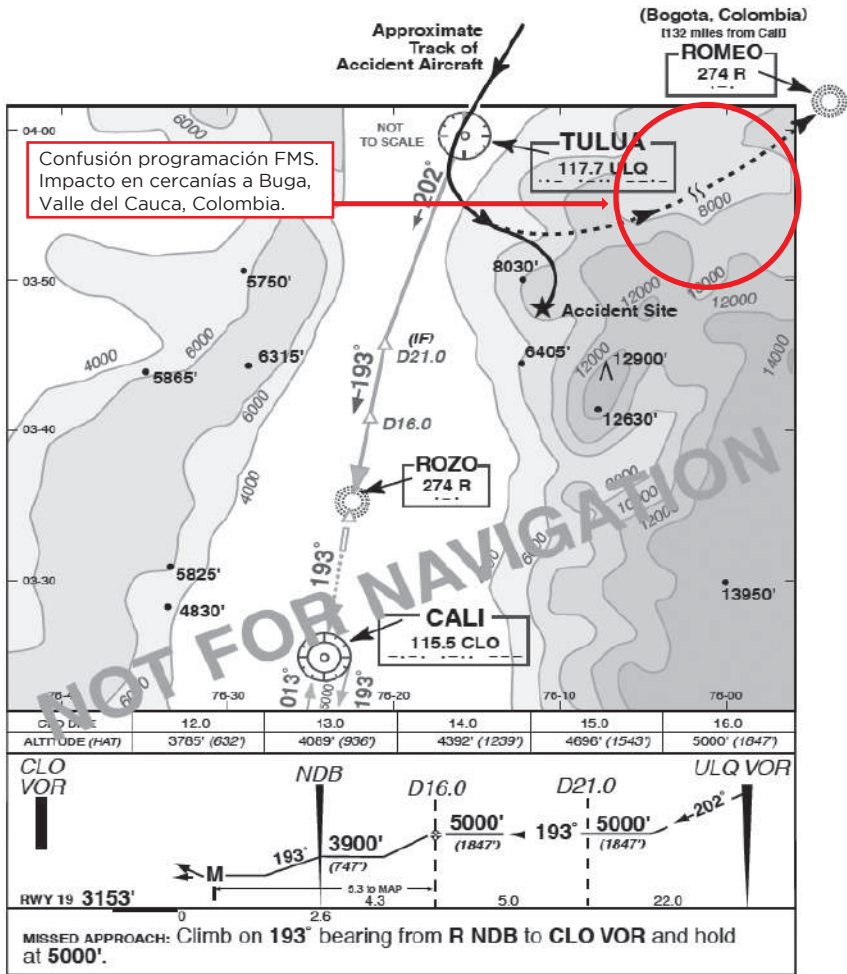


Figura 5. Rumbo Aproximado del vuelo American Airlines 965 Fuente: Flight Safety Foundation-Flight Safety Digest 1998

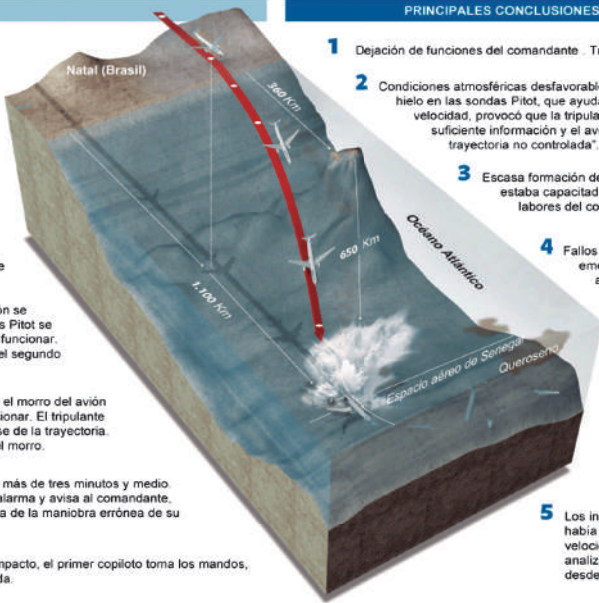
La tripulación no identificó la aproximación a la pérdida de sustentación, carencia de reacción inmediata en esta condición, para sacar la aeronave de esta envolvente de vuelo. La aeronave se encontraba en la fase de crucero, volando a 35000 pies de altura FL350, el piloto al mando dejó la cabina para tomar un descanso controlado, quedando al mando de la aeronave dos copilotos, la tripulación realizó un cambio de curso de 12 grados, posiblemente para evitar una formación de mal tiempo identificada en el radar meteorológico, acto seguido las tomas pito estáticas fueron obstruidas por cristales de hielo, las indicaciones de velocidad presentaron incoherencias y algunos sistemas automáticos se desconectaron, generando confusiones a la tripulación con referencia a la actitud de la aeronave, por lo cual los dos copilotos no pudieron controlar la trayectoria de la misma (ver Figura 6), cuando el piloto al mando regresa a la cabina la aeronave se encontraba en una condición de pérdida de sustentación que no fue posible recobrar.



**CONCLUSIONES DEL INFORME SOBRE EL ACCIDENTE DEL VUELO AIR FRANCE 447**

**ASÍ FUE EL ACCIDENTE**

- 1** 1 DE JUNIO DE 2009  
**02.01**  
 El comandante abandona la cabina para descansar. Queda en funciones el segundo copiloto, el menos experimentado, mientras que el primero se encarga de vigilar posibles averías y transmitir las informaciones relevantes a su compañero.
- 2** **02.06**  
 Se adentran en una zona de turbulencias.  
**02.10**  
 El piloto automático del avión se desactiva porque las sondas Pitot se hielan por el frío y dejan de funcionar. Asume el mando del avión el segundo copiloto.
- 3** El segundo copiloto levanta el morro del avión y las sondas vuelven a funcionar. El tripulante eleva el aparato hasta salirse de la trayectoria. Tendría que haber bajado el morro.
- 4** Empieza la caída, que dura más de tres minutos y medio. El primer copiloto activa la alarma y avisa al comandante, pero no parece darse cuenta de la maniobra errónea de su compañero.
- 5** Unos segundos antes del impacto, el primer copiloto toma los mandos, pero ya no puede hacer nada.



**PRINCIPALES CONCLUSIONES**

- 1** Dejarón de funciones del comandante. Tripulación fatigada.
- 2** Condiciones atmosféricas desfavorables. La formación de hielo en las sondas Pitot, que ayudan a calcular la velocidad, provocó que la tripulación no tuviera suficiente información y el avión siguiese "una trayectoria no controlada".
- 3** Escasa formación del copiloto, que no estaba capacitado para realizar las labores del comandante.
- 4** Fallos en los protocolos de emergencia, que "no se adaptaron a la urgencia de la situación".
- 5** Los incidentes en los que había habido pérdida de velocidad no se habían analizado adecuadamente desde 2004.



**Figura 6.** Secuencia de eventos Accidente AF 447 **Fuente:** Elpais.com (5 de julio, 2012). Conclusiones del informe judicial sobre el accidente del vuelo AF447.

Dentro de las conclusiones del accidente, se identificó que la tripulación nunca entendió que se encontraban en una situación de pérdida de sustentación, y consecuentemente no realizaron el procedimiento apropiado para recobrar la situación, la combinación del diseño de alertas en cabina, con las condiciones en las cuales los pilotos son entrenados en condiciones de pérdida de sustentación, no generó el comportamiento esperado ante esta emergencia. De igual manera, las indicaciones del director de vuelo pudieron generar en la tripulación una falsa sensación de toma correcta de decisiones aun cuando no lo fueran. Finalmente, se observó entre otras cosas, falencias en el entrenamiento de los pilotos para mantener las habilidades requeridas para realizar el vuelo en modo manual.

