



Modelo de confiabilidad humana para la Fuerza  
Aérea Colombiana

**Rosa Cristina Villarraga Rodríguez**  
**Carolina Rodríguez Suárez**

Trabajo de grado para optar al título profesional:  
**Curso de Información Militar (CIM)**

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

48.51  
J455

MODELO DE CONFIABILIDAD HUMANA PARA LA FUERZA AÉREA  
COLOMBIANA

Mayor ROSA CRISTINA VILLARRAGA RODRÍGUEZ  
Mayor CAROLINA RODRÍGUEZ SUÁREZ

Mayor ROSA CRISTINA VILLARRAGA RODRÍGUEZ  
Mayor CAROLINA RODRÍGUEZ SUÁREZ

Director  
Teniente Coronel EVER EDUARDO SABOGAL CAMARGO  
Oficial de Seguridad Operacional

ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA  
DEPARTAMENTO DE CURSOS  
CURSO DE INFORMACIÓN MILITAR  
BOGOTÁ D.C.  
2013

MODELO DE CONFIABILIDAD HUMANA PARA LA FUERZA AÉREA  
COLOMBIANA

Mayor ROSA CRISTINA VILLARRAGA RODRÍGUEZ  
Mayor CAROLINA RODRÍGUEZ SUÁREZ

Trabajo de grado Curso de Información Militar

Director  
Teniente Coronel EVER EDUARDO SABOGAL CAMARGO  
Oficial de Seguridad Operacional

ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA  
DEPARTAMENTO DE CURSOS  
CURSO DE INFORMACIÓN MILITAR  
BOGOTÁ D.C.  
2013

A las familias de quienes en cumplimiento de su deber por el mundo  
a bordo de una aeronave. La valiente de vivir aun con su mundo dolor, han  
inspirado en mí un impulso inmenso que afirma mi voluntad por estar que los  
acordados se aceptan.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

A aquellos héroes, que tuvo el honor de conocer y que desafiaron superar lo  
propio de lo humano, para lograr enfrentar las amenazas, solo por amor a la  
patria.

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C. 25-JUL-2013



A las familias de quienes en cumplimiento de su deber, abandonaron este mundo a bordo de una aeronave. La valentía de vivir aún con su infinito dolor, han inspirado en mí un impulso inmenso que afianza mi voluntad por evitar que los accidentes se repitan.

Mayor Carolina Rodríguez Suárez

A aquellos héroes, que tuve el honor de conocer y que decidieron superar lo propio de lo humano, para lograr enfrentar mil amenazas, solo por amor a la patria.

Mayor Rosa Cristina Villarraga Rodríguez

Mayor Carolina Rodríguez Suárez

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por haberme permitido encontrar en la Fuerza Aérea Colombiana y en la seguridad operacional, mi vocación, mi pasión y mi horizonte de vida.

A mi esposo, a mis padres y a mi hermano por su apoyo incondicional, por aceptar las razones por las que no puedo compartir tanto como quisiera en familia, y por sus palabras de admiración en cada paso dado en mi carrera.

Al señor Teniente Coronel Ever Eduardo Sabogal Camargo, mi maestro en seguridad operacional, quien con su conocimiento, dedicación, esmero y paciencia, direccionó el presente trabajo de grado. Gracias por ofrecerme un reto diferente cada día.

A Rosita, mi amiga y mi ala en este proyecto, por haber confiado en que lo llevaríamos a feliz término, a pesar de lo desconocido que nos resultaba el tema.

Mayor Carolina Rodríguez Suárez

## AGRADECIMIENTOS

A Mariana y a Laura por haber decidido enfrentar con tanta valentía y madurez mi ausencia durante este tiempo. Por tener la capacidad para entender y admirar el trabajo de mamá.

A mi amado esposo, por ser siempre mi soporte, por permanecer como un roble a mi lado, por creer en mí y en lo que hago, por ser mi inspiración.

A mi hermosa familia, por el privilegio de pertenecer a ese “clan” que me ha dado su apoyo irrestricto hoy y siempre. A mis padres por enseñarme cómo se mantiene vivo el fuego en el corazón.

A mi querida Carito, mi amiga y mi ángel, primero mi admiración y segundo mi agradecimiento por invitarme a volar a su lado, en este y muchos otros momentos.

A	ARBITRO DE REFERENCIA	18
B	MAYOR ROSA CRISTINA VILLARRAGA RODRIGUEZ	
B	METODO DE INVESTIGACION	28
B.1	Tipo de investigación	28
B.2	Diseño metodológico para la investigación	28
C	ANALISIS DE LA INFORMACION	30
C.1	Generalidades del comportamiento de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana	30
C.2	La Fuerza Aérea Colombiana como sistema tecnológico complejo	35
C.3	La confiabilidad en la prevención del error en sistemas tecnológicos complejos	44
C.3.1	Systematic Human Action Reliability Procedure – SHARP	45
C.3.2	4. Technic for Human Event Analysis – ATHEANA	47
C.3.3	2. Metric for Human Error Rate Prediction – TPERP	48
C.3.4	1. The Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach – SHLERPA	49

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN.....	10
1. PROBLEMA.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. MARCO DE REFERENCIA.....	16
5. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	28
5.1. Tipo de investigación.....	28
5.2. Diseño metodológico para la investigación.....	28
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	30
6.1. Generalidades del comportamiento de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana.....	30
6.2. La Fuerza Aérea Colombiana como sistema tecnológico complejo.....	38
6.3. La confiabilidad en la prevención del error en sistemas tecnológicos complejos.....	44
6.3.1. Systematic Human Action Reliability Procedure – SHARP.....	45
6.3.2. A Technic for Human Event Analysis – ATHEANA .....	47
6.3.3. Technic for Human Error Rate Prediction – THERP.....	48
6.3.4. The Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach – SHERPA.....	49



6.3.5. Human Failure Mode and Effect Analysis – HFMEA.....	50
7. MODELO DE CONFIABILIDAD HUMANA PARA LA FAC.....	53
7.1. Introducción.....	53
7.2. Justificación.....	54
7.3. Modelo de Confiabilidad Humana.....	55
7.3.1. Captura de datos.....	56
7.3.2. Modelamiento de datos.....	56
7.3.3. Análisis de los datos.....	58
7.3.4. Alcance del modelo.....	59
7.3.5. Limitaciones del modelo.....	62
7.3.6. Propuesta para la implementación.....	63
8. CONCLUSIONES.....	65
9. RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	73

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Modelo HFACS.....	18
Figura 2 Modelo del Queso Suizo.....	20
Figura 3 Relación fiabilidad – error.....	22
Figura 4 Relación fiabilidad – seguridad.....	23
Figura 5 Tasa EVESOS por 10000 horas de vuelo 2001 – 2012.....	30
Figura 6 Comparativo porcentaje de incremento acumulado planta de personal, demanda operacional y tasa de eventos de seguridad operacional 2001 – 2012.....	31
Figura 7 Teoría del iceberg.....	33
Figura 8 Eventos de seguridad operacional 2012 por factor contribuyente.....	36
Figura 9 Mapa de Procesos de la Fuerza Aérea Colombiana.....	38
Figura 10 Modelo de un sistema abierto según la Teoría General de los Sistemas.....	40
Figura 11 Flujograma Modelo ATHEANA.....	46
Figura 12 Continuidad entre comportamiento consciente y automático.....	49



## INTRODUCCIÓN

*"Mirar es una cosa. Ver lo que se está mirando es otra. Entender lo que se ve, es aún otra. Llegar a aprender de lo que se entiende, es algo más. Pero llegar a actuar en base a lo que se ha aprendido, es todo lo que realmente importa."*

Winston Churchill.

El presente trabajo tiene como propósito formular un modelo de confiabilidad para la Fuerza Aérea Colombiana que permita la identificación y la evaluación de las fallas humanas para que, a través de análisis cualitativos y cuantitativos, se logre la concentración de los esfuerzos de prevención y de gestión del riesgo sobre los problemas reales de la institución, impactando directamente en la reducción de la accidentalidad operacional.

Lo anterior, considerando que a pesar que la Fuerza Aérea cuenta con medidas bien establecidas para controlar factores diferentes al humano, materializadas en el Plan de Calidad en Operaciones Aéreas y Plan de Calidad en Mantenimiento, los cuales involucran programas de prevención de accidentes y permiten realizar una buena gestión de riesgos operacionales y técnicos, y pese a que se han hecho algunos acercamientos a la gestión de riesgos por factor humano, la Fuerza no cuenta aún con un programa que permita la detección, análisis y prevención de fallas humanas a través de un modelo con rigor sistemático.

Para el logro del objetivo central se ha escogido una metodología cualitativa de corte exploratorio, considerando que la confiabilidad aplicada a los sistemas humanos constituye un campo poco explorado y que dicha metodología facilita al investigador aumentar el grado de familiaridad con el tema, y en el caso del presente trabajo favorece el proceso de identificación de aquellos aspectos propios de la confiabilidad como herramienta de prevención de eventos de seguridad operacional por causados por factores humanos en la Fuerza Aérea Colombiana.

En concordancia con lo anterior, este trabajo está compuesto por diferentes apartes, que inician con una pregunta problema, la cual al ser despejada, acercará al lector a la relación existente entre confiabilidad humana y la prevención de eventos de seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana.

En la tarea de dar respuesta a la pregunta problema, se hace toda una revisión del marco teórico inherente al tema, para posteriormente pasar a plantear el método de investigación. Recogiendo lo anterior, se realiza un análisis de la información en el cual se tienen en cuenta aspectos sumamente pertinentes como las generalidades del comportamiento de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea

Colombiana, incluyendo información estadística acerca de eventos de seguridad ocurridos en la Fuerza desde el año 2001 hasta el año 2012, con énfasis en los resultados de los últimos tres años; el análisis comparativo entre el porcentaje de incremento acumulado de la planta de personal, la demanda operacional y la tasa de eventos de seguridad operacional ocurridos en el mismo periodo de tiempo, los programas de prevención de accidentes existentes en la Fuerza, el porcentaje de accidentes de helicópteros asociados a fallas humanas entre el año 1991 y 2005 en la Fuerza, los resultados de una medición de clima operacional realizada en el año 2010, entre otros antecedentes de peso considerable que le darán sustento a la propuesta aquí presentada.

Adicional a lo anterior y como parte del análisis de la información, se plantea un esquema, en el cual se concibe a la Fuerza Aérea Colombiana como un sistema tecnológico complejo, que logra reflejarse en su mapa de procesos, el cual indica que la Fuerza funciona más que como un sistema de aviación, como un meta-sistema. Constituye este aspecto un punto fuerte de justificación para el modelo de confiabilidad humana aquí propuesto el cual determina: Una forma de captura de datos, una forma de análisis de datos y un instrumento y forma de modelamiento de datos, lo cual arrojaría valiosísima información, sobre la cual se plantearían las estrategias de prevención y se generarían las acciones requeridas para la gestión efectiva de los riesgos asociados al factor humano.

No obstante las anteriores cifras, de los 220 eventos ocurridos en el 2012, un preocupante 60% de ellos ocurren por fallas humanas, pero aun no se ha establecido cuántos de ellos están asociados a las fallas humanas dentro de la cadena logística y las tareas específicas del mantenimiento, razón por la cual este porcentaje sigue en crecimiento, sin acciones contundentes para su reducción.

A pesar de lo anterior, la Fuerza no cuenta con un herramienta que le permita identificar, controlar el riesgo de los procesos y sus respectivos procedimientos, la tasa de ocurrencia de los mismos, el tiempo requerido para redirigir el proceso, etc. y por ende, no ha sido posible introducir una metodología de modelación de datos que facilite la gestión del riesgo predictiva, quedándose en el nivel de la gestión reactiva.

En consecuencia y considerando que la gestión del riesgo es una de las entradas del proceso de la prevención operacional, surge la siguiente pregunta problemática:

¿A qué herramienta puede emplear la Fuerza Aérea Colombiana para identificar y controlar las fallas humanas, buscando la prevención de eventos de seguridad operacional, la adecuada gestión del riesgo y por ende, la reducción de su tasa de ocurrencia?



## 1. PROBLEMA

Las grandes catástrofes del siglo XX estuvieron asociadas a errores humanos en la operación de sistemas tecnológicos de alto impacto. Ejemplos de ello son Bopal (India), Chernobil (Ucrania) y el Challenger. Similares desastres han ocurrido en la aviación, donde una cadena de errores ha cobrado la vida de miles de personas. Esto refleja que la interacción del hombre con el sistema tecnológico es un complejo entramado de relaciones que van desde la operación de las máquinas hasta el diseño de los procesos, los procedimientos y las políticas, por lo tanto, involucra desde los operarios hasta la alta dirección. En concordancia, la Fuerza Aérea Colombiana con todo su sistema operacional que combina aeronaves nuevas y antiguas, un entorno operacional cambiante y más de 3000 hombres comprometidos directamente con la ejecución de la misión institucional, no es ajena ni inmune a tales fallas en la interacción individuo – tecnología.

La aviación mundial considera que entre el 80% y el 90% de los accidentes están directamente relacionados con el factor humano. Sin embargo, aunque para la Fuerza Aérea Colombiana sólo representa el 12%, la accidentalidad por este factor es la que mayor impacto tiene en términos de vidas y de costos para la institución, con un saldo de 15 fatalidades y una suma que está por encima de los treinta mil millones de dólares en pérdidas económicas sólo en el año 2012.

No obstante las anteriores cifras, de los 820 eventos ocurridos en el 2012, un preocupante 69% de éstos ocurren por factor técnico, pero aún no se ha establecido cuántos de ellos están asociados a las fallas humanas dentro de la cadena logística y las tareas específicas del mantenimiento, razón por la cual este porcentaje sigue en crecimiento, sin acciones contundentes para su reducción.

A pesar de lo anterior, la Fuerza no cuenta con una herramienta que le permita identificar las fallas al interior de los procesos y sus respectivos procedimientos, la tasa de ocurrencia de las mismas, el tiempo medio para redirigir el proceso, etc. y por ende, no ha podido estructurar una metodología de modelación de datos que faciliten la gestión del riesgo predictiva, quedándose en el nivel de la gestión reactiva.

En consecuencia y considerando que la gestión del riesgo es una de las entradas del proceso de la prevención operacional, surge la siguiente pregunta problema:

*¿Qué herramienta puede emplear la Fuerza Aérea Colombiana para identificar y medir las fallas humanas, buscando la prevención de eventos de seguridad operacional, la acertada gestión del riesgo y por ende, la reducción de su tasa de accidentalidad?*

## 3. 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL.

Formular un modelo de confiabilidad para la Fuerza Aérea Colombiana que permita la identificación y la evaluación de las fallas humanas para que, a través de análisis cualitativos y cuantitativos, se logre la concentración de los esfuerzos de prevención y de gestión del riesgo sobre los problemas reales de la institución, impactando directamente en la reducción de la accidentalidad operacional.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 2.2.1 Describir la dinámica del error humano en la interacción del individuo dentro de sistemas tecnológicos complejos de alto impacto, como la aviación, a la luz de las teorías más recientes, como la de James Reason.
- 2.2.2. Determinar la metodología de análisis de fallas aplicable al sistema operacional de la Fuerza Aérea Colombiana.
- 2.2.3. Formular las directrices para la actualización del procedimiento de gestión del riesgo a partir del análisis de fallas humanas adaptado al sistema operacional de la Fuerza Aérea Colombiana.



### 3. JUSTIFICACIÓN

Considerando la complejidad de las interacciones de los factores humanos, materiales y operacionales en cualquier sistema tecnológico, se observa que la eliminación total de los riesgos es un objetivo inalcanzable, más aún, en el sistema de aviación militar, donde hay dos variables particulares que implican una alta probabilidad de falla: una, la condición terrestre del hombre y dos, el ambiente operacional hostil o adverso asociado a la acción del enemigo y a las condiciones medioambientales del teatro de operación.

Si bien es cierto que los avances tecnológicos (especialmente en la aviación) permiten el diseño de sistemas tolerantes al error, satisfaciendo niveles específicos de disponibilidad, continuidad e integridad en su funcionamiento, se debe tener en cuenta la falibilidad del elemento humano. Al respecto, en la primera edición del documento 9859, la OACI cita:

(...) la eficacia del elemento humano no puede especificarse con tanta precisión, puesto que es esencial que la posibilidad del error humano se considere como parte del diseño general del sistema. Esto requiere un análisis para identificar los posibles puntos débiles en los aspectos de procedimiento del sistema, teniendo en cuenta el hecho de que los accidentes raramente, si alguna vez esto llega a producirse, obedecen a una sola causa<sup>1</sup>.

Por tanto, es imperativo desarrollar múltiples defensas en diferentes niveles del sistema que en lo posible, coadyuven a que ningún error o falla desencadenen un accidente por sí mismos.

Lo anterior cobra especial importancia para un sistema de aviación militar como es la Fuerza Aérea Colombiana. Durante el 2012, la Fuerza junto con SATENA, volaron un total de 111314 horas, cifra que corresponde a un 34,28% más de lo volado en el año 2008<sup>2</sup>, con un crecimiento de su planta de pilotos de tan sólo 14,6% en el mismo periodo de tiempo. Si a esto se le suma la naturaleza cambiante del ambiente operacional, la adquisición de equipos nuevos con nuevas tecnologías, la degradación de los sistemas (envejecimiento) que debe ser atendida por los equipos de mantenimiento y la rotación de personal, eventualmente el oficial o suboficial deberá participar en procesos en los que no ha participado anteriormente para suplir las necesidades de la Fuerza.

Esta dinámica supone la probabilidad de fallas en la interacción del hombre con el sistema aeronáutico, las cuales deben ser capturadas, identificadas, analizadas y

---

<sup>1</sup> OACI. Documento 9859 / AN 460 Manual de Gestión de la Seguridad Operacional. Primera edición, 2006. p. 5-4.

<sup>2</sup> INSPECCIÓN GENERAL FUERZA AÉREA. Informe de Seguridad Operacional 2012. Bogotá D.C. Enero de 2013. p.1.

verificadas, de modo que dicha probabilidad disminuya tanto como sea posible, en el marco de un procedimiento denominado gestión del riesgo.

No obstante lo anterior, la Fuerza no cuenta con un método o un modelo que le permita capturar este tipo de fallas dentro de sus procesos organizacionales, por tanto, los esfuerzos en gestión del riesgo y en prevención en factores humanos se han ejecutado de manera dispersa, orientados a las limitaciones humanas definidas desde la fisiología de la aviación (del individuo como tal) y desde hace muy poco tiempo (menos de cinco años), a las interacciones organizacionales concernientes a la cultura institucional y el clima de seguridad operacional.

En consecuencia, atendiendo al objetivo institucional de "Fortalecer la capacidad operacional" en el cual está implícita la supervivencia de la Fuerza (capital humano, recursos materiales e imagen institucional), se hace imperativo el diseño de un modelo de fiabilidad humana que permita concentrar los esfuerzos de gestión del riesgo desde el área de los factores humanos, propendiendo por acciones contundentes de prevención, enfocadas al fortalecimiento de las defensas de la institución en el marco del desarrollo de las operaciones aéreas.

Esto implica una intervención en diversos escenarios, comprometiendo tanto el proceso misional, como los procesos estratégicos y de apoyo. En otras palabras, se traduce en una gestión de seguridad operacional integral desde una perspectiva sistémica, donde se asignan responsabilidades particulares tendientes a la disminución de la tasa de accidentalidad y con ésta, la protección de las vidas y del material de vuelo de la Fuerza Aérea Colombiana.



#### 4. MARCO DE REFERENCIA.

A medida que la modernidad ha incrementado la interacción del hombre con sistemas tecnológicos, desde los más precarios hasta los más sofisticados, el error humano ha sido un tema de reflexión y de investigación, por cuanto ha tenido un alto impacto en términos de pérdida de vidas y de valiosos recursos.

En los comienzos de la aviación, la mayor parte de los accidentes (se estima que un 75%) se debía a las fallas técnicas y de diseño de las aeronaves. Con el tiempo, los aspectos técnicos, de ingeniería y de diseño han ido evolucionando hasta llegar a la automatización de las cabinas, donde prácticamente el piloto no interviene en el comportamiento de la aeronave, ocupándose la mayor parte del tiempo de las decisiones que debe tomar para que el sistema cumpla los itinerarios del vuelo.

Sin embargo, desde la década de los 70 y hasta hoy, se estima que entre el 80% y el 90% de los accidentes aéreos están asociados a las fallas humanas, lo cual disparó la investigación en materia de factores humanos por su grado de afectación a la seguridad operacional, entendiendo ésta como la “condición en la que el riesgo de lesiones o daños está limitado a un nivel aceptable”<sup>3</sup>.

Inicialmente la intervención en factores humanos se centró en el individuo, sus características particulares y su desempeño en la aeronave. A partir de los 90 se comenzó a tomar una perspectiva sistémica, introduciendo la expresión “accidente organizacional”<sup>4</sup>, considerando el impacto de todos aquellos factores de la organización asociados con la cultura, las políticas, la construcción de procedimientos y la gestión del riesgo

Aparecen en esta década, modelos de investigación de accidentes aéreos coherentes con esa tendencia como el HFACS, desarrollado por Scott Shapell y Doug Wiegmann, definido como:

Un amplio marco de un error humano, que fue utilizado originalmente por la Fuerza Aérea de los EE.UU., para investigar y analizar los aspectos de factores humanos de la aviación. HFACS se basa en gran medida en el modelo del queso suizo de James Reason (Reason, 1990). El marco HFACS proporciona una herramienta para ayudar en el proceso de investigación y la formación objetivo y los esfuerzos de prevención. Los investigadores son capaces de identificar sistemáticamente las fallas activas y latentes dentro de una organización, que culminó en un accidente. El

---

<sup>3</sup> OACI. Documento 9859 / AN 460 Manual de Gestión de la Seguridad Operacional. Primera edición, 2006. p. 4-1.