**Tabla 1.** Factores de riesgo en la interacción hombre-máquina, reportes de accidentes e incidentes mayores entre 1990 a 2013 a nivel mundial.

Fecha	Evento	Posible causa	Problemas automatización	Fuente
14 Feb 1990	Airbus A-320, en fase de aproximación a Bangalore, India, descendiendo por debajo de la trayectoria.	Errores en la selección de modos de navegación automáticos.	Confusión modos automáticos. Alerta situacional.	(FAA, 1990)



Fecha	Evento	Posible causa	Problemas automatización	Fuente
20 Ene 1992	Airbus A-320 en fase de aproximación a Strasbourg, Francia, por cercanía a la pista realiza un descenso acelerado e impacta.	Errores en los cambios de altura al comandar cambios en la navegación vertical.	Pérdida de alerta situacional con referencia al modo de navegación vertical.	(FAA, 1992)
3 Nov 1994	DC-9-83 en fase de aproximación a Kajaani, Finlandia, cadena de errores de la tripulación en el uso de sistema automático de potencia y selección del modo TOGA, para sobrepaso sin advertencia de la tripulación, continúan con el aterrizaje y se sale de la pista.	Errores en los cambios de modos de navegación y selección inadvertida de modo TOGA (ajuste de potencia automático, usado para despegues y sobrepasos), continuando así el aterrizaje con exceso de potencia y velocidad.	Selección de modos de navegación incorrecta, e inadvertida.	(Accident Investigation Board Finland, 1994)
20 Dic 1995	B-757, en fase de aproximación, a Cali Colombia, confusiones en la programación del FMS, y pérdida de alerta situacional, generaron cambios en la trayectoria de vuelo e impacto contra terreno montañoso.	Errores en la programación del FMS, pérdida de alerta situacional por navegación vertical, proximidad con el terreno y ubicación de radio ayudas de navegación.	Altas cargas de trabajo por cambios en la aproximación, alerta situacional con la programación del FMS, alerta situacional con las condiciones del terreno y trayectoria de la aeronave.	(UAEAC, 1995)
9 Ene 1997	EMB -120RT, en fase de aproximación a Monroe, Michigan USA, en condiciones de formación de hielo, la aeronave se enrolla y desciende rápidamente impactando contra el terreno.	Errores en la identificación de los cambios de rendimiento de la aeronave por condiciones de hielo, usando el piloto automático.	Alerta situacional reducida, exceso de confianza en el uso de los sistemas automáticos.	(FAA Lessons learned, 1997).
15 May 2000	B-747-236B, en procedimiento de aterrizaje automático en London Heathrow, la aeronave realiza el procedimiento de nivelada para tocar la pista y 30 ft antes cambia el cabeceo de la aeronave, aumentando en régimen de descenso, realizando aterrizaje fuerte.	Sin identificar.	Buena alerta situacional del piloto al mando, al tomar los controles, cuando detectó cambios en la ejecución de procedimientos automáticos.	(Air Accident Investigation Branch UK, 2000).



Fecha	Evento	Posible causa	Problemas automatización	Fuente
09 Ago 2001	A319-131 en aproximación a London Heathrow, desconecta sin ser comandado por la tripulación el piloto automático y el control automático de potencia.	Durante la aproximación se presentan diferencias en las indicaciones de velocidad entre el piloto y el copiloto, posiblemente por acumulación de partículas de agua en los tubos pitot.	Buena alerta situacional de la tripulación al identificar las diferencias de velocidad y tomar control manual cuando fue requerido.	(Air Accident Investigation Branch, UK, 2001).
15 Jun 2006	B737-300 en aproximación a Nottingham, el piloto al mando desconecta inadvertidamente el piloto automático a 500 pies sobre el terreno, intenta conectarlo nuevamente, pero la aeronave se desvía a la izquierda de la aproximación e incrementa el descenso, al realizar el sobrepaso golpea el tren principal derecho con la zona de seguridad, posterior realiza aterrizaje de emergencia en el aeropuerto de Birmingham.	Desconexión inadvertida de los pilotos automáticos, información inapropiada del ATC en esta fase de vuelo, el procedimiento de sobrepaso se realiza tarde. Intento de reconexión de la aproximación CAT III, a 400 pies sobre el terreno.	Pérdida de alerta situacional en la aproximación, desconexión inadvertida del piloto automático, falta de directrices para la ocurrencia de fallas sin procedimiento específico.	(Air Accident Investigation Branch, UK, 2006)
01 Jul 2009	A-330 en fase de crucero entre Rio de Janeiro, Brasil y Paris, Francia, en condiciones meteorológicas adversas, se presentó indicación errónea de velocidad por obstrucción de las tomas pito estáticas, por lo cual se pierde el control del perfil de vuelo e impacta contra el mar.	Indicaciones erróneas de velocidad, que llevaron a la desconexión del piloto automático, control inapropiado de la aeronave por parte de la tripulación, que desestabilizó la trayectoria de vuelo, la tripulación no relaciono la pérdida de indicación de velocidad con el procedimiento apropiado.	Falta de directrices para la ocurrencia de fallas sin procedimiento específico. Falencias en el entrenamiento para identificar este tipo de fallas. Falencias en las habilidades de vuelo manual. Confusión en las indicaciones de la automatización.	(BEA, 2012).



Fecha	Evento	Posible causa	Problemas automatización	Fuente
16 Ago 2010	B737-300 en aproximación a la pista de San Andrés, Colombia, en condiciones meteorológicas adversas, la aeronave impacta contra el terreno antes de alcanzar la pista.	El vuelo se realizó por debajo de la trayectoria de la aproximación, debido a una ilusión de AGUJERO NEGRO, en aproximación nocturna en una pista rodeada de mínimo contraste y condiciones meteorológicas adversas.	No se utilizaron las capacidades de la automatización referente a los modos de navegación vertical óptimos para este tipo de aproximación, recomendados por el fabricante, el piloto utilizó Vertical Speed VS (velocidad vertical comandada por el piloto) en lugar de Vertical Navigation VNAV (navegación vertical programada por el sistema) para ejecutar la aproximación. Entrenamiento en el uso de los modos de navegación.	(UAEAC, 2010).
6 Jul 2013	B777-200ER, en aproximación final a San Francisco CA, USA, donde la tripulación cometió una serie de errores en la administración del perfil vertical, y cuando tomaron la decisión de hacer sobrepaso, se encontraban a baja altura e impactan contra el terreno.	Errores en la administración de la trayectoria de descenso en aproximación visual, desactivación de control automático de velocidad inadvertido, errores en el monitoreo de la velocidad.	Inadecuado uso de los modos de navegación vertical, inadecuado monitoreo de las indicaciones de velocidad, errores en control manual de vuelo, inadecuada alerta situacional con la operación de los sistemas automáticos.	(NTSB, 2013).