<sup>4</sup> OACI. Op. cit. p. 2-2

objetivo de HFACS no es determinar faltas, es comprender los factores causales subyacentes que conducen a un accidente.<sup>5</sup>

De acuerdo a lo publicado en Skibrary<sup>6</sup>, este modelo de investigación de accidentes, contempla cuatro niveles de fracaso, los cuales son:

- Actos Inseguros de los operadores.
- Condiciones previas para actos inseguros.
- Supervisión insegura.
- Influencias organizacionales.

Estos niveles de fracaso se dividen en categorías y algunas de éstas a su vez en subcategorías que permitirán al investigador, identificar los factores y fallas en el sistema, que pudieron ocasionar el accidente. Es importante anotar en este punto que este método de análisis de accidentes, tiene como capacidad distintiva, que puede ser utilizado en forma proactiva, pudiendo identificar en cualquier momento previo a la reacción adversa, una de las fallas, corrigiéndola y previniendo el evento adverso.

#### **En el nivel de los actos inseguros, se encuentran:**

- Los errores que corresponden a conductas intencionales y contienen a su vez:
  - Errores en habilidades prácticas.
  - Errores de decisión.
  - Errores perceptuales.
- Las violaciones que hablan de incumplimiento deliberado de la normatividad y contienen:
  - Violaciones rutinarias.
  - Violaciones excepcionales.

#### **El nivel de las condiciones previas para actos inseguros consta de tres categorías:**

- Factores ambientales que incluyen:
  - Medio físico
  - Entorno tecnológico

---

<sup>5</sup> SKYBRARY. Análisis de Factores Humanos y el Sistema de Clasificación (HFACS). [En línea]. <[http://www.skybrary.aero/index.php/Human\\_Factors\\_Analysis\\_and\\_Classification\\_System\\_\(HFACS\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Human_Factors_Analysis_and_Classification_System_(HFACS))>. [Citado el 11 de julio de 2013].

<sup>6</sup> Ibíd



- Condiciones de los operadores que se clasifican en:
  - Estado mental adverso
  - Estado físico adverso
  - Limitaciones físicas y mentales
- Factores de personal que se dividen en:
  - Gestión de recursos de las tripulaciones
  - Preparación de personal

**El nivel de la supervisión insegura se divide en cuatro categorías:**

- Supervisión inadecuada
- Operaciones inadecuadas
- Problemas no solucionados
- Violación de la supervisión.

**El nivel de las influencias organizacionales contiene:**

- Gestión de los recursos
- Clima organizacional
- Proceso operacional

La figura No. 1 muestra la estructura del modelo HFACS, la taxonomía de sus factores y la forma en la que los autores conciben el sistema u organización.

Figura No. 1. MODELO HFACS



Fuente: [www.skybrary.aero](http://www.skybrary.aero)

Como se mencionó anteriormente este método de investigación de accidentes (HFACS) se basa en el modelo sistémico de “ **QUESO SUIZO**” propuesto por James Reason, el cual según Alvaro Martines Unkauf<sup>7</sup>, asesor en sistemas de gestión, explica cómo los sistemas, se pueden esquematizar en bloques, en 5 diferentes niveles, los cuales asemeja a lonchas de queso suizo. Estos bloques pueden presentar debilidades, que serían los agujeros en las lonchas del queso suizo, que al alinearse generarían un escenario propicio para un fallo (accidente). Plantea este modelo, el concepto de **errores activos** que corresponden a los “actos inseguros” de las personas y de **errores latentes** que hacen referencia a las debilidades propias del sistema, las cuales califica como inevitables. La idea central de este modelo, plantea, que no es un solo error el que causa los fallos (accidentes), si no la congregación (alienación de agujeros) de varios entre latentes y activos.

En palabras de Victoria Villaescusa Profesora del Instituto FP superior,

Se trata de un modelo que muestra cómo una cadena de errores posibilita la aparición del accidente. No es habitual, por tanto, que los accidentes se produzcan exclusivamente por errores aislados que cometan las personas que están directamente realizando las tareas (por ejemplo, cuando un TMA se olvida de inspeccionar una fisura), sino por el contrario, el accidente será el resultado de una serie de circunstancias y sobre todo, errores latentes o deficiencias ya presentes en el sistema que no se detectan inmediatamente y que tienen consecuencias posteriores.<sup>8</sup>

Explica también Villaescusa<sup>9</sup> que los errores activos y los errores latentes generan consecuencias adversas. Las que generan los errores activos, que son cometidos habitualmente por el trabajador, se presentan de forma inmediata y las que generan los errores latentes que son errores que no se ven, y que tienen que ver, por ejemplo con decisiones, políticas o medidas de la dirección, son consecuencias que pueden estar inactivas mucho tiempo, pero estas pueden influir, para que un trabajador, en este caso un piloto, un técnico o un controlador de tránsito aéreo, cometa un error activo, que al vulnerar las defensas del sistema, termine en un accidente.

El modelo de Queso Suizo, plantea cinco bloques, que permiten esquematizar los sistemas organizacionales e identificar cuáles son susceptibles de errores latentes y cuáles de errores activos a saber:

<sup>7</sup> ALVARO MARTINEZ UNKAUF. Gestión sistémica del error. [En línea]. <http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC-Gestion/article/view/164> . [Citado el 13 de julio de 2013]

<sup>8</sup> VILLAESCUSA, Victoria. Factores Humano en Mantenimiento Aeromecánico. Fiabilidad de la conducta humana. España. Ed Thomson. 2007. P. 238.

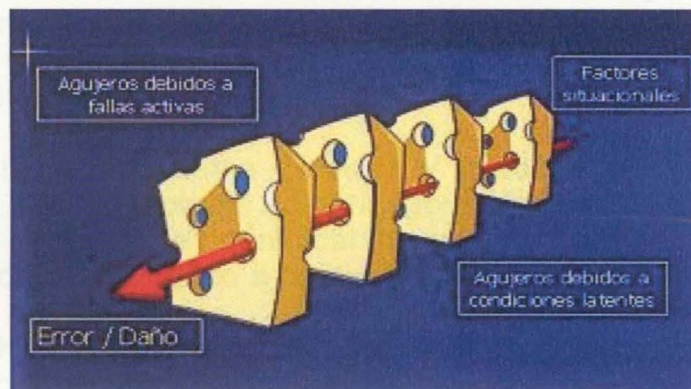
<sup>9</sup> *Ibid.*, p.239, 240.



- Dirección de la compañía. Es el punto donde se establecen los objetivos de la compañía y se administran todos los recursos de la misma. Este bloque puede contener errores latentes.
- Gerencia y mandos intermedios. Corresponde a este nivel ejecutar las decisiones tomadas por la dirección. También aquí existe la posibilidad de errores latentes.
- Condiciones previas. Siendo susceptible igual que los anteriores bloques a los errores latentes, las condiciones previas dan cuenta del estado en el que se encuentran y se administran los recursos humanos y materiales en la organización.
- Ejecución de las tareas. En este punto se encuentran los diferentes actores (pilotos, técnicos, controladores), realizando las tareas propias de su área. Aparece aquí la posibilidad de los errores activos.
- Defensas o sistemas de seguridad. En este nivel se presentan errores latentes y activos y de su funcionamiento depende la probabilidad de ocurrencia de incidentes o accidentes.

En la Figura No. 2 se puede observar el modelo de Queso Suizo.

Figura No. 2 Modelo de Queso Suizo



Fuente: [www.skybrari.aero](http://www.skybrari.aero)

La gestión del riesgo se ha convertido en pieza fundamental de la seguridad operacional. Para comprender su dimensión, es necesario precisar que el riesgo es la valoración de un peligro en términos de probabilidad de ocurrencia del hecho

peligroso y gravedad (severidad) de sus consecuencias. Tal valoración pueda dar cuenta de que un riesgo es tan alto, que es inaceptable para la organización, es tan bajo que puede aceptarse o está en medio de las dos categorías anteriores, por tanto, debe estudiarse en términos de costo – beneficio.

Teniendo en cuenta lo anterior, diferentes disciplinas relacionadas con los factores humanos han venido realizando aportes en el medio aeronáutico a nivel mundial, al concepto de riesgo, riesgos laborales y su relación con los factores humanos como por ejemplo, “el estudio de la salud y los riesgos laborales con la finalidad de disminuir los riesgos de enfermedades y accidentes profesionales, es otro de los objetivos de los factores humanos, ya que está en estrecha relación con la repercusión que pueda tener sobre la seguridad en el transporte aéreo”<sup>10</sup>

En consecuencia, la gestión del riesgo según la OACI, hace referencia al procedimiento de “Identificación, análisis y eliminación (o mitigación a un nivel aceptable o tolerable) de los peligros, y los consiguientes riesgos, que amenazan la viabilidad de una organización (...) En otras palabras, la gestión de riesgos facilita el equilibrio entre los riesgos evaluados y la mitigación viable de los riesgos”.<sup>11</sup>

Dentro de las herramientas de gestión del riesgo se encuentra la confiabilidad. Este concepto puede ser utilizado semánticamente desde diferentes codificaciones como confiabilidad operativa, confiabilidad técnica, confiabilidad humana y confiabilidad propiamente dicha, entre otras, y cobra vital importancia por cuanto hace parte del grupo de herramientas que permiten calibrar la seguridad en las operaciones.

Partiendo de lo anterior es necesario dar inicio a la definición de este concepto afirmando que la confiabilidad operativa o global “conjuga la confiabilidad técnica y la confiabilidad humana”<sup>12</sup>

Lo anterior permitiría al sistema calcular y predecir de forma cuantitativa y cualitativa que tan alto y aceptable es el riesgo de falla en determinada labor. Para hacer claridad al respecto e identificar la relación entre la confiabilidad y la seguridad operacional, se definen a continuación.

La Confiabilidad Humana es definida por autores dedicados al estudio de los Factores Humanos en el medio aeronáutico de la siguiente manera: “La

---

<sup>10</sup> Ibid., p.269.

<sup>11</sup> OACI. Op. cit., p. 6-1.

<sup>12</sup> AMENDOLA. Luis. Modelo de Confiabilidad Humana en la Gestión de Activos. [En línea] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0604AmendConf.pdf>. [Citado el 13 de mayo de 2013]

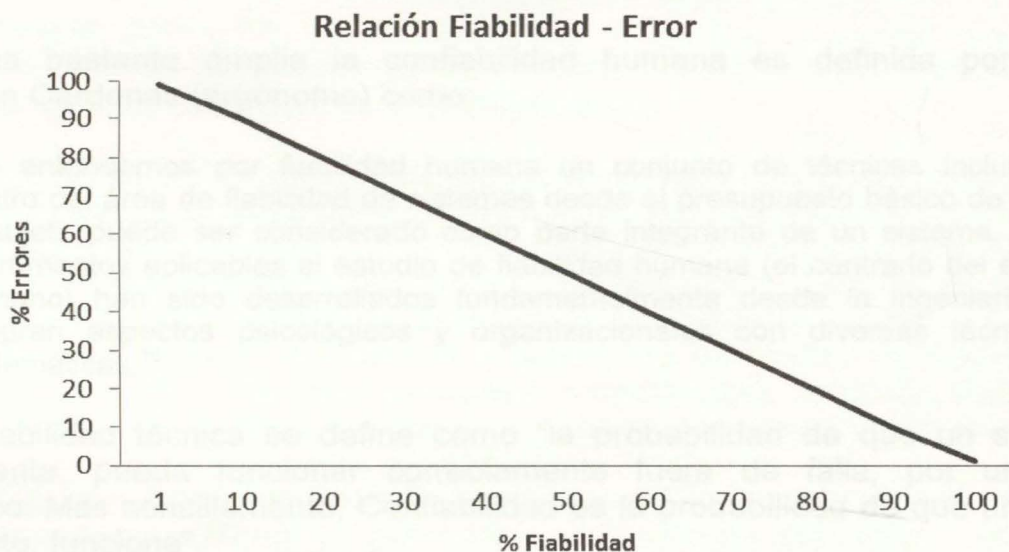


probabilidad de que el comportamiento humano o su efecto sobre el sistema excedan el límite de aceptabilidad.”<sup>13</sup>

“El campo de conocimientos que hacen referencia a la predicción, análisis y reducción del error humano, centrándose en el papel de la persona en el diseño, mantenimiento, uso y gestión de un sistema. La fiabilidad es la probabilidad de que algo funcione bien. En términos generales, se puede decir que una persona es fiable si ofrece seguridad o buenos resultados.”<sup>14</sup>

Adicional a lo anterior Villaescusa<sup>15</sup> ofrece un importante aporte al tema, haciendo énfasis en que entre la fiabilidad humana y el error hay una relación inversamente proporcional y en que la seguridad es directamente proporcional a la fiabilidad, concluyendo que la fiabilidad y la seguridad aumentarán en la medida en la que se concentren más esfuerzos y actividades que propendan por reducir o eliminar los errores humanos, como se muestra en las figuras No. 3 y No. 4.

Figura N. 3 Relación Fiabilidad – Error



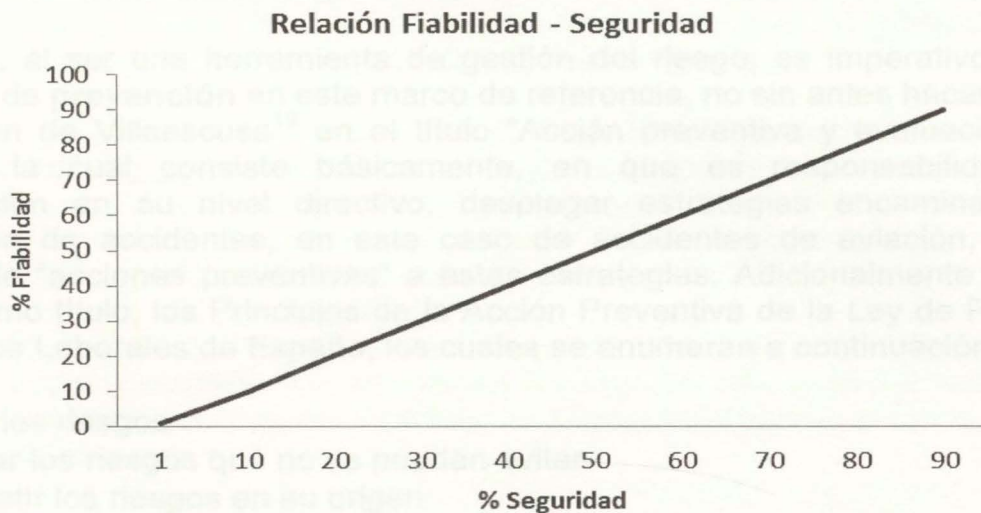
Fuente: FACTORES HUMANOS EN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO. VILLAESCUSA, Victoria.

<sup>13</sup>RUIZ, Juan. TRUJILLO, Humberto, Anales de psicología. Modelos para la evaluación del error humano en estudios de fiabilidad de sistemas. Edición impresa. 2012, P.964

<sup>14</sup> VILLAESCUSA. Op. cit, p. 21.

<sup>15</sup> Ibid.,p.22

Figura No. 4 Relación Fiabilidad – Seguridad



Fuente: FACTORES HUMANOS EN MANTENIMIENTO AERONÁUTICO. VILLAESCUSA, Victoria.

En forma bastante amplia la confiabilidad humana es definida por Manuel Sebastián Cárdenas (ergónomo) como:

(...) entendemos por fiabilidad humana un conjunto de técnicas incluidas dentro del área de fiabilidad de sistemas desde el presupuesto básico de que el sujeto puede ser considerado como parte integrante de un sistema. Los instrumentos aplicables al estudio de fiabilidad humana (el contrario del error humano) han sido desarrollados fundamentalmente desde la ingeniería e integran aspectos psicológicos y organizacionales con diversas técnicas matemáticas.<sup>16</sup>

La confiabilidad técnica se define como “la probabilidad de que un sistema o componente, pueda funcionar correctamente fuera de falla, por un tiempo específico. Más sencillamente, Confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o producto, funcione”.<sup>17</sup>

La confiabilidad propiamente dicha “Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto

<sup>16</sup> SEBASTIAN CARDENAS, Manuel, Apuntes de psicología. Fallo Humano: La quiebra de un paradigma. Colegio Oficial de psicología de Andalucía occidental y Universidad de Sevilla. 2009. P.25.

<sup>17</sup> MANTENIMIENTO CALIFICADO. Mantenimiento centrado en la confiabilidad. [En línea]. <<http://www.mantenimientocalificado.com.co>>, [Citado el 24 de mayo de 2013]



realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas”.<sup>18</sup>

Por tanto, al ser una herramienta de gestión del riesgo, es imperativo incluir el concepto de **prevención** en este marco de referencia, no sin antes hacer alusión a la posición de Villaescusa<sup>19</sup> en el título “Acción preventiva y evaluación de los riesgos”, la cual consiste básicamente, en que es responsabilidad de la organización en su nivel directivo, desplegar estrategias encaminadas a la prevención de accidentes, en este caso de accidentes de aviación, dando el nombre de “acciones preventivas” a estas estrategias. Adicionalmente menciona en el mismo título, los Principios de la Acción Preventiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de España, los cuales se enumeran a continuación:

- Evitar los riesgos
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar
- Combatir los riesgos en su origen
- Adaptar el trabajo a la persona
- Tener en cuenta la evolución de la técnica
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro
- Planificar la prevención
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores

Con el objetivo de contextualizar aún más la prevención en el medio aeronáutico, y específicamente en la seguridad operacional, se hace necesario hacer énfasis en que la Fuerza Aérea Colombiana, en su programa de Prevención de Accidentes Aéreos por Factor Humano, liderado por la Inspección General de la Fuerza Aérea, tiene concebido el concepto de prevenir como: “Capacidad específicamente humana que permite a la persona anticiparse de manera libre y consiente a la posible presencia de hechos o condiciones de riesgo, facilitando la adopción interna de medidas que retrasan, contrarrestan o evitan sus efectos.”<sup>20</sup>

La palabra **prevención** viene del latín “*praeventivus*”; y al ser descompuesta etimológicamente confirma la definición anteriormente expuesta, ya que se compone por los vocablos *prae*, que significa antes, y *eventivus* que es un acontecimiento o suceso.<sup>21</sup>

<sup>18</sup> PORTAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. Mantenimiento y confiabilidad. [En línea] <<http://www.solomantenimiento.com.co>>, [Citado el 24 de mayo de 2013].

<sup>19</sup> VILLAESCUSA. Op. cit., p.273

<sup>20</sup> INSPECCIÓN GENERAL FUERZA AÉREA. Programa de Factores Humanos. Bogotá D.C. 2007. p. 6.

<sup>21</sup> DECONCEPTOS. Concepto de prevención. [En línea] <<http://www.deconceptos.com.co>> [Consultado el 24 de mayo de 2013].



En concordancia con lo anterior, la prevención de accidentes se concibe como “El conjunto de actividades coordinadas que se realizan con la finalidad de eliminar los peligros potenciales de accidente, generados por los actos inseguros de las personas y las condiciones inseguras de las máquinas y equipos.”<sup>22</sup>

Finalmente, y abordando ya el tema de la Seguridad Operacional la **Prevención de Accidentes Aéreos** se define como “Programas, procedimientos u otras tareas cuyo objetivo es únicamente la detección de peligros potenciales a la seguridad de vuelo a fin de emitir las Recomendaciones sobre Seguridad a las entidades pertinentes encargadas de la eliminación de los mismos”.<sup>23</sup>

Teniendo en cuenta, que el principal protagonista, de la propuesta aquí planteada es el **FACTOR HUMANO** como uno de los factores contribuyentes a la mayoría de los accidentes e incidentes de aviación, es necesario abordar el tema, partiendo del siguiente concepto:

Los factores humanos se refieren al estudio de las personas en su interacción con el medio en distintas situaciones vitales, teniendo en cuenta la influencia de los aspectos físicos, psicológicos, fisiológicos y psicosociales y la relación de éstos con el trabajo que desempeñan, con las máquinas y herramientas que manipulan, con los procedimientos de trabajo que tienen que seguir y realizar y con los ambientes laborales que los rodean.<sup>24</sup>

Villaescusa<sup>25</sup> hace referencia a la medicina, la filosofía, la psicología, la sociología y a ingeniería como las principales disciplinas involucradas en el estudio de los Factores Humanos y expone una serie de razones que justifican la necesidad de considerar el estudio de los mismos:

- **Minimizar errores.** Al comprender la influencia de los Factores Humanos en la prevención de accidentes y al hacer conciencia de las limitaciones y debilidades del hombre.
- **Seguridad.** Se refuerza el concepto de seguridad y su importancia en el medio aeronáutico al tener una comprensión profunda del tema de los Factores Humanos.
- **Necesidades Formativas.** Permite identificar la importancia de la capacitación del personal involucrado en actividades aeronáuticas.

---

<sup>22</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Circular de asesoramiento No 121 – 85 – 01. Lima, Perú, [En línea] < <http://www.mtc.gob.pe>>, [Citado el 24 de mayo de 2013.]

<sup>23</sup> AEROCIVIL, Colombia. Manual de prevención de accidentes. 1° Edición, 2005

<sup>24</sup> VILLAESCUSA. Op. cit., p 03.

<sup>25</sup> Ibid., P 05.



- **Eficacia del sistema del bienestar de las personas.** Al lograr dimensionar la importancia del bienestar de las personas en sus esferas física, fisiológica, psicológica y social, y su directa relación con la eficacia que garantiza un sistema seguro y rentable.

Finalmente y considerando que el objetivo final del presente trabajo le apunta a la generación de estrategias de prevención de accidentes por factor humano y así como se concibe la prevención como una capacidad específicamente humana, que le permite al hombre anticiparse a las consecuencias de sus actos, es pertinente hacer alusión en este marco conceptual al **ERROR HUMANO**, y tener en cuenta en primera instancia que "(...) se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema exceden el límite de aceptabilidad, pero este límite debe definirse claramente junto con los factores capaces de influir en el comportamiento humano."<sup>26</sup>

Ruiz y Trujillo<sup>27</sup> hacen énfasis en que el hombre tiene, se distingue y se hace superior al resto del sistema (hablando del medio aeronáutico) porque tiene evidentes capacidades de adaptación ante imprevistos, de aprendizaje, de anticiparse a los resultados y de corregir sus errores.

Aparecen adicionalmente otras definiciones de ERROR HUMANO que superan concepciones obsoletas y reduccionistas antiguas que concebían el error humano relacionado directa y únicamente con la persona.

Como definición (entre muchas otras) de fallo o error humano podemos destacar la elaborada por Sanders y McCormick en 1993: "Una inapropiada y no deseada decisión o conducta humana que reduce o tiene el potencial de reducir la efectividad, la seguridad o el rendimiento del sistema."<sup>28</sup>

Destaca también Sebastian<sup>29</sup> algunos aspectos que enmarcan el Fallo Humano como: La potencialidad que significa básicamente, que el error es error, así sus consecuencias no sean inmediatas; basta con que queden latentes y se desencadenen en el futuro. Los actores, aspecto que determina que en el error humano pueden estar implicados: Operadores, diseñadores, supervisores, directores, personal de mantenimiento, entre otros. El Origen, que habla de las conductas inapropiadas y no deseadas como los entes que originan el error.

---

<sup>26</sup> RUIZ, TRUJILLO, Op. cit., p. 968.

<sup>27</sup> Ibid., p.968

<sup>28</sup> SANDERS y McCORMICK. Citados por SEBASTIAN CARDENAS, Manuel, Apuntes de psicología. Fallo Humano: La quiebra de un paradigma. Colegio Oficial de psicología de Andalucía occidental y Universidad de Sevilla. 2009. P. 24.

<sup>29</sup> SEBASTIAN., Op. cit., p.24

## 5. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con James Reason (1990)<sup>30</sup>, los errores humanos se clasifican en **errores de habilidad** (fallas de atención, de memoria y/o de ejecución), **de percepción** (juicio inadecuado de altura/distancia/velocidad/rumbo, desorientación espacial e ilusiones visuales) y **de decisión** (decisión incorrecta, situación no reconocida o mal interpretada, decisiones basadas en reglas).

Por otro lado, se define como violación toda transgresión u omisión **intencional** de procedimientos, regulaciones y normas, con o sin consentimiento de las autoridades y de quienes ejercen cargos directivos o de supervisión<sup>31</sup>.

Por indisciplina se entiende

Todo acto que evidencie la inobservancia de las normas y órdenes que consagra el deber profesional. En concordancia, es toda trasgresión de las normas y/o los procedimientos establecidos y estandarizados para la ejecución de actividades, tareas y maniobras, generando peligros innecesarios en el desarrollo de las operaciones, lo cual se traduce en una conducta temeraria.<sup>32</sup>

Según el Manual de Gestión de Seguridad Operacional FAC, la indisciplina de vuelo se define como “la actuación de los miembros del cuerpo de vuelo en casos en donde se cometan faltas, desviaciones o contravenciones a lo establecido en la doctrina de Operaciones Aéreas de la FAC”.<sup>33</sup>

Cabe aquí aclarar que las indisciplinas son violaciones, pero no todas las violaciones son indisciplinas.

### 5.3. Diseño metodológico de la investigación.

<sup>30</sup> REASON, James. Human Error. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. pp. 17 – 18.

<sup>31</sup> SHAPPELL, S & WIEGMANN, D. Human Factors Accident Classification System. Washington D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration. 2000. p. 7.

<sup>32</sup> INSPECCIÓN GENERAL FUERZA AÉREA. Programa para el fortalecimiento de la operación íntegra y responsable – FLIR. Bogotá D.C.: 2012. pp. 3 – 4.

<sup>33</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Manual de Gestión de Seguridad Operacional. Capítulo 5 Organización de la Seguridad Operacional, numeral 5.4 Junta de Evaluación de Tripulantes. p. 53. Bogotá D.C. 2010.



## 5. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

### 5.1. Tipo de investigación.

En el campo del conocimiento de los sistemas tecnológicos de alto impacto como la empresa nuclear, la petroquímica y la aviación, se han hecho importantes estudios y avances en los temas de confiabilidad de los sistemas y en la confiabilidad humana aplicada al mantenimiento de los mismos, con un desarrollo acelerado en los últimos 25 años.

Sin embargo, para la aviación colombiana, en particular la aviación militar, la confiabilidad es un concepto relativamente nuevo y sólo se ha venido aplicando al proceso logístico de las aeronaves. En consecuencia, el área de la confiabilidad aplicada a los sistemas humanos constituye un campo poco explorado y por ende, poco conocido en el medio, razón por la cual el presente trabajo realiza una aproximación inicial a través de una metodología cualitativa de corte exploratorio, la cual según Hernández Sampieri, sirve para

aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real, investigar problemas del comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones (postulados) verificables (...) son comunes en la investigación del comportamiento, sobre todo en situaciones donde hay poca información<sup>34</sup>.

Este tipo de investigación resulta pertinente para los propósitos que persigue este trabajo, por cuanto ayuda a la identificación de variables, relaciones y condiciones inherentes a la confiabilidad como herramienta de prevención de eventos de seguridad operacional, de modo que se convierte en el punto de partida de nuevos estudios y nuevas investigaciones que profundicen su área de aplicación dentro del campo aeronáutico y en particular, dentro de la Fuerza Aérea Colombiana.

### 5.2. Diseño metodológico de la investigación.

Siendo consecuente con el tipo de investigación y el alcance planteado en sus objetivos, se considera que el diseño apropiado para la misma es el estudio documental, el cual se refiere a "la reconstrucción del trabajo realizado por otros:

---

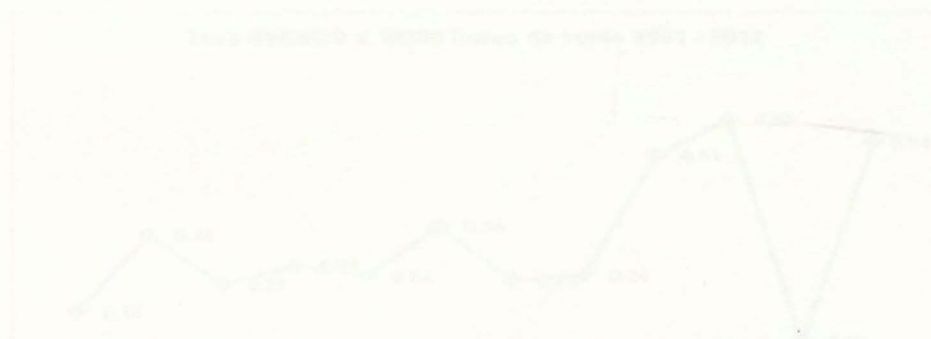
<sup>34</sup> HERNÁNDEZ, Roberto et al. Metodología de la investigación. México D.F. Editorial McGraw Hill. 1997.

revisión de archivos, informes, estudios y todo tipo de documentos o publicaciones”<sup>35</sup>, incluyendo contactos directos si se hace necesario.

En ese sentido, con base en la información obtenida de las fuentes documentales, entre las cuales se cuentan las referencias bibliográficas, artículos, boletines, informes, documentos de archivo y expedientes, se realizará un análisis descriptivo que permita la comprensión del comportamiento de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana, su dinámica como sistema tecnológico de alto impacto y las posibles herramientas aplicables a su funcionamiento particular, que permitan la prevención y la gestión del riesgo operacional, para finalmente plantear una propuesta orientada a afianzar su sistema de defensas frente a tales riesgos operacionales.

Como se mencionó previamente, este análisis constituye un primer abordaje de las cuestiones relacionadas con la confiabilidad aplicada al comportamiento humano. Será expuesto de forma narrativa, asociando los hallazgos documentales con los hallazgos prácticos (la realidad de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana) a modo de comprensión de un fenómeno de interés institucional que tiene que ver directamente con su supervivencia en términos de vidas y recursos para el cumplimiento de la misión constitucionalmente asignada, y frente al cual puede plantearse una propuesta de intervención útil y pertinente para la organización.

Si se observa la tasa de eventos de seguridad en los últimos años (Figura No. 5), es posible ver que su comportamiento es inconstante y no hay una tendencia clara hacia el aumento o la disminución, presentando algunos picos altos en los años 2004 y 2011, así como picos en los años 2009, 2010 y 2012.



<sup>35</sup> LABARCA, Alexis. Módulo 4. Los métodos de investigación aplicados a las ciencias de la conducta. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago de Chile. 2001. [En línea] <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/METODOLOGIA%20DE%20INVESTIGACION/Los%20metodos%20de%20investigacion.%20Aplicados%20a%20las%20ciencias%20de%20la%20conducta.pdf>



## 6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 6.1. Generalidades del comportamiento de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana.

La Fuerza Aérea Colombiana tiene una alta demanda operacional representada en las 92.377 horas voladas durante el año 2012 (sin incluir SATENA), representadas en múltiples operaciones que evidencian resultados contundentes en el marco del conflicto armado interno del país.

No obstante, en este mismo año se presentaron 820 eventos de seguridad operacional, de ellos, 06 accidentes, alcanzando una tasa de 0,54 eventos por cada 10.000 horas de vuelo, la segunda más alta en los últimos doce años. Estos accidentes cobraron 15 vidas humanas, convirtiéndose en el año con mayor número de fallecidos en el mismo periodo de tiempo, sin contar con los daños calculados parcialmente para los eventos relacionados con fallas humanas, los cuales superaron la suma de USD \$30'000.000.

Al comparar estas cifras con el año 2011, en éste hubo 479 eventos de seguridad operacional, de los cuales sólo un accidente que involucró dos aeronaves y dejó un saldo de cinco fallecidos y un lesionado grave. Los costos parciales calculados están alrededor de los USD \$12'300.000, correspondientes a sólo quince eventos asociados directamente con fallas de las tripulaciones o de los operarios.

Si se observa la tasa de eventos de seguridad en los últimos años (Figura No. 5), es posible ver que su comportamiento es inconstante y no hay una tendencia clara hacia el aumento o la disminución, presentando además, puntos bajos en los años 2001 y 2011, así como picos en los años 2009, 2010 y 2012.

Figura No. 5. Tasa EVESOS x 10000 horas de vuelo 2001 – 2012

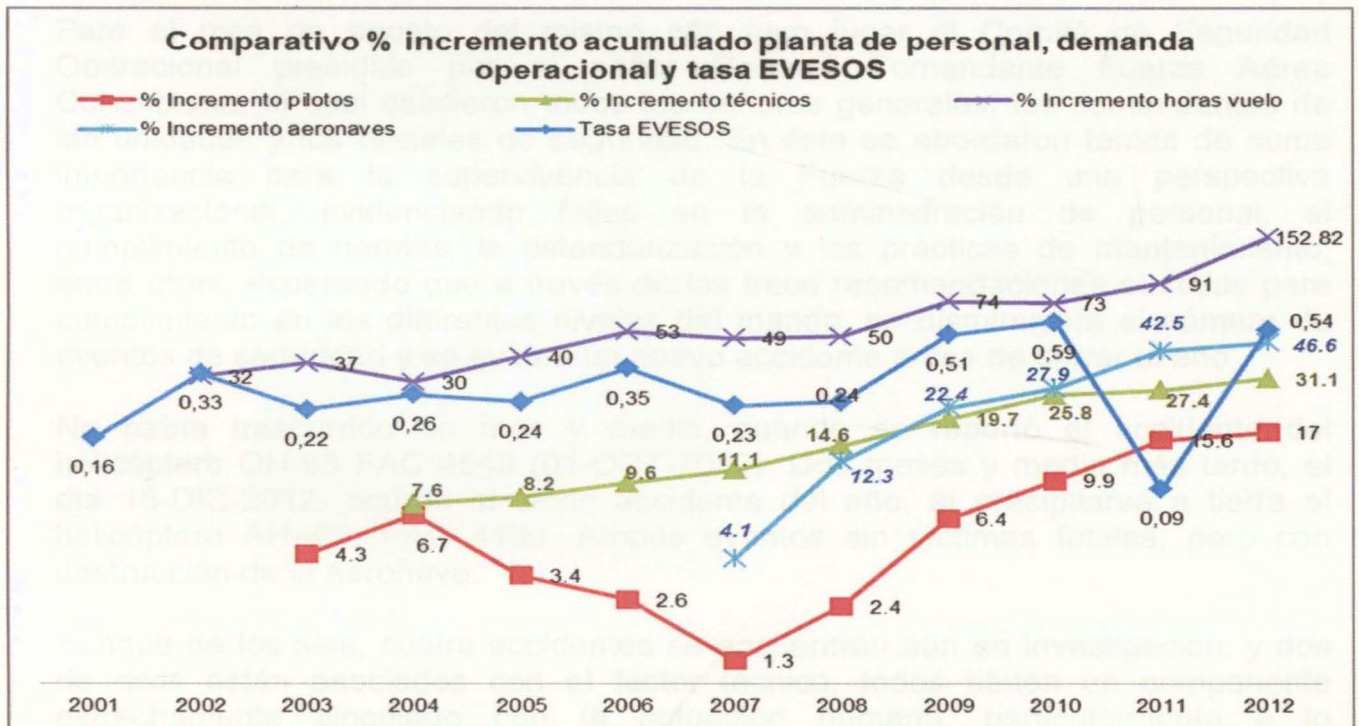


Fuente: DISOP – SUFIO. Informe de Seguridad Operacional año 2012.

Algunas especulaciones podrían formularse frente a estos datos. En primer lugar, la demanda operacional ha aumentado considerablemente desde el año 2002, reflejada en un 152,82% de incremento de las horas voladas por la Fuerza, así como en un 46,6% más de aeronaves en el 2012 frente al parte del año 2006, completando en el año 2013 un total de 310 aeronaves (103 helicópteros, 207 aviones) y 31 sistemas de aeronaves remotamente tripuladas (ART).

Ante esta demanda, la planta de pilotos creció en un 17% hasta el año 2012 y en un 25.67% hasta el 2013, pasando de 705 en 2002 a 825 en 2012 y 886 en 2013, de los cuales sólo se encuentran operativos 761. Por su parte, la planta del personal técnico aumentó en un 31,1% entre el 2002 y 2012, de los cuales sólo 1545 suboficiales trabajan en los Grupos Técnicos. Esto representa un crecimiento no proporcional de personal frente a los requerimientos de la operación, lo cual insinuaría una posible falla que podría asociarse a la ocurrencia de eventos. Sin embargo, dicho crecimiento se ha presentado constante en ese mismo periodo de tiempo (ver Figura No. 6), por lo tanto, no constituye una explicación suficiente acerca de por qué hay años con mayor o menor tasa de accidentalidad.

Figura No. 6. Comparativo porcentaje de incremento acumulado planta de personal, demanda operacional y tasa de eventos de seguridad operacional 2001 – 2012.



Fuente: DISOP – SUFIO. Comité de Seguridad Operacional para Jefes de Jefatura y Comandantes de Unidad, Agosto de 2012.



De otro lado, revisando los Informes de Seguridad Operacional de los últimos tres años (2010, 2011 y 2012), no se evidenciaron mayores modificaciones a los programas de prevención de accidentes, salvo por las campañas de sensibilización creadas en los últimos dos años (21 Días, Alguien Depende de Ti y los 10 + Buscados), cuyos resultados se encuentran en proceso de evaluación.

Al respecto, la campaña de los 21 Días fue lanzada en Agosto de 2011, seis meses después del único accidente de ese año, buscando promover la creación de hábitos de comportamiento seguro a partir de técnicas sencillas transmitidas a través de programas como el de seguridad basada en el comportamiento, mejor conocido como SafeStart®, su nombre comercial. Podría pensarse que ayudó a mejorar los estándares de seguridad, pero en menos de cinco meses, se presentó el primer accidente del año 2012.

Aproximadamente tres meses más tarde, habiendo ya lanzado la campaña "Alguien Depende de Ti" (21-MAR-2012), cuyo propósito era fomentar la ética operacional para el afianzamiento de la seguridad operacional, ocurrió el accidente del B-212 FAC 4020 (30-ABR-2012), con un saldo de trece fatalidades. Justo dos meses después, sucedió el accidente del A-37B FAC 2175 (30-JUN-2012) y once días más tarde, el del A-29 FAC 3122 (11-JUL-2012), dejando dos fallecidos.

Para el mes de agosto del mismo año tuvo lugar el Comité de Seguridad Operacional presidido por el señor General Comandante Fuerza Aérea Colombiana, al cual asistieron todos los señores generales, los comandantes de las unidades y los oficiales de seguridad. En éste se abordaron temas de suma importancia para la supervivencia de la Fuerza desde una perspectiva organizacional, evidenciando fallas en la administración de personal, el cumplimiento de normas, la estandarización y las prácticas de mantenimiento, entre otras, esperando que a través de las trece recomendaciones emitidas para cumplimiento en los diferentes niveles del mando, se disminuyera el número de eventos de seguridad y se evitara un nuevo accidente antes de cerrar el año.

No había transcurrido un mes y medio, cuando se reportó el accidente del helicóptero OH-58 FAC 4548 (01-OCT-2012). Dos meses y medio más tarde, el día 15-DIC-2012, ocurrió el sexto accidente del año, al precipitarse a tierra el helicóptero AH-60L FAC 4130. Ambos eventos sin víctimas fatales, pero con destrucción de la aeronave.

Aunque de los seis, cuatro accidentes se encuentran aún en investigación, y dos de ellos están asociados con el factor técnico, todos tienen un componente estrechamente vinculado con la actuación humana, particularmente a lo concerniente con la desviación en la aplicación de la doctrina (técnicas, tácticas y procedimientos), no sólo por parte de las tripulaciones o los operarios, sino en escalones superiores desde donde falló la supervisión, el control y la gestión del

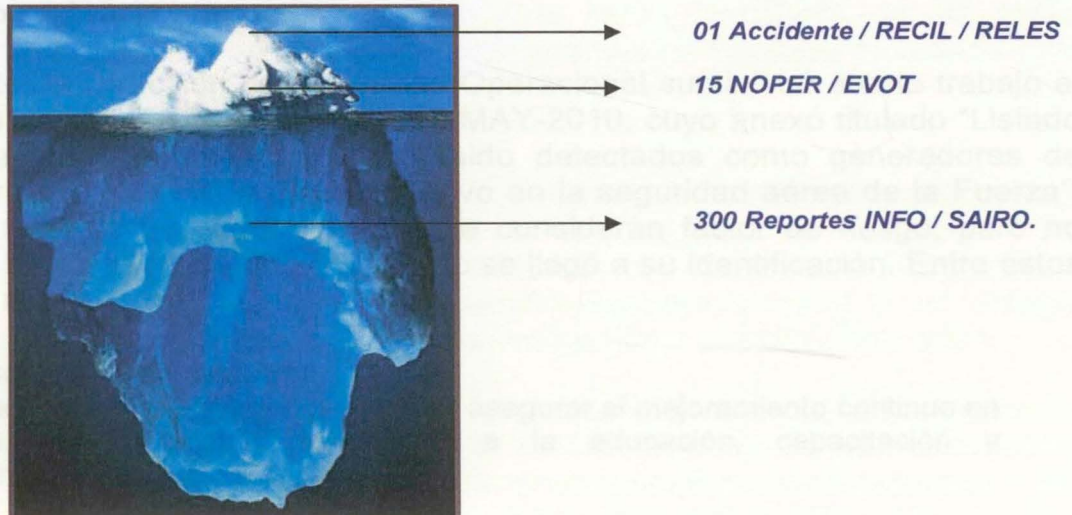


riesgo<sup>36</sup>. Lo anterior para argumentar que las campañas de sensibilización hacia la prevención ni las órdenes impartidas en el Comité de Seguridad Operacional fueron suficientes y efectivas para la prevención de nuevos eventos de seguridad, es decir, para modificar el comportamiento de la organización, aun cuando ella se enfrentó al dolor de la pérdida de quince personas.

Por su parte, en el año 2011 de los 47 eventos fallados por factor humano, 31 estuvieron relacionados con la desviación de procedimientos y 13 con la inadecuada supervisión, donde el único accidente ocurrido se asoció con fallas en ambas categorías.

Ahora bien, considerando que dentro del componente “Gestión del Riesgo” del sistema de Gestión de Seguridad Operacional se afirma que según la pirámide de Heimrich (teoría del iceberg), por cada evento mayor de seguridad (accidente, RECIL, RELES), se estima que hubo por lo menos 15 eventos menores y 300 reportes de peligro asociados con fallas semejantes (figura No. 7), en el Sistema Anónimo de Información de Riesgo Operacional (SAIRO) entre los años 2011 y 2012 sólo se evidenció el reporte de diez casos donde se hallaron fallas similares a las ya comentadas en el caso de los eventos de seguridad operacional.

Figura No. 7. Teoría del Iceberg



Fuente: Presentación del señor Mayor General del Aire Inspector General Fuerza Aérea para las unidades aéreas – año 2012.

<sup>36</sup> DIRECCIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL. Informe de Seguridad Operacional año 2012. Bogotá D.C. Febrero de 2013. P. 16.