**Fuente:** elaboración del autor.

Como se puede observar en los accidentes relacionados anteriormente, la interacción hombre-máquina fue un factor determinante, en términos de seguridad operacional, donde se evidenciaron vulnerabilidades en la operación de los sistemas automáticos, como confusión de roles en cabina, pérdida de alerta situacional, reducción en las habilidades de vuelo manual, falencias en el entrenamiento, inadecuado uso de los modos de navegación, entre otros. Estas causas probables o factores contribuyentes, son base fundamental para la implementación de medidas de prevención, desde el punto de vista de factores humanos, y generar así la mitigación y control del riesgo.

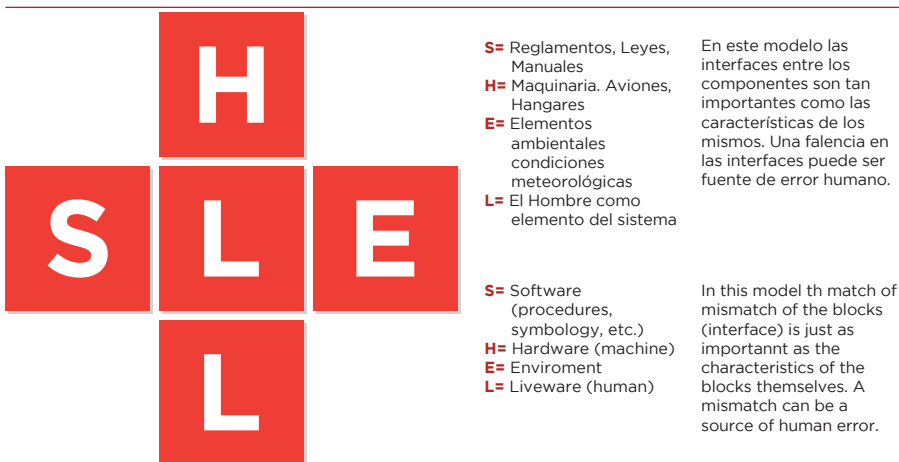


## Factores humanos frente la automatización

La autoridad de seguridad para la aviación civil de Australia (*Civil Aviation Safety Authority*, CASA, por sus siglas en inglés) identificó que los factores humanos en la aviación tienen como objetivo primordial mejorar la seguridad operacional y la eficiencia de las operaciones, por medio de la reducción y administración del error humano presente tanto en los individuos como en las organizaciones (CASA, 2012). Los factores humanos consisten en comprender al hombre, su comportamiento y desempeño; desde un punto de vista operacional, permiten optimizar las relaciones entre los humanos y los sistemas para incrementar los niveles de seguridad y mejorar el rendimiento.

Los factores humanos incluyen también la relación del hombre con las máquinas, procedimientos, medio ambiente e incluso las relaciones con otras personas. La autoridad de aviación civil del Reino Unido, (*Civil Aviation Authority*, CAA, por sus siglas en inglés), usa el concepto del modelo SHELL, para brindar un mejor entendimiento de los factores humanos. Este modelo desarrollado por Edward en 1972, y modificado ilustrativamente por Hawkins in 1975, cuenta con cinco componentes derivados de sus letras: S=Software, relacionado con normas, leyes, reglamentos, procedimientos entre otros; H=Hardware, relacionado con equipo, herramientas y tecnología; E=Environment, referente a las condiciones ambientales en las cuales de desempeña el hombre; L=Liveware, referente al aspecto humano del sistema, L=Liveware, referente a las relaciones interpersonales de los humanos (CAA, 2002). En el centro del modelo se encuentra la persona, el componente más crítico, así como el más flexible en el sistema (ver Figura 7).

Teniendo en cuenta el modelo SHELL, entre el hombre Liveware y la máquina Hardware, como componentes fundamentales de los factores humanos, se debe generar una interacción sistemática, donde se desarrollen procesos y actividades, que permitan alcanzar el rendimiento deseado del sistema y reducir el error humano.



**Figura 7.** Modelo Shell adaptado de Fundamental Human Factors Concepts CAA, UK. **Fuente:** *Civil Aviation Authority (2002). Cap. 719. Fundamental Human Factors Concepts. Recuperado el 02 de septiembre, 2014, de <https://www.caa.co.uk/docs/33/CAP719.PDF>*







De acuerdo con Endsley, (1996), la automatización ha sido una de las mayores tendencias en las últimas décadas, debido a la creencia que la misma puede incrementar significativamente la confiabilidad de los sistemas, mejorar el rendimiento y reducir costos de operación, lo cual ha generado cambios de roles dramáticos en la interacción con el hombre, teniendo en cuenta que en las cabinas de vuelo, los pilotos han pasado de ejecutar directamente las tareas control y navegación, a ser supervisores de sistemas automáticos, donde según Amalberdi, (1998) los pilotos, deben interactuar programando el sistema, monitoreando la ejecución de la automatización e interviniendo cuando se presenten fallas o situaciones anormales.

Olson (2000), identificó las cabinas automáticas, como un sistema de control supervisado, en el cual los pilotos trabajan directamente con él, pero no son reemplazados por la automatización, por lo tanto, aún los sistemas automáticos más avanzados requieren de la presencia del operador humano, para monitorear el rendimiento del sistema e intervenir, en caso que se requiera. Desde que los sistemas automáticos se incorporaron para el control y mejora del rendimiento de las aeronaves, las acciones incorrectas como el control manual de trayectoria de vuelo han disminuido. Sin embargo, los errores de omisión en el monitoreo y fallas del piloto para actuar e intervenir cuando ha sido requerido, han aumentado.

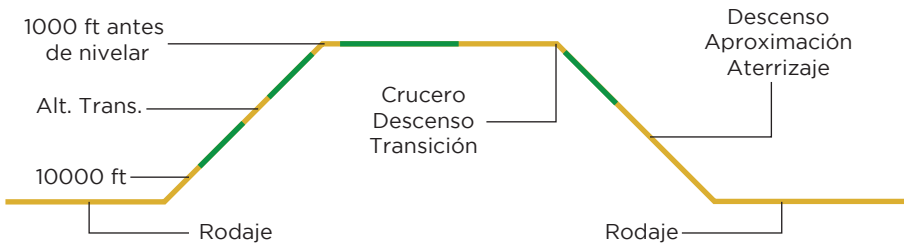
Cuando se realizan tareas de monitoreo con sistemas automáticos, la detección asertiva de una falla que requiera la intervención del hombre, por lo general, no es inmediata, y es necesario un tiempo adicional para determinar el estado del sistema que falló, realizar un análisis de la situación y tomar la acción apropiada.

Aun cuando la automatización ha presentado grandes beneficios en el sector aeronáutico, de la misma forma, ha generado un número considerable de problemas y fallas no anticipadas, como resultado de estas situaciones, donde el operador es sorprendido por el comportamiento de la automatización, han surgido preguntas como: ¿qué está haciendo ahora?, ¿por qué hizo eso?, ¿qué será lo próximo que

hará? (Wiener, 1989). Estos problemas están asociados con el hecho de que los sistemas automáticos requieren de la interacción de un operador, con canales de comunicación y coordinación claros entre el hombre y máquina. De acuerdo con lo anterior, Degani, Heymann, Meyer, y Shafto, (2000) identificaron que la interacción del hombre con la máquina es realizada por medio de un sistema de comunicación, en el cual el piloto envía y recibe señales y estímulos, a y desde la máquina, con dos componentes fundamentales: las entradas o panel de control por medio del cual el piloto envía señales o comandos a la máquina, y las salidas o pantallas, por medio de las cuales el piloto recibe información de la máquina.