Así mismo, en la presente revisión documental se tuvo en cuenta el Programa para el Fortalecimiento de La operación Íntegra y Responsable – FLIR, cuya justificación indica que en un estudio realizado a 35 accidentes de helicópteros de la Fuerza Aérea Colombiana ocurridos entre los años 1991 y 2005, 27 estuvieron asociados directamente con fallas humanas, así<sup>37</sup>:

- No ajuste a procedimientos. 75%.
- Fallas en la supervisión. 60%.
- Inadecuada alerta situacional. 32.14%.
- Sobreconfianza. 28.57%.

El mismo documento menciona que los resultados de la medición del clima de seguridad operacional aplicada a 871 tripulantes entre oficiales y suboficiales en el año 2010 mostraron

(...) una realidad altamente preocupante: el ítem con el puntaje más bajo (2.39 en una escala de 1 a 4) fue *“Considero que pese a la existencia de estándares de excelencia, las personas no los siguen y esto se ve como algo normal”*. En el trasfondo de esta valoración se vislumbra una pauta cultural de complacencia con las desviaciones de los procedimientos que posee la institución, lo cual puede resultar altamente peligroso si no se interviene prontamente en todos los escalones que participan en el desarrollo de la operación aérea, desde sus procesos logísticos más elementales, hasta la ejecución del vuelo como tal<sup>38</sup>.

Por otra parte, la Dirección de Seguridad Operacional suministró a este trabajo el oficio No. 20101750468793 con fecha 18-MAY-2010, cuyo anexo titulado “Listado de problemas más comunes que han sido detectados como generadores de factores de riesgo, con un impacto negativo en la seguridad aérea de la Fuerza”, muestra un total de 93 elementos que se consideran factor de riesgo, pero no menciona la fuente ni la metodología como se llegó a su identificación. Entre estos aspectos se mencionan<sup>39</sup>:

- Ausencia de estandarización.
- Ausencia de supervisión continua para asegurar el mejoramiento continuo en todas las actividades inherentes a la educación, capacitación y entrenamiento.

---

<sup>37</sup> DIRECCIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL. Programa para el Fortalecimiento de La operación Íntegra y Responsable – FLIR (versión 2). Subsección Psicología Aeronáutica. Bogotá D.C. 2012. P. 1.

<sup>38</sup> *Ibid.*

<sup>39</sup> DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD AÉREA. Oficio No. 20101750468793 del 18-MAY-2010 / MDN-CGFM-FAC-COFAC-JEMFA-EMSEG-86.10. Anexo “Listado de problemas más comunes que han sido detectados como generadores de factores de riesgo, con un impacto negativo en la seguridad aérea de la fuerza”. Bogotá D.C. 2010. P. 1 a 3.



- Ausencia de programas de supervisión y entrenamiento continuado.
- Ausencia de evaluación de desempeño al personal que labora como instructor, docente o profesor militar.
- Acciones derivadas de una pobre conciencia del impacto de la propia conducta sobre otros.
- Conductas aprendidas por modelamientos negativos. Ej.: Indisciplina de vuelo aprendida de los instructores, malas prácticas de mantenimiento derivadas del mal ejemplo.
- Prácticas organizacionales que promueven comportamientos contrarios a la seguridad. Ej.: Violación de los tiempos de descanso.
- Actuaciones provocadas por fallas en la función ejecutiva derivadas de fatiga, entrenamiento deficiente y/o interferencia de factores psicológicos propios de la condición humana.
- Prácticas deficientes (referidas al mantenimiento de aeronaves).
- Problemas por ausencia de adiestramiento en el trabajo.
- Fallas en el control y la calidad (en mantenimiento).
- Publicaciones desactualizadas (en mantenimiento).
- Errores de supervisión.
- Ausencia de normalización (reglamentos claros y funcionales).
- Falla en corregir problemas.

Es preciso resaltar que estos aspectos extractados del documento citado habrían sido evidenciados en las investigaciones de los reportes SAIRO y de los accidentes ocurridos con posterioridad a la fecha señalada en el oficio. Paralelamente a esto, se desarrollaban los programas de Factores Humanos y de Calidad y Confiabilidad en Mantenimiento, con un porcentaje de cumplimiento por encima del 95% según los reportes de las unidades aéreas<sup>40</sup>.

En ese orden de ideas y recopilando la información anteriormente expuesta, cabe hacer la reflexión acerca de la razón por la que las fallas, los peligros y los problemas volvieron a presentarse como factores contribuyentes a la ocurrencia de eventos mayores, si ya estaban identificados previamente y se habían adelantado acciones tendientes a su control, mitigación o posible eliminación.

Aunque por ahora no hay una respuesta satisfactoria a este cuestionamiento, lo que sí se ha logrado identificar a través del presente trabajo es que tales fallas, peligros y problemas han sido expuestos de modo que se han asociado más a las conductas particulares de sujetos individuales que a fallas sistemáticas de la organización. Es decir, han quedado relacionados directamente con la actitud de las personas y se han tomado acciones de diversa índole frente a ellas o al grupo al que pertenecen (tripulaciones de un equipo específico, unidad de la que son orgánicas), pero no se las ha relacionado una con otra en el tiempo ni en el marco

---

<sup>40</sup> Fuente: Subdirección Prevención Operacional – Sección Prevención. Indicadores de seguridad aérea año 2010.

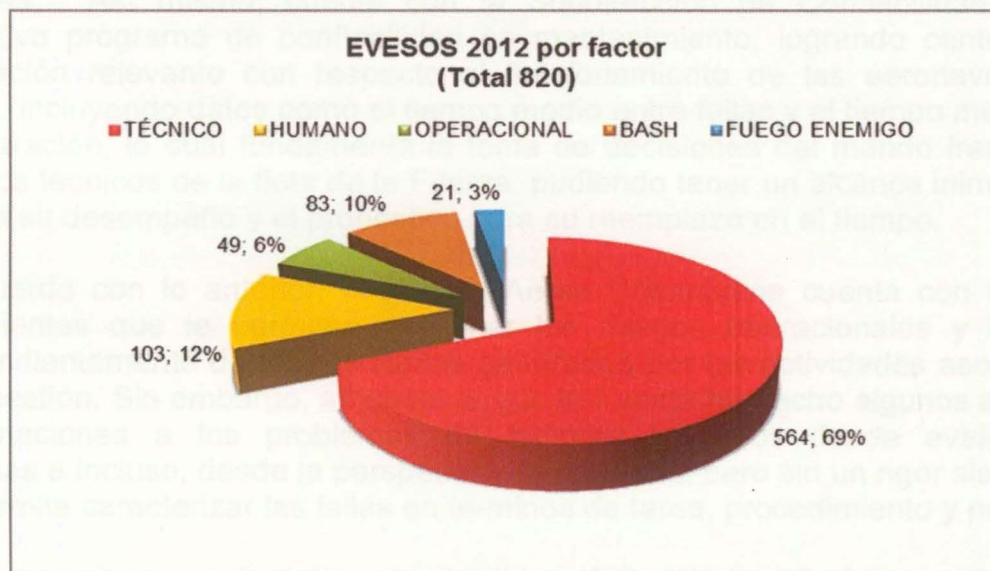


del funcionamiento de los procesos organizacionales, razón por la que su interpretación es aislada.

De esta manera, se pueden plantear innumerables actividades de prevención, que aunque aparentemente vinculadas, no alcanzan el impacto suficiente para introducir cambios significativos y permanentes en el comportamiento general de la seguridad en la Fuerza.

Ahora bien, los eventos de seguridad operacional no ocurren sólo asociados al factor humano, también los factores operacional y técnico tienen su contribución en la tasa de accidentalidad, siendo este último el que más eventos genera, con un 69% (ver figura No. 8).

Figura No. 8. Eventos de seguridad operacional 2012 por factor contribuyente.



Fuente: Informe de Seguridad Operacional 2012.

Cabe anotar aquí que se asocia al factor técnico todas aquellas fallas en los componentes de una aeronave; sin embargo, algunas de estas fallas tienen una conexión directa con el operario, el inspector, el entrenamiento, la supervisión de trabajos, etc., aspectos que tienen que ver directamente con el factor humano.

No obstante lo anterior, es evidente que existen controles específicos para los factores diferentes al humano, los cuales han facilitado la administración del riesgo a ellos asociado. Por ejemplo, para el control de los peligros inherentes al factor operacional, se cuenta con la tarjeta de riesgo de misión, los manuales de empleo donde se compilan las técnicas, las tácticas y los procedimientos propios de cada aeronave, el procedimiento de comando y control, los reportes meteorológicos en



tiempo real, el briefing de misión, etc., además del Plan de Calidad de Operaciones Aéreas, con trece subprogramas entre los cuales se incluye el control de la certificación de la aptitud psicofísica, mecanismo tendiente a la identificación y el control de las limitaciones humanas asociadas al rendimiento psicofisiológico en las actividades propias de la aviación<sup>41</sup>.

Para el caso del BASH y de la acción directa del enemigo se tienen mapas de riesgo, información de los servicios de tránsito aéreo para el primero e información de inteligencia para el segundo, entre otros mecanismos.

Frente al factor técnico se cuenta con un programa de calidad en mantenimiento que desarrolla trece subprogramas orientados al cumplimiento de cinco atributos de calidad: capacidad instalada, publicaciones técnicas actualizadas y disponibles, personal entrenado y calificado, herramientas y equipos calibrados, repuestos trazables<sup>42</sup>. Así mismo, cuenta con la Subdirección de Confiabilidad con su respectivo programa de confiabilidad en mantenimiento, logrando centralizar la información relevante con respecto al funcionamiento de las aeronaves de la Fuerza, incluyendo datos como el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para su reparación, lo cual fundamenta la toma de decisiones del mando frente a los aspectos técnicos de la flota de la Fuerza, pudiendo tener un alcance inimaginable frente a su desempeño y el pronóstico para su reemplazo en el tiempo.

De acuerdo con lo anterior, la Fuerza Aérea Colombiana cuenta con múltiples herramientas que le permiten gestionar los riesgos operacionales y técnicos, independientemente de los resultados generados por las actividades asociadas a dicha gestión. Sin embargo, se observa que la Fuerza ha hecho algunos análisis o aproximaciones a los problemas de factores humanos desde evaluaciones indirectas e incluso, desde la perspectiva de expertos, pero sin un rigor sistemático que permita caracterizar las fallas en términos de tarea, procedimiento y proceso.

En consecuencia, se han tomado medidas de control o de intervención a los problemas aislados que se han identificado, lo cual no implica que éstas obedezcan a una aproximación lo más cercana posible a la comprensión del riesgo inherente al comportamiento humano. En concordancia, las herramientas o las estrategias empleadas no han sido suficientes para propender por su eliminación, control o mitigación, ya sea para el ser humano en términos de comportamiento individual, en interacción con el sistema o de la organización como conjunto.

---

<sup>41</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Plan de Calidad de Operaciones Aéreas. Versión 2. Jefatura de Operaciones Aéreas. Bogotá D.C. 2012.

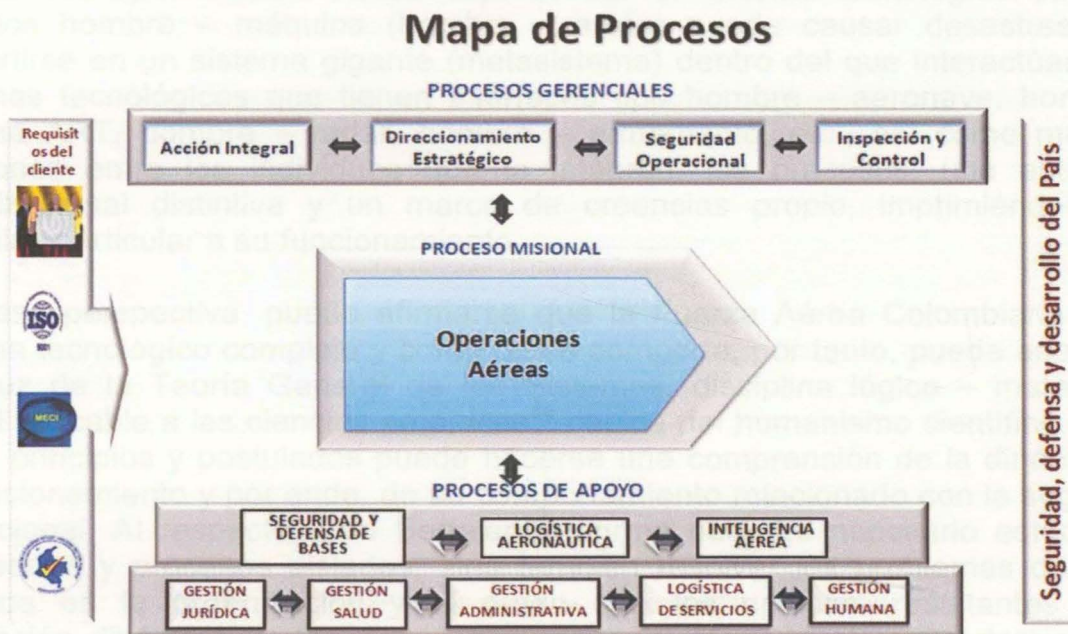
<sup>42</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Plan de Calidad en Mantenimiento. Jefatura de Operaciones Logísticas. Bogotá D.C. 2010.



## 6.2. La Fuerza Aérea Colombiana como sistema tecnológico complejo.

En el intento de comprender las variaciones del comportamiento de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana, se retomó también su funcionamiento desde la perspectiva de la gestión organizacional, compilada en el Plan Estratégico Institucional PEI 2011 – 2030. En éste, se esboza la Fuerza como un sistema compuesto de otros subsistemas (procesos) que transforman los requerimientos de un cliente (entradas) en seguridad, defensa y desarrollo del país (salidas), como lo muestra la figura No. 9. La transformación de tales entradas en salidas de semejante magnitud, se efectúa a través del ejercicio del control del espacio aéreo colombiano y la conducción de operaciones aéreas, bajo la responsabilidad del proceso de Operaciones Aéreas, el cual a su vez está direccionado por cuatro procesos gerenciales y se sostiene sobre ocho procesos de apoyo.

Figura No. 9. Mapa de procesos de la Fuerza Aérea Colombiana.



Fuente: Fuerza Aérea Colombiana. Plan Estratégico Institucional 2011 – 2030.

Eso quiere decir que la Fuerza funciona no sólo como un sistema de aviación, sino como un meta-sistema que tiene a su cargo mantener el dominio del aire, el espacio y el ciberespacio a través del monopolio de las armas y el ejercicio del poder aeroespacial de todo un país, por lo tanto, sus fallas no sólo se materializan en accidentes o eventos de seguridad operacional, sino que impactan directamente en la supervivencia de toda una nación.



La relevancia de esta apreciación radica en que para el mundo la visión generalizada de la aviación es la de un sistema tecnológico de alto impacto, cuyo producto es una cantidad determinada de operaciones, dentro de unos itinerarios específicos, generando unas utilidades para las empresas que desarrollan la actividad aérea; dentro de este sistema se incluyen los servicios de tránsito aéreo y de logística aeronáutica. Su “alto impacto” (al igual que la industria nuclear y la química) hace referencia a que las fallas pueden llevar a desastres (accidentes aéreos), dejando pérdida de vidas, de material y de infraestructura, así como una afectación de la imagen empresarial que puede llevar a la desaparición de una aerolínea. En cambio, La Fuerza Aérea cumple con estas tareas, debiendo además, ejercer el control del aire, el espacio y el ciberespacio, aplicar la fuerza manteniendo la legitimidad del empleo de las armas, multiplicar las fuerzas, apoyar la fuerza y desarrollar las actividades de cooperación y desarrollo nacional, a través de sus misiones típicas y sus capacidades distintivas, tanto en escenarios pacíficos como en ambientes hostiles<sup>43</sup>.

Así las cosas, la Fuerza Aérea deja de ser el sistema tecnológico donde la interface hombre – máquina (hombre – avión) puede causar desastres, para convertirse en un sistema gigante (metasistema) dentro del que interactúan otros sistemas tecnológicos que tienen interfaces tipo hombre – aeronave, hombre – sistema ART, hombre – radar, hombre – armamento, etc., así como múltiples relaciones entre los individuos que la integran, los procesos, una estructura organizacional distintiva y un marco de creencias propio, imprimiéndole una dinámica particular a su funcionamiento.

Bajo esa perspectiva, puede afirmarse que la Fuerza Aérea Colombiana es un sistema tecnológico complejo y como tal se comporta, por tanto, puede analizarse a la luz de la Teoría General de los Sistemas, disciplina lógico – matemática formal aplicable a las ciencias empíricas<sup>44</sup> nacida del humanismo científico, desde cuyos principios y postulados puede hacerse una comprensión de la dinámica de su funcionamiento y por ende, de su comportamiento relacionado con la seguridad operacional. Al respecto, Von Bertalanffy afirma que “Es necesario estudiar no sólo partes y procesos aislados, sino también resolver los problemas decisivos hallados en la organización y el orden que los unifican, resultantes de la interacción dinámica de las partes y que hacen diferente el comportamiento de éstas cuando se estudian aisladas o dentro del todo”<sup>45</sup>.

---

<sup>43</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Manual de Doctrina Básica y Espacial (MADBA) FAC-0-E-PÚBLICO. Cuarta edición. Bogotá D.C. 2013. P. 95 ss.

<sup>44</sup> VON BERTALANFFY, Ludwig. Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Traducción de Juan Almela. Séptima reimpresión. México D.F.: Fondo de Cultura Económica. 1989. P. 37.

<sup>45</sup> *Ibíd.*, P. 31.



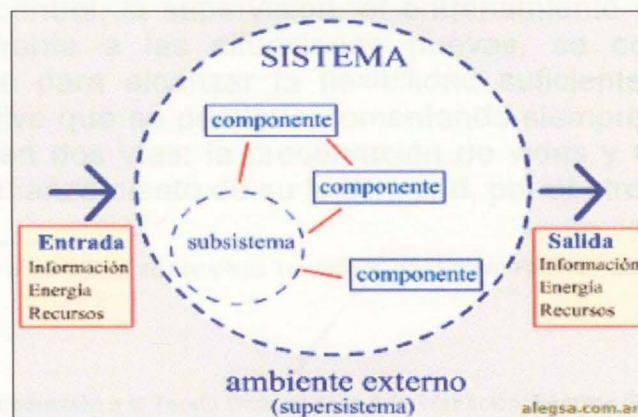
Como primera medida, se debe tener en cuenta que un sistema se compone por unas entradas que son transformadas en salidas a través de unos procesos que tienen líneas de retroalimentación y todo en su conjunto funciona dentro de un ambiente particular. Éste es el esquema del mapa de procesos de la Fuerza que ya se mencionó anteriormente.

Sin embargo, vale aclarar que los procesos se constituyen como subsistemas, es decir, sistemas de menor escala que también cuentan con entradas que se convierten en salidas a través de procedimientos, los cuales retroalimentan al mismo subsistema, a otros y al sistema general, pudiendo sus resultados ser las entradas para otro subsistema. Estos procedimientos están conformados a su vez por actividades y éstas por tareas.

Todo el sistema funciona dentro de un entorno que le hace ciertas exigencias y que de alguna manera determina si su resultado se ajusta o no a lo esperado. Pero también dicho entorno le brinda un marco de referencia a partir del cual se construyen creencias y se desarrollan actitudes que modulan la relación al interior de éste, validando o deslegitimando tanto su desempeño como sus resultados.

La visión del sistema se completa con la comunicación que se establece entre los diferentes componentes a partir del desempeño del producto, facilitando el reconocimiento de desviaciones y fallas, así como la tendencia a hacer los ajustes necesarios para que éstas no vuelvan a ocurrir. Este proceso es la retroalimentación y cumple una función esencial dentro del sistema: la autorregulación. Dada su naturaleza, la retroalimentación modula las relaciones entre los subsistemas y del sistema total con el entorno, con flujos de información que siempre estarán en doble vía. En consecuencia, cada componente será afectado por el sistema y éste será modificado por los cambios que le ocurran a cada uno de sus componentes, como se muestra en la figura No. 10.

Figura No. 10. Modelo de un sistema abierto según la Teoría General de los Sistemas.



Fuente: <http://koki-informtica-ciclo2.blogspot.com/>



De aquí se deriva el primer corolario del pensamiento complejo: la parte está en el todo y el todo está en la parte<sup>46</sup> (principio hologramático<sup>47</sup>). Esto quiere decir, que si bien un componente es parte del sistema y gracias a él éste puede generar sus salidas, la estructura y el funcionamiento de tal componente está moldeado por las reglas internas del sistema, por lo tanto, refleja la dinámica de comportamiento del sistema general. Ejemplo de ello es una operación aérea: su forma de planeamiento evidencia el estilo de dirección, la gestión del riesgo, la aplicación de la doctrina, la disponibilidad de los equipos y el alistamiento del personal que ha sido gestionada por el Comandante de la misma.

En consecuencia, cuando se presenta una falla, ésta no es un evento aislado y particular, es el síntoma de que algo en la dinámica del sistema está funcionando de forma inadecuada. Para el ejemplo citado, el no cumplimiento de la misión del vuelo requerido refleja fallas en algún punto de la programación, la planeación, el alistamiento, el entrenamiento, etc., tareas que no sólo son propias del proceso misional de operaciones aéreas, sino de otros procesos, ya sean gerenciales o de apoyo.

Sumado a lo anterior, se debe entender que como sistema complejo, la Fuerza Aérea tiene unas características particulares de funcionamiento, que pueden resumirse a partir de las propuestas de Chiavenato<sup>48</sup>, así:

6.2.1. Su comportamiento es probabilístico y no determinístico, es decir, no se puede predecir bajo patrones fijos de causalidad entre variables, sino que al desarrollarse dentro de un contexto específico, en las interacciones aparecen variables desconocidas y no controladas, ante las cuales ajusta su dinámica y debe aprender a responder.

Esta característica se evidencia en los niveles estratégico, operacional y táctico de la Fuerza, por cuanto se ve enfrentada diariamente a amenazas emergentes, nuevos escenarios y retos de operación, por lo tanto, la dirección, el control, la supervisión, el entrenamiento y la aplicación de la experiencia frente a las situaciones nuevas, se convierten en piezas fundamentales para alcanzar la flexibilidad suficiente sin perder el foco sobre el objetivo que se persigue, fomentando siempre la supervivencia de la institución en dos vías: la preservación de vidas y recursos aéreos, por un lado, y el afianzamiento de su legitimidad, por el otro.

---

<sup>46</sup> MORIN, Edgar. Introducción al pensamiento complejo. Traducción de Marcelo Pakman. Barcelona: Editorial Gedisa S.A. 1990. P. 125.

<sup>47</sup> *Ibid.*, P. 107.

<sup>48</sup> CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la Teoría General de la Administración. Séptima Edición. México D.F.: McGraw Hill Latinoamericana. 2007. P. 416 y ss.



6.2.2. A pesar que la Fuerza funciona dentro de un ambiente global que la enmarca, tiene una identidad particular y unas capacidades distintivas, por tanto, puede sobreponerse a las condiciones que le presente su entorno.

Al observar la FAC dentro del contexto colombiano, su posicionamiento frente a la contundencia de su participación en el conflicto armado interno le ha brindado la posibilidad de desarrollar ciertas capacidades que apenas otras Fuerzas Aéreas en el mundo imaginarían. La operación con lentes de visión nocturna y las operaciones de recuperación de personal, son un par de ejemplos de ello. Sin embargo, la Fuerza ha aumentado su capacidad operacional aún con cierta restricción de recursos físicos, financieros, de equipo y de personal, lo cual no ha sido impedimento para continuar ejecutando su misión.

Sin embargo, tales limitaciones deben ser monitoreadas para evitar que se conviertan en fracturas del sistema de defensas organizacionales requeridas para asegurar el desarrollo y el sostenimiento de las operaciones y de dichas capacidades distintivas en el tiempo.

6.2.3. Tiene sus propias reglas de funcionamiento y tiende a mantenerlas constantes, buscando llegar a una meta particular. Es pertinente anotar que las funciones, las normas y los valores son los principales componentes de cualquier sistema social, por lo tanto, son las “bases sociopsicológicas de los sistemas sociales para garantizar su integración”<sup>49</sup>.

Se resalta aquí que si las bases que garantizan la integración de los subsistemas y de los componentes de un sistema son las funciones, las normas y los valores, la disciplina y la formación ética son elementos primordiales en la construcción de la cultura que la organización desea tener e infundir en sus miembros. En consecuencia, la claridad en estos tres componentes, así como la coherencia existente entre las políticas formales y las prácticas reales, conducirá al metasistema hacia su meta.

6.2.4. Las interacciones internas y externas del sistema reflejan escalones diferentes de control y de autonomía, inclusive con una jerarquía entre componentes. Dentro de esta dinámica se crean “mecanismos de recompensas con la finalidad de vincular a sus miembros al sistema, establecen normas y valores para justificar y estimular las actividades requeridas y las estructuras de autoridad para controlar y dirigir el comportamiento organizacional”<sup>50</sup>.

---

<sup>49</sup> *Ibíd.* P. 419.

<sup>50</sup> *Ibíd.*



Esta característica de los sistemas es evidente en la Fuerza Aérea, por cuanto ella practica el principio del poder aéreo “control centralizado, ejecución descentralizada”, permitiendo cierto nivel de autonomía en los diferentes escalones de la conducción y el mando operacional en aras de potenciar la capacidad de respuesta, la flexibilidad y la velocidad<sup>51</sup>.

No obstante lo anterior, se hace preciso recalcar que, como cualquier sistema, requiere de mecanismos de control que ayuden a modelar las pautas de conducta de sus integrantes, lo cual hace parte de la naturaleza dinámica funcional de todo sistema humano. Dado que el hombre no es predecible, sus interacciones tampoco lo son, por lo tanto, debe enmarcárselas dentro de unos parámetros de actuación que le permitan su desarrollo individual mientras coadyuva al desarrollo institucional. Esto es, disciplina.

Con base en lo expuesto, es evidente que el entramado de relaciones de un metasistema le imprime una identidad y una dinámica única que le permite desarrollarse con éxito en el contexto donde se encuentra. Sin embargo, los constantes cambios lo obligan a ajustar dichas interacciones concentrando esfuerzos en algunos desafíos y dejando rezagadas otras funciones, en aras de lograr los objetivos propuestos.

Esto plantea la posibilidad (natural y propia de su evolución) de hallar fisuras en el sistema de defensas organizacionales, es decir, una propensión hacia el aumento de la probabilidad de fallas humanas, lo cual sólo indica que se hace imperativa la pronta identificación de tales fisuras (peligros) para evaluar su impacto posible y buscar su corrección, de modo que se intervenga antes de tener una falla de alto impacto. Esto no es otra cosa que la gestión del riesgo.

Como se mencionó anteriormente, la Fuerza ha desarrollado mecanismos eficientes para la gestión del riesgo operacional y técnico, pero aún no los tiene en lo que al control del impacto del comportamiento humano atañe.

Dentro de las herramientas de gestión del riesgo disponibles actualmente está la confiabilidad, la cual ha sido orientada predominantemente sobre los sistemas cerrados (máquinas y circuitos de máquinas), con resultados favorables para la toma de decisiones de quienes tienen alguna responsabilidad sobre el mantenimiento de las mismas. Aunque hasta ahora se ha descrito la FAC como un metasistema en cuyo interior se desarrolla la aviación y ésta se entiende como un sistema tecnológico complejo de alto impacto, traslapar el mismo modelo de confiabilidad técnica al control de las interacciones humanas, sería un desacierto

---

<sup>51</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Manual de Doctrina Básica y Espacial (MADBA) FAC-0-E-PÚBLICO. Op. Cit. P. 74.



por cuanto se aplica a tipos distintos de sistemas. Sin embargo, también existe la confiabilidad humana y podría ser una posibilidad viable de gestión del riesgo y de prevención en materia de seguridad operacional.

### **6.3. La confiabilidad en la prevención del error en sistemas tecnológicos complejos.**

Partiendo de la premisa que la prevención es la capacidad eminentemente humana para anticipar las consecuencias de actitudes, decisiones, hechos y eventos, tomando acciones concordantes para evitarlas o minimizarlas, es claro que ella requiere el pleno conocimiento acerca de cuáles son las fallas, dónde se presentan, sus causas, sus protagonistas, su frecuencia, etc., de modo que se puedan orientar los esfuerzos hacia su control y mitigación.

Por el contrario, cuando no se conocen las fallas y se desea disminuir sus efectos, es común que se desplieguen acciones desarticuladas cuya pretensión se enfoque en los segundos, sin eliminar o controlar las primeras. El resultado más probable será que las fallas se muestren a través de los componentes del sistema varias veces, bajo síntomas diferentes e inclusive, aislados.

Para identificar las fallas humanas dentro de un sistema tecnológico complejo como es la aviación, puede utilizarse una variada serie de herramientas, limitadas según el tipo de error que se quiera controlar y del concepto de prevención que maneje cada organización, lo cual se respalda en la siguiente afirmación de Ruiz-Moreno y Trujillo:

(...) las técnicas actuales para el modelado y cálculo de los errores humanos presuponen, de manera más o menos explícita, la elección de algún modelo de comportamiento humano; de tal manera que buena parte de las limitaciones que en esas técnicas refleja la literatura científica parecen debidas al empleo de los modelos de comportamiento denominados parciales, mientras que los modelos denominados generales, más ambiciosos, adolecen aún de desarrollo metodológico.<sup>52</sup>

Adicionalmente, tales técnicas han sido diseñadas y empleadas para capturar los errores que se cometen en la interacción que el hombre tiene con la máquina, es decir, fallas en el seguimiento de los procedimientos, accionamiento de un control equivocado, omisión de una alerta, atención canalizada sobre una sola indicación, etc., de modo que pueda identificarse si la persona requiere un nuevo entrenamiento o si se debe modificar alguna parte del diseño de la máquina.

---

<sup>52</sup> RUIZ-MORENO, Juan. TRUJILLO, Humberto. Modelos para la evaluación del error humano en estudios de fiabilidad de sistemas. En: Anales de Psicología. Volumen 28, No. 3 (Octubre). Murcia, España: Universidad de Murcia. 2012. P. 963 – 977. [En línea] <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.28.3.148941>



De estos conceptos nace la automatización, como herramienta que va a minimizar la ocurrencia de errores humanos por cuanto disminuye ostensiblemente las cargas de tareas, requiriendo “solamente” de un monitoreo permanente de su funcionamiento por parte del individuo para la toma de decisiones. Los mayores desarrollos en la materia se encuentran en la industria nuclear y la petroquímica por tratarse, como se dijo antes, de sistemas tecnológicos de alto impacto por cuanto sus accidentes por lo general se convierten en desastres de proporciones regionales y potencialmente, mundiales. La aviación también ha alcanzado importantes avances en el control del error humano, sin embargo, tradicionalmente su enfoque se ha centrado en las fallas entre el operador y el equipo.

A continuación se presenta una breve relación de las técnicas más comunes en la medición del error humano, exponiendo lo que según los autores como Silva<sup>53</sup>, Ruiz-Moreno y Trujillo, representa ventajas y desventajas en su práctica regular.

### 6.3.1. Systematic Human Action Reliability Procedure – SHARP.

Modelo propuesto en 1984 por Hannaman y Spurgin, fundamentado en las interacciones y la experiencia, define siete pasos para desarrollar el análisis de fiabilidad humana, cada una de las cuales está compuesta por entradas, análisis, reglas y resultados.

Las entradas son los datos del análisis de fiabilidad técnica (sistemas o máquinas), procedimientos e informes de incidentes. Las reglas son aquellas instrucciones que indican la manera de actuar para cada actividad que se ejecuta y los resultados en el producto de las actividades realizadas.

El modelo consta de siete pasos, así:

Paso 1. Definición. Determina la clase de errores a modelar, incluyendo todas las interacciones humanas que puedan originarlos, las cuales se clasifican en cinco tipos.

Tipo 1: Acciones relacionadas con pruebas, mantenimiento, calibraciones y realineamientos anteriores a generarse el incidente/accidente.

Tipo 2: Acciones humanas que, a partir de un error, generan un comportamiento anómalo del sistema, fuera de las condiciones normales de operación, normalmente llamado incidente/accidente.

---

<sup>53</sup> SILVA, Pedro. ¿Es posible calcular la confiabilidad humana? [En diapositivas] Pedro Silva Consultores SAS. Ministerio del Trabajo. España. 2010. [En línea]

[http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/es\\_posible\\_calcular\\_la\\_confiabilidad\\_humana.pdf](http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/es_posible_calcular_la_confiabilidad_humana.pdf)



Tipo 3: Acciones que, de acuerdo a un procedimiento, un operador puede operar sistemas (o subsistemas), cara a la recuperación de las condiciones normales del sistema.

Tipo 4: A partir de acciones incorrectas del operador tras un incidente, éste empeora la situación o complica el comportamiento del sistema.

Tipo 5: Durante la secuencia de un incidente, son aquellas acciones del operador, no procedimentadas, pero que por su conocimiento o experiencia puede recuperar un equipo inicialmente fallado<sup>54</sup>.

Paso 2. Selección. Es la identificación de aquellas acciones humanas que resultan significativas para el análisis de fiabilidad.

Paso 3. Análisis cualitativo. Es la descripción detallada de las acciones humanas importantes para la medición que se pretende hacer.

Paso 4. Representación. Consiste en seleccionar y aplicar las técnicas de modelamiento de los datos a través de una estructura lógica, como por ejemplo, los árboles de fallo, los diagramas de bloques de fiabilidad, la espina de pescado, etc.

Paso 5. Evaluación del impacto. Identificar las acciones humanas más significativas para la organización, desarrolladas y representadas en los pasos anteriores.

Paso 6. Cuantificación. Aplicación de las técnicas seleccionadas para el análisis cuantitativo de cada acción antes identificada, calculando la probabilidad.

Paso 7. Documentación. Constituye el paso donde se generan los informes requeridos, se establece el archivo y las reglas de trazabilidad de los análisis.

Las ventajas de este modelo están en que ofrece un buen tratamiento a las interacciones y muestra una excelente integración de los datos para el análisis probabilístico de los riesgos. Sin embargo, su gran limitación está en que requiere una amplia experticia por parte del analista, no sólo en el modelo, sino en el tipo de actividad que se evalúa.

---

<sup>54</sup> SILVA, Pedro. Ibid.

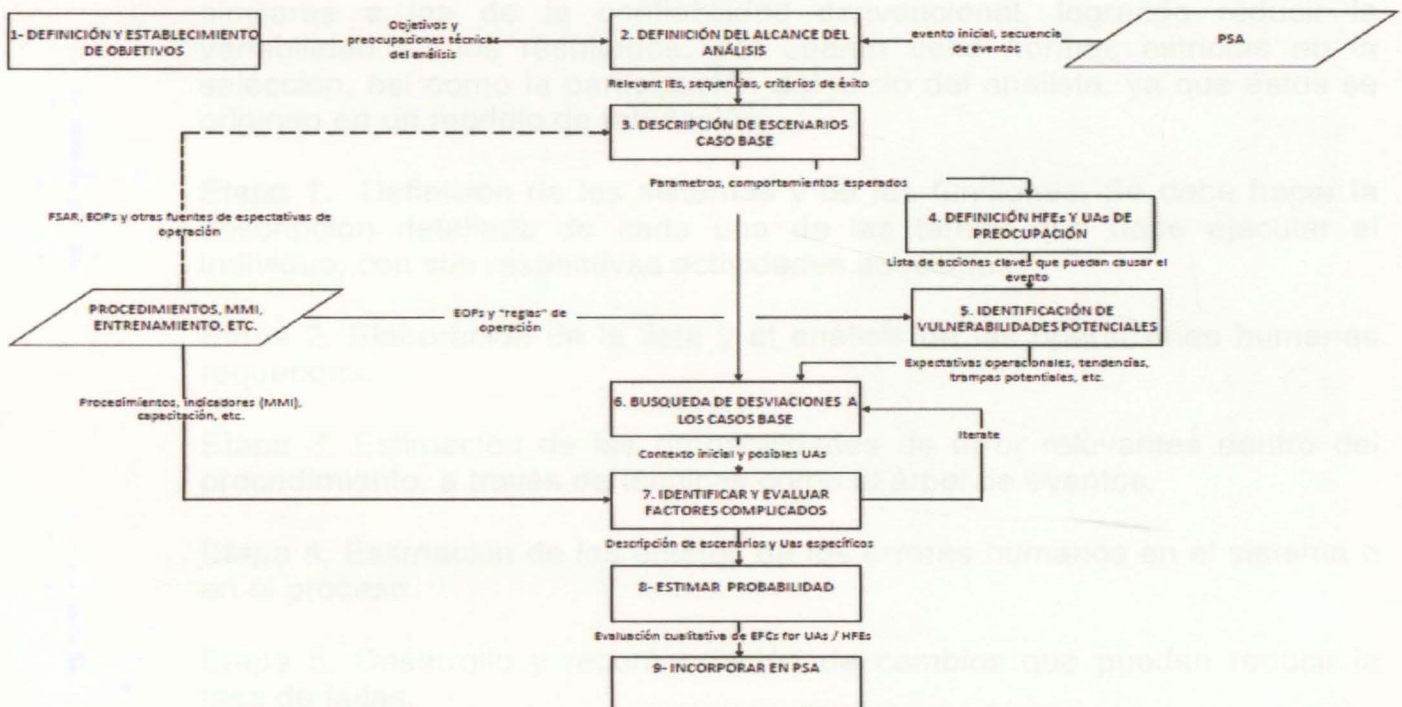
### 6.3.2. A Technic for Human Event Analysis – ATHEANA.

Modelo elaborado por el Brookhaven National Laboratory (BNL) con el patrocinio de la U.S. Nuclear Regulatory Commission (NUREG) en 1996.

Su objetivo inicial fue el de mejorar la valoración probabilística del riesgo en la industria nuclear a partir del desarrollo de un método de confiabilidad humana, ya que en el modelo a la fecha existente no incluía los errores de comisión, asociados con intervenciones inapropiadas de los operadores con sistemas activos<sup>55</sup>.

Así mismo, incluye la identificación de situaciones que puedan generar errores humanos y contextos potenciales que aumentan la probabilidad de falla, como elementos esenciales en la valoración del riesgo operacional, ya que es en tal contexto donde se hallan las condiciones propicias para que el individuo se equivoque (mal funcionamiento de una máquina, una situación imprevista, algún condicionante de la conducta humana, etc.)

Figura No. 11. Flujoograma Modelo ATHEANA.



Fuente: SILVA, Pedro. [http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/es\\_posible\\_calcular\\_la\\_confiabilidad\\_humana.pdf](http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/es_posible_calcular_la_confiabilidad_humana.pdf).

<sup>55</sup> Cooper, S.E. et al. A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA). Technical Basis and Methodology Description Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission. NUREG/CR-6350 BNA-NUREG-52467. Washington D.C. 1996. P. 11. (Traducción propia).



Los autores del modelo proponen que los errores graves no sólo son causados por no seguir los pasos de un procedimiento, sino también por otros factores tales como las condiciones inesperadas que no se incluyen en la formación, el entrenamiento o los procedimientos, el diagnóstico incorrecto de una falla o la respuesta equivocada ante ésta, omisión de las alertas o de las indicaciones de falla y los errores de comisión, es decir, de operación incorrecta del equipo frente a una situación determinada.

Como puede observarse en la figura No. 11, el modelo consta de nueve etapas y su gran contribución apunta a la corrección de las fallas a través de los procedimientos, las instrucciones y el entrenamiento. En consecuencia, no sólo se limita a la evaluación de la probabilidad del riesgo, sino a recomendar acciones ulteriores para su control y mitigación.

### 6.3.3. Technic for Human Error Rate Prediction – THERP.

Es una metodología desarrollada para la U.S. Nuclear Regulation Commission por Swain y Guttman en 1983, convirtiéndose en la técnica más antigua y más empleada en fiabilidad humana. Consta de cinco etapas similares a las de la confiabilidad convencional, logrando reducir la variabilidad en los resultados, por cuanto tiene normas estrictas en la selección, así como la participación del juicio del analista, ya que éstos se originan en un modelo de tabulación.

Etapa 1. Definición de los sistemas y de las funciones. Se debe hacer la descripción detallada de cada una de las tareas que debe ejecutar el individuo, con sus respectivas actividades asociadas.

Etapa 2. Elaboración de la lista y el análisis de las operaciones humanas requeridas.

Etapa 3. Estimación de las probabilidades de error relevantes dentro del procedimiento, a través de técnicas como el árbol de eventos.

Etapa 4. Estimación de los efectos de los errores humanos en el sistema o en el proceso.

Etapa 5. Desarrollo y recomendación de cambios que puedan reducir la tasa de fallas.

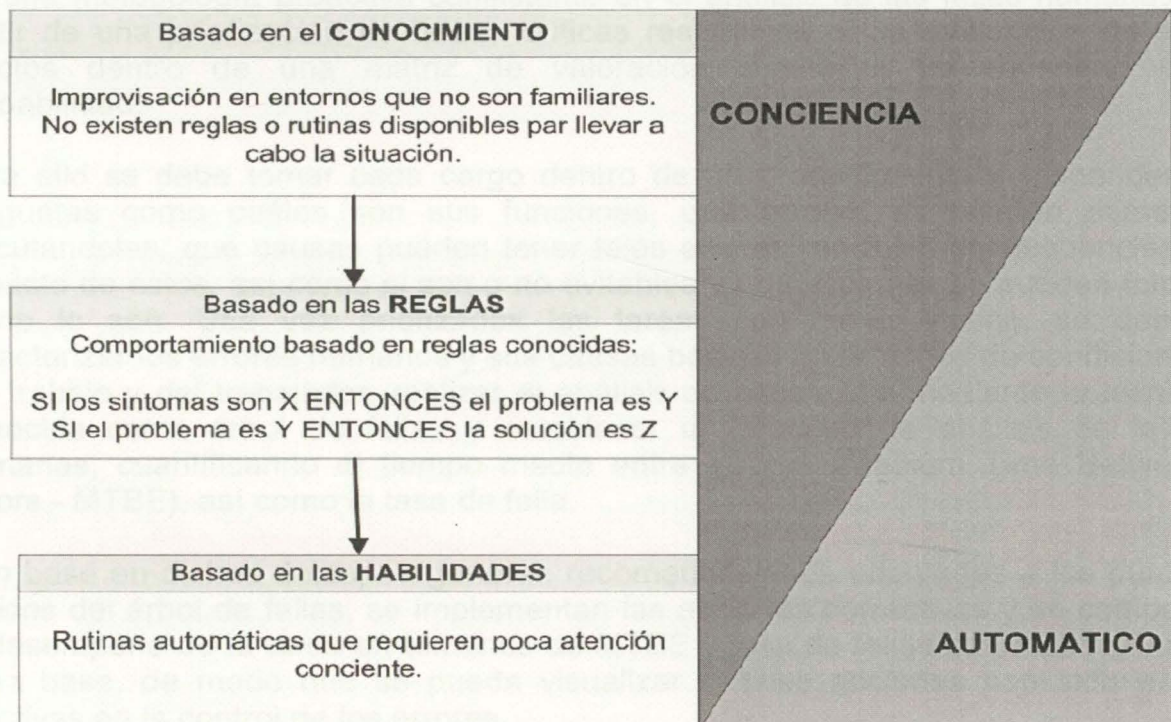
A pesar de ser un modelo ampliamente aceptado en la industria, tiene varias críticas a considerar cuando se habla de sistemas tecnológicos complejos. La primera de ellas, es que el “desglose de la tarea en acciones elementales no siempre es coherente con la organización psicológica de la

misma”<sup>56</sup>; segunda, no hay consistencia del modelo con la aplicabilidad a situaciones diferentes a las dadas por los árboles de eventos; tercera, la conducta humana no es tan predecible y las decisiones no siempre son las mismas, aun teniendo al mismo individuo en similares condiciones; por último, para algunos riesgos identificados sólo un experto en fiabilidad podría determinar las modificaciones ergonómicas de una tarea para que realmente incidan sobre las causas psicológicas de ciertos errores, lo cual no siempre es viable en una organización.