Los pilotos como supervisores de los sistemas automáticos a bordo, deben interactuar con los mismos, para lograr la adecuada ejecución de tareas operacionales Heyman y Degani, (2011) como: los cambios requeridos en los modos de navegación vertical y lateral, para realizar una aproximación o un aterrizaje. Para lograr la correcta ejecución de tareas específicas, los operadores deben contar con información detallada del comportamiento de las máquinas, de esta manera, la mayor preocupación de los diseñadores de sistemas automáticos ha sido lograr una adecuada y correcta interacción entre el hombre y la máquina, por medio de manuales, procedimientos y entrenamiento.

### Áreas de Vulnerabilidad



**Figura 7.** Áreas de Vulnerabilidad adaptada de Flight Safety Foundation. **Fuente:** Recuperado de *human-factors.arc.nasa.gov* 11 de Septiembre 2014

Las aeronaves modernas cuentan con múltiples modos de automatización, permitiendo así un alto grado de flexibilidad, que incrementa el rango de respuestas disponibles de los pilotos para una situación dada, como diferentes modos automáticos para navegación vertical y lateral, esta flexibilidad también puede incrementar las cargas de trabajo durante fases críticas de vuelo (ver Figura 8), por lo cual la automatización aumenta de la necesidad de incrementar los niveles de experticia en los pilotos, y poder así enfrentar diferentes situaciones de vuelo, mejorar su proceso de toma de decisiones basado en el conocimiento e incrementar los niveles de seguridad en las operaciones (Harris, 2006).

Para operar un sistema automático complejo, la interacción hombre-máquina, debe contar con una infraestructura organizacional compuesta de conceptos operativos, reglas, directrices, y documentos; la coherencia de estos conceptos debe ser soportada en términos de consistencia y lógica, lo cual es de vital importancia para la eficiencia y seguridad de las operaciones de vuelo (Degani y Wiener, 1994). De acuerdo con lo anterior en la aviación existen los procedimientos de operación estándar SOP's (*Standard Operational Procedures*, SOP, por



sus siglas en inglés), los cuales brindan a los pilotos una descripción detallada de las acciones requeridas por la tripulación acorde a la condición de vuelo, estos procedimientos deben ser diseñados específicamente, a fin al tipo de operación a realizar. De igual manera, para lograr la interacción hombre-máquina con los sistemas automáticos, se debe aplicar una correcta administración de los recursos de cabina C.R.M. (*Crew Resource Management*, C.R.M., por sus siglas en inglés), el cual, y siguiendo a CAA (2006), abarca un amplio rango de conocimientos, habilidades y actitudes que incluyen comunicaciones, resolución de problemas, toma de decisiones, trabajo en equipo, y especialmente alerta situacional, referente al estado de la aeronave en cabinas altamente automatizadas.

## Vulnerabilidades de la automatización

El avance en la tecnología de sistemas automáticos, permitió que muchas de las funciones en las cabinas de vuelo que anteriormente eran realizadas por el hombre, pasaran a ser realizadas por sistemas automáticos, incrementando entre otras cosas la precisión y economía en las operaciones, así como los niveles de seguridad, aun así en la interacción de estos sistemas con el hombre se observaron fallas y problemas que han sido resultado de múltiples incidentes y accidentes. (Parasuraman y Molloy, 1996), relacionan que la automatización en la aviación ha incrementado las necesidades de los pilotos para monitorear los sistemas en búsqueda de posibles fallas, donde la mayoría de las veces se realiza una supervisión efectiva, pero bajo ciertas condiciones cuando se deben realizar múltiples tareas en cabina, se reduce la calidad de la supervisión y permite la ocurrencia de fallas. Rosenkrans (2014), menciona que aun cuando los pilotos operan los sistemas automáticos más avanzados de forma rutinaria, se sigue presentando un incremento en la complejidad de las tareas y cargas de trabajo en fases críticas de vuelo, como por ejemplo, en los procedimientos de aproximación, cuando los controladores aéreos requieren cambios en los rumbos para organizar los tráfico, y evitar riesgos de colisión, pues algunas tripulaciones han experimentado problemas para recobrar la trayectoria óptima de vuelo, apoyándose exclusivamente en los modos de navegación automáticos. Los pilotos algunas veces pueden perder el seguimiento del estado y comportamiento de los sistemas automáticos, debido a fallas en el proceso de retroalimentación de la automatización, y vacíos y conceptos erróneos en el entendimiento de la misma por parte de la tripulación (Sarter et al., 2003).

Wiener y Curry (1980) identificaron en la interacción hombre-máquina, entre otras, las siguientes desventajas: baja alerta situacional por parte de las tripulaciones; los sistemas automáticos son intolerantes con el error humano; se pueden presentar fallas desapercibidas por el hombre; pérdida de pro eficiencia de los pilotos para vuelo manual en caso de ser requerido; exceso de confianza; complacencia; falsas alarmas; fallas inducidas por la automatización; aumento de cargas de trabajo en fases críticas de vuelo.

De igual manera, Abbott et al. (1996) relacionaron problemas que generan vulnerabilidades en la administración de la automatización por parte de las tripulaciones y en la alerta situacional requerida, así como: el entendimiento por parte de los pilotos de las capacidades de la automatización, limitaciones, modos de navegación, y principios y técnicas de operación; diferentes criterios de operación de los pilotos acerca del nivel apropiado de automatización a ser usado cuando tienen que enfrentar situaciones inusuales o anormales de vuelo



(por ejemplo al accidente Asiana Airlines 214 relacionado anteriormente); alerta situacional con respecto a la automatización y los modos de navegación; alerta situacional con la trayectoria de vuelo, teniendo en cuenta las condiciones del terreno y las actitudes de la aeronave.

190

Teniendo en cuenta lo que Sarter, Woods, y Billings (1997), identificaron que la operación de los sistemas automáticos requiere de la interacción del hombre, para lograr el desarrollo de tareas específicas, teniendo en cuenta, que estos sistemas no saben cuándo establecer una comunicación con los pilotos acerca de sus intenciones y acciones o cuando solicitar información adicional. Es necesario establecer una comunicación y coordinación clara entre el humano y la máquina; asimismo, relacionaron una serie de problemas inesperados en la interacción hombre-máquina como: cargas de trabajo, las cuales pueden ser bajas en ciertas fases de vuelo como crucero, pero a su vez se pueden incrementar en fases críticas como la aproximación y aterrizaje, lo cual obliga a los pilotos a comunicar asertivamente instrucciones a los sistemas automáticos, y a verificar detalladamente que estos comandos hayan sido recibidos con el fin de cumplir objetivo propuesto; atención y exigencias de conocimiento, los cuales generan en los operadores las necesidades de aprender acerca de los diferentes elementos que componen un sistema automático complejo y la interacción de los mismos, así como las opciones disponibles de operación y su uso de acuerdo con las circunstancias de vuelo; alerta en los modos de navegación, una reducción en la misma puede generar errores de omisión, en los cuales el operador falla en identificar e intervenir oportunamente cuando se tiene un comportamiento del sistema no deseado; necesidades de mejoras en el entrenamiento, con el fin de preparar al operador en tareas específicas como supervisor de sistemas automáticos; complacencia y confianza en la automatización.