#### 6.3.4. The Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach – SHERPA.

Modelo desarrollado inicialmente para la industria nuclear por Embrey en 1986, empleando un sistema computarizado de pregunta y respuesta para identificar posibles errores en el análisis de las tareas, a partir del modelo de error planteado por Rasmussen y Reason, basado en la continuidad entre comportamiento consciente y automático (ver figura No. 12).

Figura No. 12. Continuidad entre comportamiento consciente y automático



Fuente: ALMENDOLA, Luis. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0604AmendConf.pdf>.

<sup>56</sup> RUIZ-MORENO, Juan. TRUJILLO, Humberto. Op. Cit. P. 7.



Sobre este modelo, se plantean cinco categorías de conducta dentro de las cuales pueden ocurrir los errores. Éstas son la acción directa, el control del sistema, la recuperación de fallos, la comunicación y la selección de respuestas, siendo estas últimas tres las que mayor nivel de consciencia requieren.

Una vez se identifican los errores, se codifican, se ingresan a un sistema de procesamiento y se asocian con un modo de error.

A menor consciencia, mayor automatismo del individuo, lo cual se corrige con adiestramiento en la tarea (habituación); mientras que a mayor consciencia, se requiere de conocimiento formal y experiencia para intervenir sobre las fallas. Esto es particularmente interesante porque plantea diferentes niveles de complejidad en el entrenamiento para la corrección de los errores y la recomendación de acciones ulteriores, lo cual optimizaría el empleo de los recursos de la organización.

#### 6.3.5. Human Failure Mode and Effect Analysis – HFMEA.

Es una metodología proactiva consistente en el análisis de las fallas humanas a partir de una priorización de tareas críticas resultantes de la evaluación de sus efectos dentro de una matriz de valoración cualitativa de severidad por probabilidad.

Para ello se debe tomar cada cargo dentro de un procedimiento y responder a preguntas como cuáles son sus funciones, qué errores se pueden cometer ejecutándolas, qué causas pueden tener tales errores, posibles consecuencias e impacto de éstos, así como si son o no evitables y qué acciones se pueden tomar si no lo son. Una vez priorizadas las tareas con mayor riesgo, se deben caracterizar los errores humanos y sus causas básicas en términos de condiciones del trabajo y del trabajador, realizar el análisis de causa raíz mediante la técnica conocida como árbol de fallas y establecer un proceso de análisis de fallas humanas, cuantificando el tiempo medio entre errores (Medium Time Between Errors - MTBE), así como la tasa de falla.

Con base en dichos datos, se generan recomendaciones orientadas a los puntos críticos del árbol de fallas, se implementan las acciones correctivas y se compara el desempeño de la tarea en términos de MTBE y tasa de fallas con respecto a la línea base, de modo que se pueda visualizar si tales acciones han sido o no efectivas en la control de los errores.

Para poner en marcha esta metodología es preciso conformar un equipo con dominio sobre la técnica del árbol de fallas y gestión del riesgo, que evalúe y monitoree los riesgos de la organización.



Como se ha podido observar, los métodos de confiabilidad humana se vienen desarrollando desde la década de los 80s, después del accidente nuclear de Three-Mile Island, con importantes avances en la industria nuclear y química, e inclusive en el área de la salud, donde ya se está incorporando el HFMEA. Aunque estos modelos son aplicables a la aviación, en el desarrollo del presente trabajo no se halló ninguno específico para este campo.

En ese sentido y habiendo revisado las metodologías antes expuestas, se concluye que éstas han centrado su desarrollo en la interacción hombre – máquina y hombres – máquina, siendo inespecíficas para niveles más complejos de interacción dentro del sistema organizacional, es decir, el control, la supervisión, la alta dirección y en general, los procesos (más allá de los procedimientos) de este sistema.

Así mismo, se evidencia que la captura de datos sobre las fallas humanas se adelanta mayoritariamente por vía tecnológica (videos, memoria de interactividad de los equipos, etc.), asociándolos directamente con una estructura altamente detallada de procedimientos – tareas – actividades – conductas fallidas, lo cual arroja un modo de falla bastante confiable que permite buscar las mejoras principalmente en el diseño de los equipos y de los procedimientos, dejando como última opción la intervención sobre el individuo, ya que éste tiende a desviarse de la línea de desempeño esperado sobre la que fue formado y entrenado (deriva práctica).

Para el caso de la Fuerza Aérea Colombiana, no se cuenta con herramientas tan sofisticadas para la captura de datos, como lo tienen los sistemas antes descritos; tampoco hay una participación directa inmediata en la modificación del diseño de las aeronaves, los radares, los sistemas ART, etc., por tanto, su prioridad de intervención ante las fallas humanas es el individuo mismo, propendiendo por la reducción de la deriva práctica a través de la caracterización, la documentación, la difusión y el permanente entrenamiento de las técnicas, las tácticas y los procedimientos, aún para las tareas que requieren de los más altos niveles de consciencia (juicio acertado a partir del conocimiento y la experiencia).

A pesar de las limitaciones tecnológicas para la captura de fallas, la Fuerza sí cuenta actualmente con el sistema de registro de eventos de seguridad operacional (EVESOS) y de reportes de riesgo operacional (SAIROS), los cuales pueden ser investigados a partir del modelo de comprensión de las fallas humanas del Dr. James Reason y clasificados mediante la taxonomía HFACS, ya conocida en la institución.

Para que esta información pueda asociarse con los procesos y los procedimientos institucionales, éstos deben desglosarse dentro del mismo sistema, de forma que



se pueda obtener el modo de fallo de cada proceso, procedimiento, tarea y actividad, clasificado por equipos, unidades, horas de vuelo, tipo de misión y cualquier otra variable que se requiera para el análisis, a través de su modelamiento en un software especializado que permita generar los reportes requeridos.

Aunque existen varias clases de software para el modelamiento de datos, para el año 2013 la FAC adquirió SuperSmith para el módulo de Fiabilidad Operacional, el cual resulta pertinente para el modelo de confiabilidad humano porque maneja variables continuas y genera distribuciones de diferentes tipos (normal, tendencia histórica, Weibull), útiles para los análisis probabilísticos en la materia.

A pesar que históricamente se ha creído que los análisis de tendencia se convierten en predicciones pesimistas, el espíritu del Modelo de Confiabilidad Humana que se plantea al final de este trabajo está enfocado en el fortalecimiento del sistema de defensas de la institución, interviniendo no sólo al individuo o a un evento particular, sino a los procesos y a la dinámica de la Fuerza, concebida ésta como un meta-sistema tecnológico de alto impacto que amerita ser desarrollado e impulsado a su evolución desde una perspectiva compleja que asegure su supervivencia y su trascendencia en la historia.

## 7. PROPUESTA

### MODELO DE CONFIABILIDAD HUMANA PARA LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

*“Lo que mido, lo puedo controlar. Y lo que controlo, lo puedo mejorar”*

*Pedro Silva.*

#### 7.1 INTRODUCCIÓN.

El reto para la Fuerza Aérea es lograr que las operaciones aéreas se desarrollen con el riesgo administrado y mitigado a un nivel aceptable para cumplir la misión, esto quiere decir que la operación debe poseer atributos de seguridad operacional que permitan la preservación de la vida y todos los recursos puestos bajo nuestra responsabilidad. Para esto se requiere fortalecer el proceso de toma de decisiones con relación a los aspectos que puedan afectar la seguridad de manera positiva o negativa. Para lograr una toma de decisiones acertada se debe valorar de manera objetiva tanto el estado actual como el estado futuro de la seguridad operacional, de tal forma que podamos asumir los riesgos inherentes al cumplimiento de la misión de forma acertada.<sup>57</sup>

A partir de un minucioso análisis de seguridad operacional presentado en el Comité de Seguridad Operacional presidido por el señor General Comandante de la Fuerza Aérea Colombiana el pasado mes de Agosto de 2012, se evidenció que las acciones de prevención operacional no alcanzaban el resultado esperado, por cuanto la tasa de accidentalidad no mostraba un comportamiento descendente, sino por el contrario, con tendencia al aumento. También se observó que esta tasa se comportaba de forma “incierta”, o sea, que no se conocían los motivos de su fluctuación de año a año y menos aún, de su importante disminución durante el año 2011.

Esto sigue siendo vigente en el 2013, aun cuando se han adelantado importantes esfuerzos en materia de prevención. Sin embargo, se debe considerar que para hacer prevención se debe conocer qué está fallando. Para tal fin, es imperativa una identificación concreta y detallada de dónde están las fallas asociadas a la actuación humana. Por lo tanto, y concibiendo la FAC como un meta-sistema, es imperativo hacer la transición de acciones aisladas de prevención hacia la gestión de la prevención, fundamentada en datos que reflejen el comportamiento de la organización y brinden información útil, oportuna y pertinente para la toma de decisiones.

---

<sup>57</sup> SABOGAL, Ever. Informe de Seguridad Aérea (borrador). Departamento de Seguridad Aérea. Bogotá D.C. 2007.



Tales datos necesarios para estructurar una estrategia de prevención pueden obtenerse a partir de un modelo de confiabilidad aplicado al comportamiento humano, que muestre la probabilidad que éste o su influencia sobre el sistema exceda el límite de aceptabilidad de falla, el cual debe definirse plenamente dentro de la organización.

Si bien las fallas humanas deben ser estudiadas desde una perspectiva compleja, contextualizadas en el tiempo y en la dinámica propia del momento en que se presentan para generar las recomendaciones pertinentes, también deben ser cuantificadas y analizadas desde un modelo matemático que permita identificar los puntos de quiebre en dicha dinámica y genere análisis de tendencias, de modo que se pueda tomar oportunamente las medidas necesarias para evitarlas, controlarlas o mitigar sus consecuencias, es decir, para su prevención y para su gestión.

Es por ello que a continuación se formula un Modelo de Confiabilidad Humana para la FAC, enfocado en el fortalecimiento del sistema de defensas de la institución, no sólo orientadas hacia el individuo o a un evento particular, sino a los procesos y a la dinámica de la Fuerza, de modo que a través de la gestión en prevención, se asegure su supervivencia y su legitimidad en el desarrollo de la misión constitucionalmente asignada.

## **7.2. JUSTIFICACIÓN.**

Entendiendo la Fuerza Aérea Colombiana como un meta-sistema que alberga un sistema tecnológico complejo como lo es la aviación, con una misión que la diferencia de otros tipos de aviación, por cuanto desarrolla operaciones aéreas para el dominio del aire, el espacio y el ciberespacio, algunas de las cuales se llevan a cabo en escenarios hostiles y con algunas limitaciones de recursos, se hace imperativo abordar el tema de su supervivencia en términos de seguridad operacional, desde una perspectiva integradora acorde con las exigencias de un sistema de tal naturaleza.

En ese orden de ideas, de acuerdo con los postulados de la Teoría General de los Sistemas de Von Bertalanffy, el funcionamiento de un sistema complejo exige **estrategias** (no programas) de prevención, por cuanto sus interacciones, su estructura, sus componentes y su relación con otros sistemas cambian a través del tiempo, por tanto, lo que hoy puede ser efectivo, pertinente y/o adecuado para resolver un problema, puede no serlo mañana.

Para formular una estrategia de prevención es preciso contar con la plena identificación de peligros y valoración de riesgos para la priorización de los esfuerzos y la consecución de los recursos requeridos. En ese sentido, según lo expuesto en el Documento 9859 de la OACI, los insumos para la prevención por



excelencia son los resultados de las investigaciones de los eventos de seguridad, los reportes de riesgo operacional y los panoramas de riesgo.

En concordancia, considerando los resultados de seguridad de los últimos tres años y con base en la revisión documental realizada, se encontró que la Fuerza no cuenta con un sistema de gestión de la información que permita identificar el modo de fallo de los procesos, procedimientos, actividades y tareas, razón por la que pese a todos los esfuerzos adelantados en materia de prevención, los eventos de seguridad operacional se siguen presentando y su tasa de ocurrencia continúa en aumento.

Así las cosas y observando la experiencia en prevención de accidentes que tiene la industria nuclear y la industria química, se considera viable formular un Modelo de Confiabilidad Humana para la Fuerza Aérea Colombiana, el cual a partir de la gestión de los datos arrojados por la investigación de eventos de seguridad operacional y de informes de riesgo operacional asociados con el factor humano, bajo la metodología del modelo de Reason y la taxonomía HFACS, permita la identificación de fallas y de vacíos en el sistema de defensas de la Fuerza.

De esta manera se contribuye el cumplimiento del objetivo formulado en el Plan Estratégico de Seguridad Aérea 2007 – 2019, en lo que concierne al fortalecimiento de la cultura de la seguridad aérea a través de la gestión en prevención, gestión del riesgo, el desarrollo de líneas de investigación y supervisión para la reducción de los índices de eventos de seguridad y preservar la capacidad operativa de la Fuerza Aérea Colombiana<sup>58</sup>.

### **7.3. MODELO DE CONFIABILIDAD HUMANA.**

Bajo la perspectiva que la Fuerza Aérea Colombiana se comporta como un metasistema dentro del cual funciona un sistema tecnológico de alto impacto como es el proceso de operaciones aéreas, donde las fallas humanas pueden generar eventos de seguridad de diversa magnitud, se necesita alcanzar un sistema de defensas lo suficientemente fuerte para que tales fallas no se presenten o, de presentarse, sus consecuencias sean rápidamente mitigadas para que afecten lo menos posible el desempeño general de la Fuerza.

Un sistema eficiente y efectivo de defensas sólo puede ser construido sobre la identificación del modo de fallo de los procesos, procedimientos, tareas y actividades que hacen posible el desarrollo de las operaciones aéreas. En concordancia, es necesario capturar los datos cada vez se ocurre una falla (en este caso, humana), procesarlos, gestionarlos y analizarlos, de manera que

<sup>58</sup> FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Plan Estratégico de Seguridad Aérea 2007 – 2019. Bogotá D.C. Inspección General FAC – Departamento de Seguridad Aérea. 2007. P. 30.



orienten las decisiones y las acciones de quienes direccionan los procesos (subsistemas) involucrados.

### 7.3.1. Captura de datos.

La captura de los datos no es tarea sencilla. Sin embargo, puede llevarse a cabo a partir de la investigación de los eventos de seguridad operacional y los reportes de riesgo asociados a fallas humanas, mediante un método estandarizado cuyos resultados se clasifiquen siempre bajo una misma taxonomía. La Fuerza Aérea Colombiana a través de la Dirección de Seguridad Operacional – Subdirección de Investigación en Seguridad Operacional estudia tales fallos mediante el modelo del queso suizo (James Reason), agrupándolos en el Sistema de Clasificación de Accidentes por Factor Humano del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD HFACS, por sus siglas en inglés).

Se considera pertinente esta forma de captura de datos, por cuanto al adelantar las investigaciones de eventos de seguridad y reportes de riesgo, se parte del acto inseguro, ya sea un error o una violación, para luego relacionarlo con las condiciones que facilitaron su presentación, las fallas en la supervisión que no capturaron antes las desviaciones y por último, las fallas que la organización pueda estar presentando desde su nivel estratégico en cuanto a factores como la administración de recursos, las políticas, los estilos de dirección, la gestión del riesgo, el diseño de procesos y procedimientos, etc.

Obteniendo esta información se asocia con las tareas propias de las actividades, los procedimientos y los procesos de la Fuerza, de forma tal que se localicen las fallas tan específica y detalladamente como sea posible dentro del funcionamiento de la Fuerza.

### 7.3.2. Modelamiento de datos.

El modelamiento de datos hace referencia a la construcción de un modelo de procesamiento de datos y medición de desempeño que permita observar el comportamiento de ciertas variables aleatorias asociadas a dichos datos, empleando recursos estadísticos. Por tanto, un modelo<sup>59</sup>

es una *Representación de la Realidad* que captura aquellos aspectos relevantes para una situación específica. Tómese el caso del plano de una construcción. El plano es, en sí mismo, una representación más o menos detallada de una entidad que existe (o va a existir) en realidad que es la construcción en sí misma. Cuando se indica que el modelo captura *aspectos*

---

<sup>59</sup> GRANADA, Jorge. Documento Servicio de Consultoría Contrato 119-00-A-COFAC-DITIN-2012 MEDICIÓN DE RIESGO OPERACIONAL FAC. Bogotá D.C. Knowledge and Integration Architects. 2012. P. 26.



*relevantes* de la realidad, se hace referencia a que, por definición, un modelo es (y debe ser) “incompleto” en el sentido de que no corresponde exactamente a la realidad, simplemente describe aquellos aspectos de mayor interés.

La modelación de datos debe realizarse porque la apreciación directa de los valores de las variables aleatorias (como son las fallas asociadas al factor humano) no aporta información útil acerca de lo que ocurre en el proceso o los procesos que se analizan, es decir, se convierte en un número frío que no da una perspectiva clara acerca de cómo comprender el comportamiento de la variable que se analiza. Esto se observa claramente en la interpretación de los datos registrados en los informes de Seguridad Operacional de los años 2011 y 2012 en el capítulo de factores humanos: se entregan estadísticas, se hacen recomendaciones pero no hay un cambio favorable en la tasa de ocurrencia de eventos.

Ahora bien, se debe tener presente que de la construcción del modelo depende la calidad y la suficiencia de la información que se logre extraer para el propósito trazado, que para este caso es la prevención de eventos de seguridad operacional y la gestión de los riesgos asociados a los factores humanos. Acerca de esto, se puede concluir que “del buen entendimiento que se tenga de cuándo un tipo de modelo particular es aplicable y del dominio que se tenga del significado de cada uno de sus parámetros, dependerá la cantidad de conocimiento o información extraída de un modelo.”<sup>60</sup>

El modelamiento de los datos se fundamenta en la parametrización de los valores de las variables que se establezcan desde su construcción. Para el caso de la presente propuesta, lo principal es establecer de qué manera se pretende observar la realidad del comportamiento del factor humano en la Fuerza. Por lo tanto, los datos no estarán en las variables mismas sino en los parámetros de análisis que se les hayan asignado.

Una vez capturada la información, pasa a un motor de modelamiento de datos. Para el caso de la Fuerza Aérea Colombiana, puede emplearse el software SuperSmith adquirido para el módulo de Confiabilidad de la Subdirección de Fiabilidad Operacional, el cual procesa datos convertidos en variables discretas de distinta naturaleza, generando reportes a partir de una distribución binomial, útil para representar situaciones donde hay una serie de ensayos y cada uno de éstos puede ser exitoso o puede ser fallido, como por ejemplo, una operación aérea. A través del seguimiento del resultado éxito / fracaso de determinadas operaciones en el tiempo, puede modelarse la probabilidad de éxito o el riesgo de fracaso que ellas tengan bajo ciertas circunstancias.

---

<sup>60</sup> *Ibid.*, P. 30.



### 7.3.3. Análisis de los datos.

De acuerdo con las figuras arrojadas por las distribuciones del sistema, se identificarán las tendencias en términos probabilísticos. Estas distribuciones tienen una propiedad “bastante importante para efectos de la medición de la seguridad aérea ya que **hacen posible calcular las probabilidades de que un número determinado de eventos se presente**; es decir, hacen posible generar estimados cuantitativos de probabilidad de ocurrencia de eventos de seguridad **a futuro**.”<sup>61</sup>

Es importante enfatizar que tales tendencias **no se deben considerar como predicciones fijas, sino como alarmas en puntos específicos de la organización, que requieren una intervención en aras de fortalecer su sistema de defensas.**

Aunque existen muchas más, las principales distribuciones (para el SuperSmith) permitirán obtener y analizar datos a través de gráficas tales como:

- 7.3.3.1. Conteo de eventos. Una tabla simple donde aparece la frecuencia de ocurrencia de una variable determinada.
- 7.3.3.2. Tendencia histórica simple. Muestra los datos históricos de ocurrencia de eventos asociados a determinado factor (previamente establecido) para intervalos de tiempo definidos.
- 7.3.3.3. Plot de Weibull. Es una gráfica que muestra tres tipos de información, como se señala enseguida:
  - 7.3.3.3.1. El promedio de falla en un intervalo de tiempo.
  - 7.3.3.3.2. El comportamiento del riesgo (incremento o decremento) con el tiempo.
  - 7.3.3.3.3. La probabilidad de ocurrencia de un evento en un intervalo de confianza determinado, bajo unas condiciones establecidas.
- 7.3.3.4. Densidad de probabilidad. Arroja la probabilidad relativa según la cual una variable aleatoria continua tomará un valor determinado en un rango dado. Se compone por tres líneas, así:
  - 7.3.3.4.1. Una línea central que indica la respuesta media de un parámetro en función de un evento de seguridad.
  - 7.3.3.4.2. Una línea izquierda que indica la estadística mínima probable para un intervalo de tiempo, empleando un intervalo de confianza establecido.