Parasuraman y Riley, (1997), indican que los pilotos pueden ser complacientes, debido al exceso de confianza en los sistemas automáticos, y tomar una posición poco crítica en la operación de los mismos, por lo cual fallan en realizar una supervisión apropiada, delegando la responsabilidad a la automatización, la cual puede llevar a condiciones inseguras, Bhana, (2010), en un estudio realizado por *Flight Safety*, clasificó los errores de complacencia así: error al observar, los pilotos fallan en reconocer el modo de automatización o el estado del piloto automático, después de una reprogramación del FMS; error en el chequeo cruzado, los pilotos no realizan un chequeo cruzado apropiado, para la realización de correcciones de vuelo por restricciones de navegación, ruta o información; error al monitorear, los pilotos fallan en reconocer información incorrecta del rendimiento de la aeronave, como resultado se presentan informaciones erróneas de altitudes, velocidades y peso y balance; uso inapropiado de la automatización, los pilotos usan la automatización inapropiadamente o delegan el control de vuelo exclusivamente a la automatización, en lugar de ejercitar sus habilidades de vuelo manual.

Degani y Heyman, (2000) en la interacción entre el usuario y la máquina identificaron tres elementos fundamentales que son: las tareas específicas que el usuario debe ejecutar para operar la máquina; el conocimiento del piloto acerca del comportamiento de la máquina, por medio del entrenamiento y manuales; la interfaz por medio de la cual el usuario obtiene información acerca del comportamiento de la máquina, por ejemplo la indicación del modo de vuelo en ejecución.



El Grupo de Trabajo de Automatización en Cabina de la FAA (*Flight Deck Automation Working Group*, por sus siglas en inglés), realizó un estudio del uso operacional, la seguridad y la eficiencia de los sistemas automáticos modernos utilizados en las cabinas (Abbott et al, 2013), para la administración de los perfiles de vuelo, donde como resultado se generaron entre otras las siguientes recomendaciones: se deben desarrollar e implementar estándares y directrices para mantener y mejorar el conocimiento y las habilidades de los pilotos para vuelo manual; enfatizar y fomentar mejoras en el entrenamiento y procedimientos de la tripulación, que permitan aumentar la alerta situacional con los modos automáticos de vuelo; desarrollar o mejorar guías de documentación, entrenamiento, y procedimientos referentes a sistemas automáticos de información como pantallas con mapas en movimiento, cálculos de rendimiento, entre otras; desarrollar o mejorar guías de documentación, entrenamiento, y procedimientos, para el uso del FMS; desarrollar guías, estrategias y procedimientos, para la ocurrencia de fallas que no tengan un procedimiento específico; desarrollar una política para la administración de los perfiles de vuelo, que incluya, responsabilidades de los pilotos, identificación de oportunidades para vuelo manual, e incentive a las tripulaciones para responder al control de tránsito aéreo que una maniobra no es posible, cuando sea apropiado.

## Modos de navegación y alerta situacional

Un modo se puede definir como una forma de comportamiento; siguiendo a Degani, Shafto, y Kirlk, (1996) los sistemas automáticos modernos para el control de vuelo emplean una variedad de comportamientos o modos, que permiten a la tripulación flexibilidad en la operación de la aeronave, los cuales van desde control manual, hasta control totalmente automático con varios niveles intermedios.

Vakil, Midkiff, y Hansman, (1996), definen el modo como un estado de la automatización de la aeronave, el cual tiene un criterio establecido para lograr un objetivo y cuenta con características de control y criterios de transición, los sistemas automáticos utilizan dos tipos básicos de modos operacionales, los modos base, utilizados en operaciones básicas con control de velocidad vertical, y los modos macro que consisten en una secuencia enlazada de los modos básicos.

Para ilustrar algunos de los tipos de modos disponibles en cabinas automatizadas, el manual de entrenamiento del King Air C90 GTx, relaciona los siguientes tipos de modos disponibles en esta aeronave: modos de navegación Lateral, compuestos por HDG, ROLL, ½ BANK, APPR y NAV, modos de navegación Vertical, compuestos por VS, ALT, VNAV, PTCH, FLC y altitute select ALTS (*Flight Safety International*, 2010). Vakil, Midkiff, y Hansman (1996), relacionan tres tipos de transiciones entre los modos de operación: la transición comandada, la cual se activa tan pronto como se realice la selección; la transición no comandada, la cual no es directamente activada por el piloto; y la transición automática o condicional, la cual ocurre cuando previamente se arma un modo de operación con un criterio de transición. Por ejemplo, cuando se está descendiendo en una aproximación ILS con ajustes de velocidad vertical y se captura la senda de aproximación.

De acuerdo con los reportes de accidentes relacionados previamente, se observó en varios casos, situaciones de confusión acerca del estado y comportamiento de la aeronave, debido a pérdida de alerta situacional referente a los



modos de operación automáticos en fases críticas de vuelo. Mumaw, Sarter, y Wickens, (2001), identificaron la alerta situacional con los modos de operación, como el conocimiento y entendimiento del operador, acerca del estado y comportamiento actual y futuro de la automatización. Sumado a lo anterior, definieron los errores con los modos de operación, como la omisión del piloto para tomar una acción requerida o intervenir con el comportamiento de la automatización cuando sea requerido. Existen varios factores que contribuyen a la pérdida de alerta situacional con los modos de operación como: los pilotos pueden tener un modelo mental de la automatización en cabina incompleto o inadecuado, la retroalimentación de los sistemas automáticos puede ser inadecuada, y la complejidad en la lógica del comportamiento de los sistemas automáticos, difiere del razonamiento de los pilotos para ejecutar tareas de vuelo.

Andre y Degani (1997) relacionaron que para poder anticipar el comportamiento de una máquina, se requieren tres clases de información: primero, un completo y detallado modelo del sistema en términos de estados y transiciones; segundo, estímulos sensoriales internos y externos; y por último, la habilidad de monitorear los estados de los sistemas. *Commercial Aviation Safety Team* (2008) estableció, para poder mantener la alerta situacional con referencia a los modos de operación, que se requiere: cualquier acción tomada en la unidad de control de vuelo FCU (*Flight Control Unit*, FCU, por sus siglas en inglés), panel de control de modos MCP (*Mode Control Panel*, MCP, por sus siglas en inglés), o en el FMS, debe ser confirmada por un chequeo cruzado de las indicaciones correspondientes o información en la pantalla primaria de vuelo PFD. En todo momento, el piloto volando PF, y el Piloto Monitoreando PM, deben estar conscientes del estado de los modos de navegación activos, así como de cualquier cambio en los modos durante las transiciones o reversiones de los mismos.

Finalmente, el equipo para la seguridad de la aviación comercial del Reino Unido generó las siguientes recomendaciones: se debe mantener la alerta situacional con referencia a indicaciones que puedan deteriorar las condiciones de vuelo, generar altas cargas de trabajo, fatiga y estrés; por lo menos un miembro de la tripulación debe monitorear el perfil de vuelo actual; se debe considerar el vuelo manual cuando sea requerido, y se debe realizar un *briefing* para el uso de la automatización antes de despegar y una nueva verificación del *briefing* en vuelo según la situación.





# Análisis y discusión

El desarrollo de tecnología en sistemas automáticos y su inclusión a bordo de las cabinas de vuelo, ha traído grandes ventajas a la industria de la aviación como aumento de la productividad, optimización del rendimiento y la confiabilidad en los diferentes sistemas de las aeronaves, reducción en costos de operación, disminución de las cargas de trabajo en cabina e incremento en los niveles de seguridad en el desarrollo de las operaciones de vuelo. Es de resaltar que el logro de las bondades mencionadas anteriormente requiere de la adecuada interacción hombre-máquina, frente al uso de la automatización, ya que el hombre forma parte integral del sistema y cuando se presentan falencias en el mismo, las consecuencias pueden ser catastróficas, como se ha visto en los accidentes relacionados con sistemas automáticos.

En esta interacción se han observado falencias desde el diseño de los sistemas, hasta los factores humanos involucrados en el uso de los mismos, lo que ha generado vulnerabilidades en la operación segura como: el entendimiento por parte de los pilotos de las capacidades y limitaciones de la automatización, criterios independientes acerca del correcto uso de la misma, complacencia y dependencia de los sistemas, baja alerta situacional, confusión de roles en cabina, altas cargas de trabajo en fases críticas de vuelo, confusión en el uso de los modos de navegación, pérdida de las habilidades de vuelo manual, entre otras; las cuales han sido factores contribuyentes en la degradación de los niveles de seguridad operacional, tal como se pudo observar en el accidente de American Airlines 965 en cercanías a Cali donde la tripulación perdió la alerta situacional y su ubicación con respecto al terreno, por confusiones en la programación del FMS.

Asimismo, en el accidente de Air France 447 en el océano atlántico, donde la automatización presentó indicaciones erróneas y los pilotos tomaron una serie de decisiones inapropiadas para el control de la situación, debido entre otras cosas a falencias en el entrenamiento y capacidades de vuelo manual, y más recientemente en el accidente de Asiana Airlines 214, donde la tripulación demostró confusión en el uso de los modos de navegación vertical para realizar una aproximación visual, así como confusión de roles en cabina.

Teniendo en cuenta que los avances tecnológicos de sistemas automáticos se encuentran en constante evolución y desarrollo; es necesario tomar medidas preventivas en el desarrollo de políticas, procedimientos, administración de recursos de cabina CRM, toma de decisiones y entrenamiento, para contrarrestar las vulnerabilidades presentes y fortalecer los niveles de seguridad de las operaciones en escenarios futuros, ya que la automatización forma parte integral en los sistemas de navegación de la próxima generación NexGen.

La visión para la próxima generación en los sistemas de transporte aéreo NexGen (*Next Generation Air Transportation System*, NexGen, por sus siglas en inglés) de acuerdo con FAA, NASA, (2011), es "una transformación en el sistema de aviación que permita a todas las comunidades participar en el mercado global, proveyendo servicios acordes a las necesidades de los clientes, y adaptado tanto para las operaciones militares como civiles" (p.10).

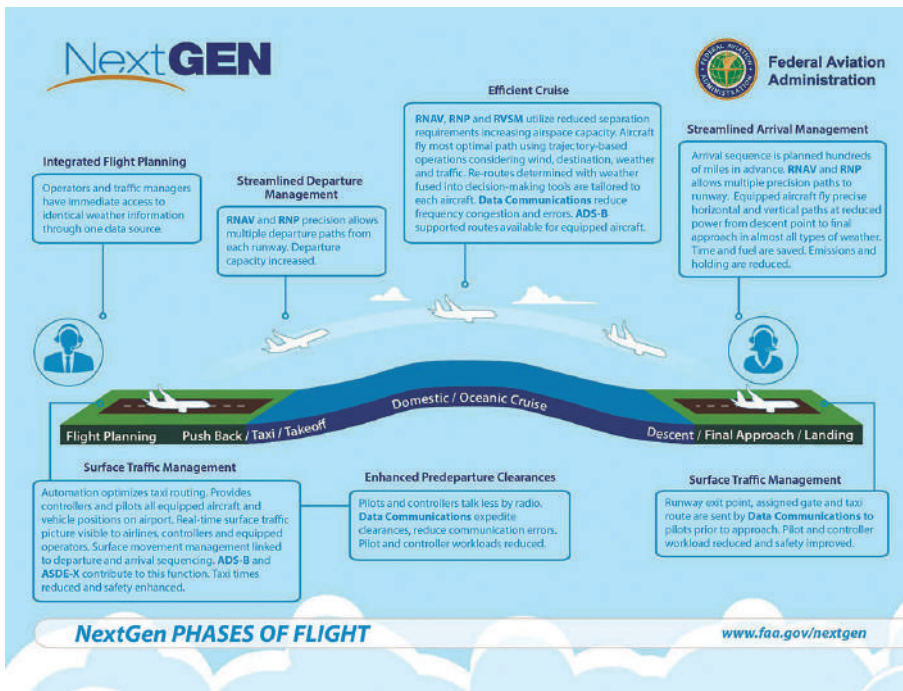




Para lograr la implementación de NexGen se requerirá de conceptos avanzados y tecnologías, así como de altos niveles de automatización, lo que resultara en cambios de roles y responsabilidades para pilotos y controladores aéreos. Esta transición en combinación con el incremento en la interacción hombre-máquina con sistemas automáticos, puede presentar efectos no deseados como incremento de errores, pérdida de alerta situacional, o confusión en los modos de operación. FAA, (2013), relaciona que la implementación de NextGen en la aviación será posible por medio de un cambio a la navegación inteligente, basada en sistemas satelitales, tecnologías digitales y nuevos procedimientos que combinados pueden devolver la aviación en un medio de transporte más seguro, predecible y amigable con el medio ambiente.

La implementación de NextGen, requiere entre otras cosas, nuevas formas de navegación y comunicación así como, la navegación basada en el rendimiento PBN (*Performance Based Navigation*, PBN, por sus siglas en inglés), la cual permite la creación de nuevas rutas y procedimientos, utilizando los sistemas satelitales y equipos a bordo de las aeronaves, para navegar con gran precisión en todas las fases de vuelo.

En este sentido, el sistema de vigilancia dependiente automática de radiodifusión ADS-B, ADS-C (*Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*, ADS-B, por sus siglas en inglés), permite transmitir información de posición y altitud tanto a otras aeronaves como al control de tránsito aéreo, ya sea en áreas de control radar así como en áreas que carecen de radioayudas como el océano y zonas selváticas, utilizando el sistema de posicionamiento global GPS (*Global Positioning System*, GPS, por sus siglas en inglés).



**Figura 9.** NextGen. Fases de vuelo. **Fuente:** FAA.gov. (2013). *NextGen - Implementation*. Recuperado el 11 de septiembre, 2014, de [www.faa.gov/nextgen/Implementation\\_Plan\\_2013.pdf](http://www.faa.gov/nextgen/Implementation_Plan_2013.pdf)



# Conclusiones

---

Los factores de riesgo en la interacción hombre-máquina, son primordiales para la seguridad de las operaciones aéreas, tanto en las condiciones actuales de operación como en las futuras generaciones de navegación, es por eso que se deben tomar medidas de prevención para contrarrestar las vulnerabilidades identificadas en la operación con sistemas automáticos. En primer lugar, es necesario que se establezcan políticas donde se describan los requerimientos de operación e información que permita guiar a los pilotos en el proceso de toma de decisiones, acerca de cómo usar los sistemas automáticos y cuándo reducir los niveles de automatización según lo dicte la situación.

195

Del mismo modo, se debe establecer en los procedimientos de operación estándar, claridad en los roles en cabina tanto para el piloto volando como para el piloto monitoreando, según las fases de vuelo; se deben relacionar procedimientos que permitan validar los modos de navegación activos y las transiciones de los mismos, por medio de técnicas de chequeo cruzado y confirmación de acciones por parte de la tripulación, promoviendo así el aumento de la alerta situacional.