---

<sup>61</sup> *Ibíd.*, P. 38.



7.3.3.4.3. Una línea derecha que indica la estadística máxima probable para un intervalo de tiempo, empleando un intervalo de confianza establecido.

7.3.3.5. Determinación de tiempo medio entre eventos. Establece los intervalos de tiempo promedio que transcurre entre la ocurrencia de los eventos asociados a determinados factores.

Una vez obtenidos e interpretados los datos, se puede obtener un esquema funcional (dinámico) de las fallas ocurridas en la organización, a partir del que se establecen las prioridades de intervención, sobre las cuales se construirán las estrategias de prevención y se adelantarán las acciones necesarias para la gestión de sus riesgos asociados.

Vale destacar que, al comprender que la Fuerza Aérea como un sistema, la prevención deberá plantearse como una estrategia de intervención específica y ajustada a la dinámica particular de los componentes asociados con la generación de las fallas humanas en un momento determinado. Por lo tanto, los programas de prevención serán herramientas aplicables de manera flexible, pero no serán la única herramienta; además, estarán concatenados con otro tipo de acciones previamente formuladas dentro de la estrategia para alcanzar la meta deseada en materia de seguridad operacional y reducción de la tasa de accidentalidad.

#### 7.3.4. Alcance del modelo.

Considerando que la definición clásica de la confiabilidad se enfoca en la predicción, el análisis y la reducción del error humano, centrándose en “el papel de la persona en las operaciones de diseño, mantenimiento, uso y administración de un sistema sociotécnico”<sup>62</sup>, es relevante insistir que la propuesta del presente trabajo concibe la confiabilidad humana como una herramienta de prevención de eventos de seguridad operacional, por cuanto brinda información útil con respecto a las deficiencias presentes en un metasistema (Fuerza Aérea Colombiana) en cuyo interior funciona un sistema tecnológico complejo (operaciones aéreas); información que, debidamente gestionada, se convierte en el insumo para la formulación de estrategias que propendan por el fortalecimiento de las defensas de la organización, insertando cambios que una vez se instalen en el tiempo, coadyuvarán al afianzamiento de la seguridad operacional.

En ese orden de ideas, los datos y los análisis obtenidos a partir de su procesamiento deben apoyar la toma de las decisiones relacionadas con la

---

<sup>62</sup> MEJÍA, Nicolás. Modelo sistémico de confiabilidad humana en una aplicación de justicia alternativa. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. 2012. [En línea] <http://www.sepi.esimez.ipn.mx/msistemas/archivos/Mejia%20Chavez%20Nicolas.pdf#page78> P. 28.



gestión de la seguridad operacional, en los diferentes niveles del mando. En concordancia, se espera que el Modelo de Confiabilidad Humana para la Fuerza Aérea Colombiana sea útil para asumir los desafíos que se mencionan a continuación.

7.3.4.1. Identificar los peligros y evaluar los riesgos asociados a los factores humanos en la Fuerza Aérea Colombiana (como sistema), en los niveles estratégico, operacional y táctico, de acuerdo con los hallazgos clasificados en la taxonomía HFACS, de modo que se tenga claro que, si bien es cierto se debe intervenir sobre el individuo que comete el acto inseguro, no es menos cierto que éste es sólo el reflejo de un funcionamiento organizacional inadecuado que también debe ser intervenido. Por lo tanto, éste (y cualquier) modelo de confiabilidad tiene una aplicación dirigida más hacia el nivel estratégico, buscando apoyar la toma de decisiones del alto mando referidas al afianzamiento de las defensas organizacionales.

7.3.4.2. Establecer las estrategias de prevención requeridas para reforzar las defensas de la organización. Dichas estrategias se deben formular de manera particular, específica y delimitada por las condiciones o circunstancias del contexto institucional, de forma que realmente se ajusten a las necesidades de la Fuerza. Pueden incluir la ejecución de programas, pero sólo como una herramienta que refuerce el efecto de otras acciones contundentes tendientes a la eliminación, mitigación o control de las fallas encontradas.

No obstante lo anterior y siendo consecuentes con las afirmaciones de Chiavenato<sup>63</sup>, toda organización tiene sus propias reglas de funcionamiento y tiende a mantenerlas constantes, buscando llegar a una meta particular. Dentro de estas reglas de funcionamiento se hallan las funciones, las normas y los valores, principales componentes de cualquier sistema social.

Las funciones, las normas y los valores se convierten en el marco de referencia de la actuación humana dentro del sistema, más aun tratándose de un sistema tecnológico de alto impacto, donde las decisiones y las acciones fallidas pueden resultar en desastre. Este marco de referencia para el caso de la FAC, tiene su mejor representación en las técnicas, las tácticas y los procedimientos, piezas angulares para desarrollar claramente los conceptos de qué está bien y qué está mal dentro de la operación aérea; qué es adecuado y qué está

---

<sup>63</sup> CHIAVENATO, Idalberto. Op. Cit. P. 419.



por debajo del estándar de desempeño esperado, lo cual brinda parámetros claros de actuación a todos sus integrantes, en todos los niveles del mando, es decir, que su caracterización, documentación, difusión y entrenamiento se convierten en elementos claves y esenciales para la prevención operacional.

Para ilustrar lo anterior, cuando se encuentra una alta tasa de errores en la ejecución de procedimientos en un equipo X, asociada a fallas en el entrenamiento, una doctrina insuficiente y deficiencias en la administración del personal de ese escuadrón específico, puede plantearse una estrategia de prevención con acciones tales como:

- 7.3.4.2.1. Identificar las desviaciones habituales comunes a todos los pilotos en la operación del equipo.
- 7.3.4.2.2. Verificar las posibles fallas en la aplicación de los puntos de control institucionales relacionados con los procedimientos que han sufrido la desviación (manual de tareas, manual de empleo, estandarización, supervisión operacional, plan de instrucción y entrenamiento, proyección de la planta).

Una vez obtenidos estos datos, pueden plantearse las siguientes correcciones:

- 7.3.4.2.1. Controlar o eliminar las desviaciones (deriva práctica) en la ejecución de los procedimientos a través del cabal cumplimiento de los planes de instrucción y entrenamiento para el reentrenamiento y el control anual de vuelo, la actualización de todos los PIEs correspondientes, así como la estandarización en vuelo (no sólo documental) de las maniobras donde se identificaron las fallas.
- 7.3.4.2.2. Cambiar los esquemas de capacitación y entrenamiento, según las necesidades y los requerimientos del personal del escuadrón, buscando reforzar las áreas que puedan conllevar falencias, tales como falta de experiencia de los pilotos por ser su primera autonomía de vuelo, poco personal en el equipo, lapsos largos de operación en lugares diferentes a la unidad, donde no se hace supervisión, etc.
- 7.3.4.2.3. Generar modelos de competencias funcionales para la proyección de las plantas operativas, buscando desarrollar tales competencias desde antes que el personal cumpla los requisitos para determinado cargo crítico en cabina (piloto instructor, piloto de pruebas, piloto supervisor, piloto estandarizador).
- 7.3.4.2.4. Alinear o ajustar las técnicas, las tácticas y los procedimientos propios de la operación del equipo y de las misiones que éste desarrolla, de modo que sus flujos de tarea aseguren una toma de decisiones adecuada por parte de la tripulación.



Como puede observarse en la situación del anterior ejemplo, las acciones que se proponen no van a “atacar” a un individuo sino que abordan el acto inseguro (desviación del procedimiento) más todas aquellas interacciones y componentes que facilitan que ese individuo se equivoque. También es posible ver que la prevención no recae en una sola dependencia o en una sola persona, sino que exige el concurso de varios actores, tanto de la unidad como del nivel central de la Fuerza. Por último, algunas de las acciones citadas aplican también a otros equipos, por tanto, están apuntando al refuerzo de un sistema de defensas no a la corrección de un evento en particular.

7.3.4.2.5. Establecer la relación entre los resultados de seguridad operacional asociados al factor humano y los requerimientos de las variables de la demanda operacional, tales como el aumento de horas voladas, la diversificación de las misiones típicas de un equipo, el tiempo medio de una misión para un equipo, nueva tecnología, nuevas aeronaves, etc. Lo anterior con el fin de emplear las predicciones probabilísticas en la estructuración de planes de intervención inmediatos para el sistema de defensas de la Fuerza frente a los nuevos elementos y los nuevos retos de su operación.

7.3.4.2.6. Disminuir el reproceso, entendido éste como la acción tomada sobre un producto no conforme cuando no cumple los requisitos del cliente, generando nuevos costos, represamiento de tareas y sobrecarga laboral, por cuanto se convierte en un imprevisto por resolver que se suma a las exigencias cotidianas.

7.3.4.3. Si se logra identificar la confiabilidad de la misión aérea, incluyendo la de la información de inteligencia y del comportamiento humano en el desarrollo de las operaciones, puede llegarse a plantear un rango de estabilidad del comportamiento de la seguridad, el cual se constituiría como el Nivel Aceptable de Seguridad Operacional (NASO), con lo cual la Fuerza se actualizaría casi medio siglo con respecto a otros sistemas aeronáuticos del mundo.

### **7.3.5. Limitaciones del modelo.**

7.3.5.1. Se requiere de un método de investigación en factores humanos estandarizado al detalle, de forma que quienes la realizan puedan clasificar bajo el mismo parámetro los factores contribuyentes a un evento de seguridad.

7.3.5.2. Con el fin de relacionar automáticamente los factores contribuyentes con los procesos, procedimientos, actividades y tareas, es preciso establecer este árbol de desagregación en cada uno de los procesos de

la Fuerza e ingresarlo a un software compatible con SuperSmith y SIGSO, trabajo que deberá encargarse a un grupo de personas idóneas en el diseño de cargos, durante un tiempo más o menos prolongado.

7.3.5.3. La operación del software, la parametrización de la información, así como la interpretación de resultados necesita de una capacitación básica y un entrenamiento en estadística descriptiva e inferencial con aplicación a la fiabilidad operacional, así como en la aplicación e interpretación del modelo HFACS.

### **7.3.6. Propuesta para la implementación.**

7.3.6.1. Fase 1. Preliminares.

7.3.6.1.1. Socialización del modelo de confiabilidad humana dentro del proceso de Seguridad Operacional (IGEFA y DESOP).

7.3.6.1.2. Capacitación y entrenamiento al personal responsable de la implementación del modelo, en:

7.3.6.1.2.1. Estadística descriptiva e inferencial aplicada a la fiabilidad operacional.

7.3.6.1.2.2. Investigación de eventos de seguridad y reportes de riesgo operacional a través de la metodología HFACS.

7.3.6.1.3. Estandarización del modelo de investigación para EVESOs y SAIROs.

7.3.6.2. Fase 2. Caracterización y sistematización del árbol de procesos.

7.3.6.2.1. Desglose de procesos en procedimientos, éstos en actividades y éstas en tareas o hasta el nivel que sea requerido.

7.3.6.2.2. Sistematización de la información anterior en un motor de procesamiento compatible con los programas y herramientas con los que ya cuenta la Fuerza (SIGSO y SuperSmith).

7.3.6.2.3. Enlace de los datos del árbol de procesos con el SIGSO y el SuperSmith.

7.3.6.3. Fase 3. Estructuración del modelamiento de los datos y de los reportes requeridos para la gestión de la prevención operacional.

7.3.6.3.1. Categorización de los datos.

7.3.6.3.2. Parametrización de las distribuciones.



7.3.6.3.3. Formas de interpretación de los datos, formas de reporte y periodicidad de los informes.

7.3.6.4. Fase 4. Ejecución de pruebas y ajustes al modelo.

7.3.6.4.1. Alimentación del software.

7.3.6.4.2. Monitoreo de los resultados.

7.3.6.4.3. Retroalimentación por parte de SUPRO, SUNOP y DESOP.

7.3.6.4.4. Aplicación de ajustes.

7.3.6.5. Fase 5. Implementación del modelo.

Puesta en funcionamiento del modelo en todas las unidades de la Fuerza.

## 8. CONCLUSIONES

La Fuerza Aérea Colombiana funciona como un meta-sistema, es decir, un sistema de sistemas, que incluye a operaciones aéreas, concebido a su vez como un sistema tecnológico complejo. Al comprenderlo así, es posible entender que las fallas en alguno de sus componentes o los errores de alguno de sus integrantes son el reflejo de algo que funciona inadecuadamente en la dinámica del sistema total. Los errores no pueden seguir concibiéndose como fallas circunscritas a las limitaciones del individuo que las comete, deben concatenarse con las condiciones donde se desarrolla la actividad humana, los controles que los niveles de supervisión deben ejercer y las prácticas organizacionales que enmarcan todo el contexto organizacional.

Lo anterior tiene varias implicaciones como se expone a continuación.

Primero, las fallas deben ser estudiadas desde una perspectiva compleja, contextualizadas en el tiempo y en la dinámica propia del momento en que se presentan para generar las recomendaciones pertinentes, pero también deben ser cuantificadas y analizadas desde un modelo matemático que permita identificar los puntos de quiebre en dicha dinámica.

En ese sentido, una segunda implicación tiene que ver con una forma diferente de desarrollar la prevención dentro de la organización. Se debe partir de la premisa indiscutible que para hacer prevención se debe conocer qué está fallando. No obstante lo anterior, hasta ahora los resultados en materia de seguridad operacional no demuestran que las acciones preventivas asociadas al factor humano tengan un resultado favorable, lo cual se debe en parte a que no hay una identificación concreta y detallada de dónde están las fallas asociadas a la actuación humana. Por lo tanto, y sabiendo que se trata de un meta-sistema, es imperativo hacer la transición de acciones aisladas de prevención hacia la gestión de la prevención, fundamentada en datos que reflejen el comportamiento de la organización y brinden información útil, oportuna y pertinente para la toma de decisiones.

En concordancia, las modificaciones que se hagan en materia de prevención no pueden resultar en acciones aisladas, deben obedecer a una estrategia acorde con la dinámica del sistema, debiendo proyectarse en el tiempo, ya que por el tamaño de éste, sus resultados no serán inmediatos. Sin embargo, tal estrategia debe incluir la intervención inmediata sobre el individuo una vez detectada la falla, al tiempo que se va realizando la intervención sobre el sistema. Es importante enfatizar que no se puede dar prioridad a alguno de los dos (hombre o sistema) en detrimento del otro, pues haciendo alusión al principio dialógico del pensamiento complejo, son las dos caras de la misma moneda, sin uno el otro está incompleto.



Por su parte, los datos necesarios para estructurar una estrategia de prevención pueden obtenerse a partir de un modelo de confiabilidad aplicado al comportamiento humano, teniendo como antecedente el desarrollo de la confiabilidad técnica que ha alcanzado la Fuerza en el área de operaciones logísticas. La aplicación de estos modelos de confiabilidad técnica y humana pueden convertirse en una potente herramienta de identificación de fallas del sistema para que, a través de sus predicciones, el mando pueda tomar acciones y decisiones antes que se presenten tales fallas, logrando así mantener la organización dentro de una franja de oscilación cada vez menor de accidentalidad, lo cual puede llegar a constituirse como el nivel aceptable de seguridad operacional, indicador fundamental para orientar los esfuerzos en materia de prevención de accidentes.

Además y siendo consecuente con la concepción compleja planteada a lo largo del documento, la construcción e implementación del Modelo de Confiabilidad Humana para la Fuerza Aérea Colombiana exige asumir una nueva perspectiva de comprensión de los factores humanos, trascendiendo la visión tradicional circunscrita a la certificación de la aptitud psicofísica y el estudio de las limitaciones humanas inherentes al desempeño del hombre dentro del medioambiente de la aviación, para convertirse en el estudio de las actuaciones, interacciones y patrones comportamentales que tienen lugar en los escenarios asociados a la aviación, que le brindan a la institución una dinámica única y particular acorde con las costumbres, prácticas, políticas y creencias que le dan cuerpo a una cultura de seguridad característica del sistema.

Por consiguiente, teniendo presente que las funciones, las normas y los valores son piezas fundamentales de la estructura de todo sistema social, esta afirmación cobra mayor relevancia cuando se la transfiere a un sistema social implícito en un sistema tecnológico de alto impacto, donde cada actuación y cada decisión puede tener efectos fatales. Por lo tanto, el trabajo continuado en el afianzamiento del comportamiento ético, por un lado, y en la caracterización, la documentación, la difusión y el entrenamiento en las técnicas, tácticas y procedimientos que regulan la actuación humana dentro de este meta-sistema por el otro, se convierte en pilar esencial de una dinámica organizacional garante de la supervivencia y de la legitimidad institucional.

Cabe explicitar que el presente trabajo constituye una propuesta basada en una lectura de los resultados de seguridad operacional en los últimos años, comparados con el funcionamiento de la Fuerza Aérea Colombiana a la luz de la Teoría General de los Sistemas y el paradigma de la complejidad, concatenados con una revisión de metodologías para la medición del error humano, lo cual fundamentó un modelo de confiabilidad humana cuyo diseño y puesta en marcha conlleva la participación de diversos actores, entre ellos, pilotos, técnicos, oficiales de seguridad operacional y oficiales psicólogos.

## 3. RECOMENDACIONES

En consecuencia, lleva inherente la conjugación de varios saberes que a la postre, serán fundamentales también en la formulación de las estrategias de prevención y de gestión del riesgo, dejando en evidencia que éstos no son temas de responsabilidad única del proceso de Seguridad Operacional, sino una cooperación sinérgica de todos los procesos de la Fuerza.

Finalmente, la implementación y puesta en marcha de este modelo le permitirá a la Fuerza ser la primera institución de aviación en Colombia que incursione en la confiabilidad humana, una razón más para posicionarse como autoridad aeronáutica nacional y regional.

Concordante con lo anterior y con el fin de afianzar los valores al Modelo de Confiabilidad Humana, es indispensable estandarizar la metodología de captación, recolección y análisis de los datos asociados con las fallas humanas. Por consiguiente, se hace necesario establecer una metodología homogénea de investigación de eventos de seguridad operacional asociados con factores humanos y definir la taxonomía de los resultados de la misma. Así mismo, se debe establecer la misma metodología para la elaboración de los reportes de riesgo operacional (SAIRO) asociados con fallas humanas.

Así mismo, se requiere capacitar en el tema de confiabilidad a los oficiales de estado y los oficiales psicológicos y de personal que se considere oportuno para la implementación del Modelo de Confiabilidad Humana. Este modelo es aplicable en cualquier ámbito de la Fuerza.

De otro lado, con respecto al procedimiento de Gestión del Riesgo SO-PR-3 V3 del proceso de Seguridad Operacional FAC (ver anexo), se considera oportuna efectuar su actualización, modificando los siguientes elementos:

- **RECURSOS.** Se debe incluir el Módulo de Confiabilidad para la Gestión del Riesgo y cambiar la Directiva 041 de 2009 por la Directiva 014 de 2013 de Prevención de Eventos de Seguridad Operacional que es el documento vigente.
- **ENTRADA 5.** Clasificación de los hallazgos de los EYESOs y SAIROs (asociados a factores humanos) de acuerdo a la taxonomía HFACS.
- **SAIROs.** Cambiar "informes estadísticos de fallas organizacionales" por "Reportes de confiabilidad humana".



## 9. RECOMENDACIONES

Con base en la revisión documental adelantada y con miras a la implementación del Modelo de Confiabilidad Humana para la Fuerza Aérea Colombiana, se plantean las siguientes recomendaciones.

En primer lugar, se hace imperativo estandarizar un concepto de Factores Humanos referido al estudio de las actuaciones, interacciones y patrones comportamentales humanos, que tienen lugar en los escenarios asociados a la desarrollo de la operación aérea, más allá de las limitaciones del desempeño del individuo en el medioambiente aéreo.

Concordante con lo anterior y con el fin de entregarle los insumos al Modelo de Confiabilidad Humana, es indispensable estandarizar la metodología de captura, recolección y análisis de los datos asociados con las fallas humanas. Por consiguiente, se hace necesario establecer una metodología homogénea de investigación de eventos de seguridad operacional asociados con factores humanos y tipificar la taxonomía de los resultados de la misma. Así mismo, se debe establecer la misma metodología para la investigación de los reportes de riesgo operacional (SAIRO) asociados con fallas humanas.

Así mismo, se requiere capacitar en el tema de confiabilidad a los oficiales de seguridad, a los oficiales psicólogos y demás personal que se considere pertinente, no sólo por su necesidad en la implementación del modelo de confiabilidad humana, sino porque puede aplicarse en diferentes ámbitos de la Fuerza.

De otro lado, con respecto al procedimiento de Gestión del Riesgo SO-PR-5 V3 del proceso de Seguridad Operacional FAC (ver anexo), se considera oportuno efectuar su actualización, modificando los siguientes elementos:

- **RECURSOS.** Se debe incluir el Módulo de Confiabilidad para la Gestión del Riesgo y cambiar la Directiva 041 de 2009 por la Directiva 014 de 2013 de Prevención de Eventos de Seguridad Operacional, que es el documento vigente.
- **ENTRADAS.** Clasificación de los hallazgos de los EVESOs y SAIROs (asociados a factores humanos) de acuerdo a la taxonomía HFACS.
- **SALIDAS.** Cambiar “Informes estadísticos de fallas organizacionales” por “Reportes de confiabilidad humana”.

## BIBLIOGRAFÍA

- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.

- Incluir un paso entre los pasos 2 y 3, consistente en la investigación del reporte de riesgo operacional asociado con factores humanos.
- Incluir un paso entre los pasos 8 y 9, donde se haga seguimiento del comportamiento del riesgo por factor humano, después de implementadas las medidas de control y/o mitigación del mismo.
- Modificar en el paso No. 11, "Informes estadísticos de fallas organizacionales" por "Reportes de confiabilidad humana".