Para reducir la complacencia y el exceso de confianza en la automatización, se debe contar con procedimientos de verificación alternos como cálculos manuales realizados periódicamente, confirmación de radio ayudas y ubicación espacial. En relación al entrenamiento se deben asegurar las habilidades, conocimientos y el entendimiento requerido para la interacción con los sistemas, identificando apropiadamente las capacidades y limitaciones de los mismos, de igual forma es necesario mantener y fortalecer las capacidades de vuelo manual, para que los pilotos puedan asumir el control con seguridad cuando sea requerido.

Asimismo, se debe fortalecer la administración de recursos de cabina CRM, para lograr una comunicación y coordinación clara entre los miembros de la tripulación en la operación de la automatización. Finalmente, se debe establecer un programa de supervisión de operaciones aéreas con el fin de hacer seguimiento al desempeño de los pilotos en la interacción con los sistemas automáticos, y así retroalimentar las medidas de prevención y generar medidas futuras de mitigación del riesgo.

# Agradecimientos

---

A la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, por los conocimientos adquiridos, y selección de personal idóneo en el proceso de aprendizaje. A la doctora Alicia Almeida, por su guía metodológica y aporte de conocimientos, los cuales permitieron la realización exitosa del presente artículo.



# Referencias

196

- Abbott, K., Stimson, D., Slotte, S., Bollin, G., Hetch, S., Imrich, T., et al. (1996). *The Interfaces Between Flightcrews and Modern Flight Deck*. FAA Humans Factors Team, Washington DC.
- Abbott, K., Stimson, D., Slotte, S., Bollin, G., Hetch, S., Imrich, T., et al. (2013). *Operational Use of Flight Path Management System*. Washington, DC: FAA.
- Accident Investigation Board Finland. (1994). *Aircraft Accident at Kajaani Airport*. Kajaani: Multiprint, Helsinki.
- Air Accident Investigation Branch UK. (Octubre, 2000). *AAIB Bulletin No: 10/2000 Uncommanded pitch-down on landing, Boeing 747-236B, G-BDXJ on 15 May 2000*. Retrieved 02 September, 2014.
- Air Accident Investigation Branch, UK. (August, 2001). *AAIB Bulletin: Autoflight Failure, Airbus A319-131, G-EUPV on 9 August 2001*. Retrieved Septiembre 03, 2014, from [http://www.aaib.gov.uk/cms\\_resources.cfm?file=/dft\\_avsafety\\_pdf\\_501829.pdf](http://www.aaib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/dft_avsafety_pdf_501829.pdf)
- Air Accident Investigation Branch, UK. (June, 2006). *Report on the accident to Boeing 737-300, registration OO-TND, at Nottingham East Midlands on 15 June 2006*. Retrieved 04 September, 2014, from [http://www.aaib.gov.uk/cms\\_resources.cfm?file=/OO-TND%20Synopsis.pdf](http://www.aaib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/OO-TND%20Synopsis.pdf)
- Almeida, A., y Jaimes, G. (2011). Diseño Metodológico. *Guía metodológica de investigación Instituto Militar Aeronáutico*, 18.
- Amalberdi, R. (1998). Automation in Aviation: A Human Factors Perspective. En D. Garland, J. Wise, y D. Hopkin, *Aviation Human Factors*, pp. 173-192. Cap. 7. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Inc. Publishers.
- Andre, A., y Degani, A. (1997). Do you know what mode you're in? an analysis of mode error in everyday things. In M. Mouloua, y J. Koonce, *Human-automation interaction: Research and practice*, pp. 19-28. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- BEA. (2012). *Final Report Accident Airbus A330-203 on 1 June 2009 Flight 447 Rio de Janeiro-Paris*. Francia.
- Bhana, H. (March, 2010). *By the Book, Flight Safety*, pp 47-50. F. Safety (Ed.) Retrieved Septiembre 1, 2014, from [http://flightsafety.org/asw/mar10/asw\\_mar10\\_p47-51.pdf?dl=1](http://flightsafety.org/asw/mar10/asw_mar10_p47-51.pdf?dl=1)
- Billings, C. (1991). *Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines*. NASA TM 103885, Moffett Field, California.
- Brodie, C. (1999). *The Effect of Flight Deck Automation and Automation Proficiency on Cockpit Task Management Performance*. Oregon, USA.
- CAA. (2002). *CAP 719 Fundamental Human Factors Concepts*. London: Safety Regulation Group Civil Aviation Authority United Kingdom.
- CAA. (2006). *Crew Resource Management (CRM) Training*. London: Civil Aviation Authority United Kingdom.
- Cachia, D. (2013). *An Overview of ITC Devices and Systems in Aviation For Efficiency, Safety, and Reliability*. Athabasca, Alberta: Athabasca University.
- Commercial Aviation Safety Team. (August, 2008). *Mode Awareness and Energy State Management Aspects of Flight Deck Automation*. Retrieved 04 September, 2014, from <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1581.pdf>
- Degani, A., y Heyman, M. (2000). *Pilot-Autopilot Interaction: A Formal Perspective*. *Eight International conference on Human-Computer interaction in aeronautics*. Toulouse: NASA.



- Degani, A., y Wiener, E. (1994). *On the Design of Flight-Deck Procedures*. NASA, California.
- Degani, A., Shafto, M., y Kirlk, A. (1996). Modes In Automated Cockpits: Problems, Data Analysis, And a Modeling Framework. *36th Israel Annual Conference on Aerospace Sciences*. Haifa, Israel.
- EASA (IGPT). (2013). *EASA Automation Policy*.
- Endsley, M. (1996). *Automation and Situational Awareness*. Texas.
- FAA. (1990). *Indian Airlines Flight 605, Airbus A320-231, VT-EPN*. Retrieved 08 August, 2014, from [http://lessonslearned.faa.gov/ll\\_main.cfm?TabID=1&LLID=71](http://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=1&LLID=71)
- FAA. (1992). *Air Inter Flight ITF 148, Airbus A320-111, F-GGED*. Retrieved 08, August, 2014, from [http://lessonslearned.faa.gov/ll\\_main.cfm?TabID=1&LLID=57&LLTypeID=0](http://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=1&LLID=57&LLTypeID=0)
- FAA. (2013). *NextGen Implementation Plan*. Washington: FAA.
- FAA Lessons learned. (1997). *Copair Flight 3272, EMBRAER EMB-120RT, N265CA*. Retrieved 02 September, 2014, from [http://lessonslearned.faa.gov/ll\\_main.cfm?TabID=1&LLID=24&LLTypeID=0](http://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=1&LLID=24&LLTypeID=0)
- FAA Lessons Learned. (s.f.). *Lessons Learned From Transport Airplane Accidents*. Retrieved August 2014, from [http://lessonslearned.faa.gov/ll\\_main.cfm?TabID=1&LLID=71&LLTypeID=2](http://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=1&LLID=71&LLTypeID=2)
- FAA, NASA. (2011). *Next Generation Air Transportation System Human Factors Research Status Report*. Joint Planning and Development Office.
- Flight Safety International. (2010). Cap. 16 Avionica. In F. S. International, *King Air C90gti/Gtx Pilot Training Manual* (Segunda ed.). New York: Flight Safety International.
- Funk, K., Lyall, B., Wilson, J., Vint, R., Niemczyk, M., Suroteguh, C., et al. (1998). *Flight Deck Automation Issues*. Oregon: M .W. Scerbo y M. Mouloua.
- Harris, D. (2006). *The Influence of Human Factors on Operational Efficiency*. United Kingdom.
- Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, P. (2006). *Metodologia de la Investigacion* (Cuarta Edición ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Heyman, M., y Degani, A. (2011). *On abstractions and simplifications in the design of human-automation interfaces*. California.
- Lee, J., y See, K. (2004). Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. In H. F. Society, *Human Factors* (Vol. 46, pp. 50-80). Iowa.
- Ministry of Civil Aviation. (1990). *Report on the Accident to Indian Airlines A-320*. Government of India, Ministry of Civil Aviation, Bangalore.
- Mumaw, R., Sarter, N., y Wickens, C. (2001). *Analysis of Pilots Monitoring and Performance on an Automated Flight Deck*. Presented at the 11th International Symposium on Aviation Psychology. Columbus: The Ohio State University.
- NTSB. (July, 2013). *Crash of Asiana Flight 214 Accident Report Summary on July 6 2013*. Retrieved 12 August, 2014, from <http://www.nts.gov/news/events/2014/asiana214/abstract.html>
- Parasuraman, R., y Molloy, R. (1996). Monitoring an Automated System for a single Failure: Vigilance and task complexity Effects. In *Human Factors*, pp. 311-322. Washington: Human Factors and Ergonomics Society.
- Parasuraman, R., y Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Diuse, Abuse. In *Human Factors* (Vol. 39, pp. 230-253). Minneapolis: Human Factors and Ergonomics Society.
- Parasuraman, R., Molloy, R., y Singh, I. (1993). *Performance Consequences of Automation-Induced "Complacency"*. Lawrence Erlbaum Associates.



- Rosenkrans, W. (February, 2014). Automation Vulnerabilities. *Aero Safety World*, 12-17.
- Sarter, N., Wickens, C., Mumaw, R., Kimball, S., Marsh, R., Nikolic, M., et al. (2003). *Modern Flight Deck Automation: Pilots mental model and monitoring Patterns and performance*. Dayton.
- Sarter, N., Woods, D., y Billings, C. (1997). Automation Surprises. In Wiley, *Handbook of Human Factors & Ergonomics* (Second edition ed.). Ohio: G. Salvendy.
- Singh, A., Tiwari, T., y Singh, I. (2009). Effects of automation reliability and training on automation-induced complacency and perceived mental workload. *Journal of the Indian Academy of Applied Psychology*, 9-22.
- UAEAC. (1995). *Informe de un accidente de una Aeronave en Vuelo Controlado Hasta Caer en Tierra Vuelo 965 American Airlines*. Bogota.
- UAEAC. (16 agosto, 2010). *INFORME FINAL DE ACCIDENTE Boeing 737-700 HK4682 en el Aeropuerto de la isla de San Andres el 16 de Agosto de 2010*. Recuperado el 03 de septiembre , 2014, de <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/In-vAccidentes/Accidentes/FINAL%20HK4682%20-%20part%20I.pdf>
- Vakil, S. S., Midkiff, A. H., y Hansman, R. J. (June, 1996). *Development and Evaluation of an Electronic Vertical Situation Display*. (M. I. Department of Aeronautics and Astronautics, Ed.) Retrieved 2 September, 2014, from <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/35914/ASL-96-2.pdf?sequence=1>
- Wiener, E., y Curry, R. (1980). Flight Deck Automation: Promises and problems. In *Ergonomics* (Vol. 23, pp. 995-1011).
- Wiener, E. (1989). *Human Factors of Advanced Technology (Glass Cockpit) Transport Aircraft*. NASA, Ames Research Center, California.
- Wood, S. (2004). *Flight Crew Reliance On Automation*. Retrieved from [www.caa.co.uk](http://www.caa.co.uk).

**Para citar este artículo:**

Cortés, J. (2015). Factores de riesgo en la interacción hombre-máquina en el uso de sistemas automáticos en las cabinas de vuelo. En Erazo, G., y Estrada, E. (Comp.); Rodríguez, G. (Dir.); Solano, M. (Ed.). (2015). *Estudios de Seguridad Operacional, una Mirada desde la Academia - compilación de artículos de revisión sobre Seguridad Operacional*. Cap. 3. Estudios sobre abastecimiento aeronáutico y factores de riesgos en cabinas de vuelo, pp. 166-198. Colección Ciencia y Poder Aéreo No.9. Bogotá, D.C., Colombia: Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.







# Colección

## Ciencia y Poder Aéreo

---



**Suscripciones o canjes, diríjase a:**

**Ciencia y Poder Aéreo /  
Science and Air Power**

Correos electrónicos / E-mails  
cienciaypoderaereo@gmail.com  
cienciaypoderaereo@epfac.edu.co

**Biblioteca Escuela de Postgrados  
de la Fuerza Aérea Colombiana**

Correo electrónico / E-mail  
biblioteca@epfac.edu.co

**Para mayores informes**

**Dirección postal / Mailing Address**

Cra. 11 No. 102-50 Edificio ESDEGUE.  
Escuela de Postgrados de la  
Fuerza Aérea Colombiana  
Departamento de Investigación.  
Oficina 411. A.A. 110111  
Teléfonos (057-1) 637 8927 -  
6206518 Ext. 1700, 1719, 1722.  
Bogotá D.C., Colombia (Suramérica)

Sitio web (versión electrónica) / Website (Electronic Version)

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





El concepto y la aplicación de la seguridad operacional que se encuentra en el presente libro, le permitirá al lector encontrar diferentes ámbitos de la concepción aplicada y focalizada de la seguridad operacional, así como propuestas de mejora en la reacción y atención de emergencias. Lo anterior, gracias a la promoción de medidas preventivas y proactivas, minimizando el factor riesgo frente a las dinámicas e interrelaciones de los factores humanos y de material, en términos de logística y aspectos técnicos que acompañan a este importante campo de la seguridad, bajo diferentes líneas de mando o en términos organizacionales; que después de indagar sobre las lecciones aprendidas y ejercicios de retrospectiva, por parte de los autores, resulta bastante pertinente para las actividades diarias a las que se ven expuestas las tripulaciones de vuelo en el marco de su operatividad y su sustentabilidad. Asimismo, el presente libro busca fomentar la producción intelectual y motivar la vinculación activa de todos aquellos que desempeña funciones sustantivas en materia de seguridad, para que sea participe en la movilidad del conocimiento y el aprendizaje multidisciplinario que demanda el concepto de seguridad operacional, por las mismas vidas y proyectos que esta representa.

**CT. Germán Wedge Rodríguez Piratoque**

Director de la Colección Ciencia y Poder Aéreo

A través de los diferentes escritos que componen este libro, se permite apreciar el análisis que hacen los autores, especialistas en Gerencia de la Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de Fuerza Aérea Colombiana, quienes parten de la revisión minuciosa de la literatura relacionada a esta área del conocimiento, poco conocida en nuestro país, aunada a la experticia que ellos han ganado en el ejercicio de su labor al interior de la Fuerza Aérea Colombiana, y demás instituciones afines al sector aeronáutico, acompañado de un equipo directivo, profesoral y pares académicos de altas cualificaciones; es sin duda el valor agregado de esta producción. Es desde esta perspectiva que invitamos a toda la comunidad académica, científica y empresarial, a deleitarse en los artículos aquí consignados, siendo en realidad una manera de impactar en la toma de decisiones por parte de todos los agentes que participan en las dinámicas que emanan de la seguridad operacional.

**Mayden Solano Jiménez**

Editora

COLECCIÓN  
**C&PA**

ISBN: 978-958-99406-6-2