- GLOSARIO. Adicionar los conceptos de "Factores Humanos" y "Confiabilidad Humana".

Por último, se sugiere que a partir de los modelos de confiabilidad técnica y confiabilidad humana, se proyecte la construcción del modelo de confiabilidad operacional para la Fuerza Aérea Colombiana. La conjunción de los tres puede fundamentar la formulación del nivel aceptable de seguridad operacional, indicador indispensable para la construcción de políticas tendientes al fortalecimiento de la cultura positiva en seguridad operacional.



## BIBLIOGRAFÍA

ALMENDOLA, Luis, Modelo de Confiabilidad Humana en la Gestión de Activos. Universidad Politécnica de Valencia. [En línea] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0604AmendConf.pdf>. 11 p.

COOPER, S.E. et al. A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA). Technical Basis and Methodology Description. Prepared for U.S. Nuclear Regulatory Commission. NUREG/CR-6350 BNA-NUREG-52467. Washington D.C. 1996. [En línea] <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1200/ML120090039.pdf> 114 p.

CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la Teoría General de la Administración. Séptima Edición. México D.F.: McGraw Hill Latinoamericana. 2007. 582 p.

DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD AÉREA. Oficio No. 20101750468793 del 18-MAY-2010 / MDN-CGFM-FAC-COFAC-JEMFA-EMSEG-86.10. Anexo "Listado de problemas más comunes que han sido detectados como generadores de factores de riesgo, con un impacto negativo en la seguridad aérea de la fuerza". Bogotá D.C. 2010.

DIRECCIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL. Informe de Seguridad Operacional año 2012. Subdirección de Fiabilidad Operacional. Bogotá D.C. 2013.

DIRECCIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL. Informe de Seguridad Operacional año 2011. Subdirección de Fiabilidad Operacional. Bogotá D.C. 2012.

DIRECCIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL. Programa para el Fortalecimiento de La operación Íntegra y Responsable – FLIR (versión 2). Subsección Psicología Aeronáutica. Bogotá D.C. 2012.

DIRECCIÓN DE SEGURIDAD OPERACIONAL. Indicadores de Seguridad Aérea. Subdirección de Prevención Operacional, Sección Prevención. Bogotá D.C. 2011.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Manual de Doctrina Básica y Espacial (MADBA) FAC-0-E-PÚBLICO. Cuarta edición. Bogotá D.C. 2013.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Manual de Gestión de Seguridad Operacional FAC 3-007. Bogotá D.C. 2010.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Plan de Calidad en Mantenimiento. Jefatura de Operaciones Logísticas. Bogotá D.C. 2010.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Plan de Calidad de Operaciones Aéreas. Versión 2. Jefatura de Operaciones Aéreas. Bogotá D.C. 2012.

FUERZA AÉREA COLOMBIANA. Plan Estratégico de Seguridad Aérea 2007 – 2019. Bogotá D.C. Inspección General FAC – Departamento de Seguridad Aérea. 2007. 43 p.

GRANADA, Jorge. Documento Servicio de Consultoría Contrato 119-00-A-COFAC-DITIN-2012 MEDICIÓN DE RIESGO OPERACIONAL FAC. Bogotá D.C. Knowledge and Integration Architects. 2012. 50 p.

HERNÁNDEZ, Roberto et al. Metodología de la investigación. México D.F. Editorial McGraw Hill. 1997.

INSPECCIÓN GENERAL FUERZA AÉREA. DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD AÉREA. Programa de Factores Humanos. Bogotá D.C. 2007. 30 p.

KERN, Tony. Culture, environment & CRM. Controlling Pilot Error Series. New York: Ed. McGraw Hill. 2001. 210 p.

LABARCA, Alexis. Módulo 4. Los métodos de investigación aplicados a las ciencias de la conducta. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago de Chile. 2001. [En línea] <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/METODOLOGIA%20DE%20INVESTIGACION/Los%20metodos%20de%20investigacion.%20Aplicados%20a%20las%20ciencias%20de%20la%20conducta.pdf>

LEPLAT, J. TERSAAC, G., Les facteurs humains de la fiabilité. Marseille: Ed. Octares 1990.

MEJÍA, Nicolás. Modelo sistémico de confiabilidad humana en una aplicación de justicia alternativa. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. 2012. [En línea] <http://www.sepi.esimez.ipn.mx/msistemas/archivos/Mejia%20Chavez%20Nicolas.pdf#page78>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Circular de asesoramiento No 121 – 85 – 01. Lima. [En línea] <http://www.mtc.gob.pe>.

MORIN, Edgar. Introducción al pensamiento complejo. Traducción de Marcelo Pakman. Barcelona: Editorial Gedisa S.A. 1990. 167 p.

RAMÍREZ M., Juan C. Presentación para las unidades aéreas – año 2012. [En diapositivas] Bogotá D.C. Inspección General Fuerza Aérea. 2012.



REASON, James. Human Error. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. 302 p.

RUIZ-MORENO, Juan. TRUJILLO, Humberto. Modelos para la evaluación del error humano en estudios de fiabilidad de sistemas. En: Anales de Psicología. Volumen 28. No. 3 (Octubre). Murcia, España: Universidad de Murcia. 2012. P. 963 – 977. [En línea] <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.28.3.148941>

SABOGAL, Ever. Informe de Seguridad Aérea (borrador). Departamento de Seguridad Aérea. Bogotá D.C. 2007.

SHAPPELL, S & WIEGMANN, D. Human Factors Accident Classification System - HFACS. Washington D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration. 2000. 19 p.

SILVA, Pedro. ¿Es posible calcular la confiabilidad humana? [En diapositivas] Pedro Silva Consultores SAS. Ministerio del Trabajo. España. 2010. [En línea] [http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/es\\_posible\\_calcular\\_la\\_confiabilidad\\_humana.pdf](http://confiabilidad.net/assets/uploads/art/PDF/es_posible_calcular_la_confiabilidad_humana.pdf)

VON BERTALANFFY, Ludwig. Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Traducción de Juan Almela. Séptima reimpresión. México D.F.: Fondo de Cultura Económica. 1989. 331p.

## ANEXO

### PROCEDIMIENTO GESTIÓN DEL RIESGO FAC SO-PR-5 V3

<b>OBJETIVO</b>	Establecer la metodología para identificar peligros, y evaluar la gestión de los riesgos de seguridad aérea en la Fuerza Aérea Colombiana.
<b>ALCANCE</b>	<p><b>Desde:</b> El inicio y/o planeación de todas las operaciones tipo que se desarrolle en la FAC, incluyendo todo proceso y/o procedimiento que afecte su gestión.</p> <p><b>Hasta:</b> El término de la misión planeada Este procedimiento debe ser desarrollado por los DESOP en las unidades aéreas.</p>
<b>RESPONSABLE</b>	Director de Seguridad Operacional FAC y Jefe Departamento de Seguridad Operacional en las Unidades.
<b>RECURSOS</b>	Microsoft office, filmadora, cámara fotográfica, documentos estratégicos, papelería, manuales, reglamentaciones, computador, sistema de información de Gestión en seguridad aérea (SIGSO), mapas, manual de normas y rutas, directiva 041, programas de prevención.

<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>
PROCESOS FAC	Desarrollo de Operaciones Tipo de acuerdo a los requerimientos con su gestión
ENTIDADES ASESORAS EN SEGURIDAD OPERACIONAL	Capacitaciones, asesorías y prestación de servicios en materia de Seguridad Operacional
SUBDIRECCION DE PREVENCIÓN OPERACIONAL	Directiva permanente 041/2009 de Seguridad Aérea, Manual de Gestión de Seguridad Operacional FAC 3-007 Publico, Manual de Seguridad Industrial FAC, Manual conformación de los Comités de Salud Ocupacional, Programa Preventivo de Accidentes Deportivos, Programa Preventivo de Accidentes de Tránsito, Programa Preventivo de accidentes con armas de fuego. Visitas de acompañamiento y auditorias en los sitios de trabajo de las Unidades.
SUBDIRECCION DE INVESTIGACION OPERACIONAL	Recomendaciones y resultados de análisis de hechos ocurridos (fallas-EVESAS), y ATEP.
UNIDADES FAC	Informes mensuales de gestión de los Programas de Seguridad Operacional. Estadísticas mensuales de EVESAS/ Accidentalidad y ausentismo laboral. Reporte del seguimiento de casos de enfermedad profesional del personal civil Ley 100. Reporte de SAIROS/IRI



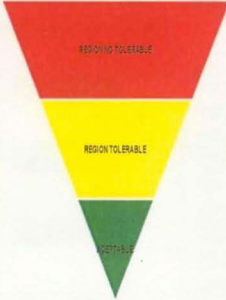
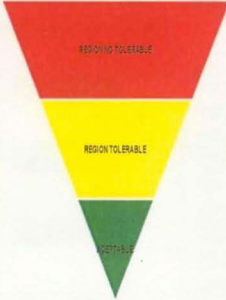
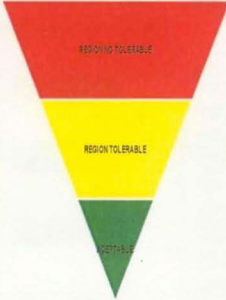
CLIENTES	SALIDAS
FAC	<p>Panorama de identificación de peligros y evaluación de riesgo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendaciones de Análisis de Peligros Operacionales (Aéreo e Industrial)</li> <li>• Informes de análisis de tendencias y comportamientos de la Seguridad Operacional.</li> <li>• Apoyo técnico en capacitaciones y asesorías de implementación de Fiabilidad Operacional FAC.</li> </ul>
IGEFA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes estadísticos de fallas organizacionales.</li> <li>• Recomendaciones de visitas de Seguridad Operacional.</li> <li>• Asesoría y capacitación en la implementación y desarrollo del área de fiabilidad operacional a cada una de las Unidades FAC.</li> </ul>

#### DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1	Conformación del equipo de observación de identificación de peligros operacionales.	<p>Es el grupo de personas que permite <b>identificar</b> los peligros operacionales en cada una de las áreas establecidas en este procedimiento a través de los SAIROS, Visitas de acompañamiento, informes de análisis, diagnósticos de puestos de trabajo y mecanismos de observación garantizando su evaluación, análisis, para el desarrollo óptimo de las operaciones aéreas el cual estará conformado por :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Departamento de Seguridad Operacional (Comando-Unidades).</li> <li>• Fiabilidad Operacional (Comando).</li> <li>• Salud Ocupacional (Comando-Unidades).</li> <li>• Osas de los Grupos de Combate, Educación Aeronáutica, Técnico e Inteligencia.(Jefaturas-Unidades).</li> <li>• Personal experto en el área a identificar y evaluar.(proceso)</li> </ul>	<p>Director de Seguridad Operacional COFAC y Jefe departamento de seguridad operacional de la unidad</p>

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
2	Identificación explícita de peligros operacionales de acuerdo a las siguientes áreas.	<p>El observador de peligros debe diligenciar el formato que se encuentra en INTRANET en el link sistema Anónimo de Reporte de Riesgo Operacional y tener presente las formas, FAC-3-425T, FAC 3-429T. de acuerdo a la siguiente clasificación. y en caso de requerir elaboración de mapa de riesgo utilizar FAC-3-431T.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operaciones Vuelo</li> <li>• Operaciones de Vuelo desde Base de Lanzamiento</li> <li>• Factores Humanos</li> <li>• Aeronavegabilidad</li> <li>• Entrenamiento de Vuelo</li> <li>• Servicios de Tránsito Aéreo</li> <li>• Transporte Mercancías Peligrosas</li> <li>• Armamento aéreo</li> <li>• Instalaciones de pista, calles de rodaje, rampa, hangares, talleres</li> <li>• Aeronaves no tripuladas</li> <li>• Abastecimientos</li> </ul> <p><b>PUNTO DE CONTROL</b></p>	<p>Subdirección de Fiabilidad Operacional FAC y Jefe Departamento de Seguridad Operacional de la Unidad</p>



No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE												
3	Análisis y priorización para su evaluación	<p data-bbox="523 288 1034 349"><b>VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO RESULTANTE</b></p> <table border="1" data-bbox="517 455 1145 1359"> <thead> <tr> <th data-bbox="517 455 775 594">  </th> <th data-bbox="775 455 971 594">ÍNDICE DE EVALUACIÓN DE RIESGO TOLERABLE</th> <th data-bbox="971 455 1145 594">CRITERIO ACEPTABLE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="517 594 775 840"></td> <td data-bbox="775 594 971 840"><b>5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A</b></td> <td data-bbox="971 594 1145 840">Inaceptable bajo las circunstancias existentes.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="517 840 775 1222"></td> <td data-bbox="775 840 971 1222"><b>5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D 2A, 2B, 2C</b></td> <td data-bbox="971 840 1145 1222">Aceptable de acuerdo a la mitigación del riesgo, con base en la ejecución de las acciones emitidas en la columna No. 06 del formato FAC 3-425T.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="517 1222 775 1359"></td> <td data-bbox="775 1222 971 1359"><b>3E, 2D, 2E, 1<sup>a</sup>, 1B 1C, 1D, 1E</b></td> <td data-bbox="971 1222 1145 1359">Aceptable por la dirección</td> </tr> </tbody> </table>		ÍNDICE DE EVALUACIÓN DE RIESGO TOLERABLE	CRITERIO ACEPTABLE		<b>5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A</b>	Inaceptable bajo las circunstancias existentes.		<b>5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D 2A, 2B, 2C</b>	Aceptable de acuerdo a la mitigación del riesgo, con base en la ejecución de las acciones emitidas en la columna No. 06 del formato FAC 3-425T.		<b>3E, 2D, 2E, 1<sup>a</sup>, 1B 1C, 1D, 1E</b>	Aceptable por la dirección	Subdirección de Fiabilidad Operacional FAC
			ÍNDICE DE EVALUACIÓN DE RIESGO TOLERABLE	CRITERIO ACEPTABLE											
	<b>5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A</b>	Inaceptable bajo las circunstancias existentes.													
	<b>5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D 2A, 2B, 2C</b>	Aceptable de acuerdo a la mitigación del riesgo, con base en la ejecución de las acciones emitidas en la columna No. 06 del formato FAC 3-425T.													
	<b>3E, 2D, 2E, 1<sup>a</sup>, 1B 1C, 1D, 1E</b>	Aceptable por la dirección													
<p data-bbox="523 1426 1139 1657">Con el fin de garantizar que las acciones correctivas en la columna 07 de la forma FAC3-425T permitan una <b>gestión de seguridad</b> aérea efectiva se debe de evaluar de nuevo el índice de riesgo tolerable mediante la combinación de la Probabilidad y la Severidad) con base en la escala establecido en el numeral 3.0.</p>															

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE															
4	Evaluación del peligro operacional	<p><b>PROBABILIDAD:</b></p> <p>El equipo observador de peligros debe elaborar la <b>valoración del peligro</b> en términos de probabilidad y severidad quedando definido como un riesgo operacional, asegurando su reducción, eliminación y/o mitigación tanto como sea posible teniendo en cuenta todas las entradas del procedimiento.</p> <table border="1" data-bbox="523 588 1023 956"> <tr> <td><b>Frecuente:</b></td> <td>Que ocurra de 01 a 03 veces cada 010 días (ha ocurrido frecuentemente)</td> <td><b>5</b></td> </tr> <tr> <td><b>Ocasional:</b></td> <td>Que ocurra de 01 a 03 veces cada 030 días (ha ocurrido infrecuentemente)</td> <td><b>4</b></td> </tr> <tr> <td><b>Remoto:</b></td> <td>Que ocurra de 01 a 03 veces cada 180 días (ocurre raramente)</td> <td><b>3</b></td> </tr> <tr> <td><b>Improbable:</b></td> <td>Que ocurra de 01 a 03 veces cada 365 días (no se conoce que haya ocurrido)</td> <td><b>2</b></td> </tr> <tr> <td><b>Extremadamente improbable:</b></td> <td>Que ocurra de 01 a 03 veces cada dos años.</td> <td><b>1</b></td> </tr> </table>	<b>Frecuente:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 010 días (ha ocurrido frecuentemente)	<b>5</b>	<b>Ocasional:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 030 días (ha ocurrido infrecuentemente)	<b>4</b>	<b>Remoto:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 180 días (ocurre raramente)	<b>3</b>	<b>Improbable:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 365 días (no se conoce que haya ocurrido)	<b>2</b>	<b>Extremadamente improbable:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada dos años.	<b>1</b>	Subdirección de Fiabilidad Operacional FAC
		<b>Frecuente:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 010 días (ha ocurrido frecuentemente)	<b>5</b>														
		<b>Ocasional:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 030 días (ha ocurrido infrecuentemente)	<b>4</b>														
		<b>Remoto:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 180 días (ocurre raramente)	<b>3</b>														
		<b>Improbable:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada 365 días (no se conoce que haya ocurrido)	<b>2</b>														
		<b>Extremadamente improbable:</b>	Que ocurra de 01 a 03 veces cada dos años.	<b>1</b>														
		<b>Severidad.</b>																
		<table border="1" data-bbox="523 1066 995 1205"> <tr> <td><b>Catastrófico:</b></td> <td>ACCIDENTE (de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)</td> <td><b>VALOR A</b></td> </tr> </table>	<b>Catastrófico:</b>	ACCIDENTE (de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR A</b>													
		<b>Catastrófico:</b>	ACCIDENTE (de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR A</b>														
		<table border="1" data-bbox="523 1214 995 1308"> <tr> <td><b>Peligroso:</b></td> <td>RELES(de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)</td> <td><b>VALOR B</b></td> </tr> </table>	<b>Peligroso:</b>	RELES(de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR B</b>													
<b>Peligroso:</b>	RELES(de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR B</b>																
<table border="1" data-bbox="523 1316 995 1422"> <tr> <td><b>Mayor:</b></td> <td>RECIL (de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)</td> <td><b>VALOR C</b></td> </tr> </table>	<b>Mayor:</b>	RECIL (de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR C</b>															
<b>Mayor:</b>	RECIL (de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR C</b>																
<table border="1" data-bbox="523 1430 995 1545"> <tr> <td><b>Menor:</b></td> <td>NOPER - EVOT ( de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)</td> <td><b>VALOR D</b></td> </tr> </table>	<b>Menor:</b>	NOPER - EVOT ( de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR D</b>															
<b>Menor:</b>	NOPER - EVOT ( de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR D</b>																
<table border="1" data-bbox="523 1553 995 1661"> <tr> <td><b>Insignificante</b></td> <td>INFORMATIVOS ( de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)</td> <td><b>VALOR E</b></td> </tr> </table>	<b>Insignificante</b>	INFORMATIVOS ( de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR E</b>															
<b>Insignificante</b>	INFORMATIVOS ( de acuerdo a la definición establecida en el presente procedimiento)	<b>VALOR E</b>																



No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN		RESPONSABLE
5	Acciones de Gestión	0	<b>ÁREA DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b> Se deberá colocar el nombre del área de acuerdo a lo establecido en el presente procedimiento teniendo en cuenta los siguientes entradas: Iros, Peligros, Tarjetas de Riesgo, Hallazgo de auditoría.	Subdirección de Prevención COFAC y Jefe Departamento de Seguridad Operacional Unidad.
		1	<b>No.</b> Se describen en forma ascendente al consecutivo de peligros genéricos.	
		2	<b>PELIGRO GENÉRICO</b> En esta columna se describe de la manera más concreta la acción y/o condición que causa un evento de Seguridad Aérea, Ej.: meteorología adversa, aeropuerto no controlado.	
		3	<b>COMPONENTES ESPECÍFICOS DEL PELIGRO</b> En esta columna se describe cada acción y/o condición que contribuye a generar el peligro genérico, Ej.: zona de altos niveles de lluvia, vientos, alta nubosidad. Ausencia de torre de control y controlador de tránsito aéreo.	
		4	<b>CONSECUENCIAS RELACIONADAS CON EL PELIGRO</b> Son las consecuencias y/o consecuencia generadas por el peligro genérico y su componente específico.	
		5	<b>DEFENSAS ACTUALES PARA CONTROLAR EL RIESGO E ÍNDICE DE RIESGO</b> Son todas las acciones y condiciones que tiene la Fuerza Aérea para garantizar el control del peligro genérico y su componente y el índice de riesgo es el resultado del producto de valoración de la probabilidad y la severidad de acuerdo al procedimiento en mención dando como resultado un índice de evaluación de riesgo tolerable de acuerdo a la pirámide de calificación.	
		6	<b>ACCIONES ULTERIORES PARA REDUCIR EL RIESGO E ÍNDICE DEL RIESGO RESULTANTE</b> Son todas las acciones explícitas que se deben realizar para mitigar y/o eliminar el índice de riesgo de la columna 5 y da como resultado el índice de riesgo resultante; que es el producto de la valoración de la probabilidad y la severidad de acuerdo al procedimiento en mención dando como resultado índice de riesgo aceptable.	
		7	<b>PROCESO RESPONSABLE / PROGRAMA DE PREVENCIÓN</b> Se deberá colocar el nombre del proceso establecido en el mapa de proceso FAC y el programa de prevención que tiene la responsabilidad de la gestión del riesgo.	

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
6	Inclusión acciones posteriores para reducir el riesgo en plan de acción SIGSO	Se incluyen las acciones posteriores propuestas para la reducción del riesgo en el plan de acción de la unidad asignando el cargo y nombre del responsable de cumplimiento en la actividad del SIGSO	Subdirección de Prevención COFAC y Jefe Departamento de Seguridad Operacional Unidad.
7	Cumplimiento	El responsable de la recomendación cumple la actividad y la envía para aprobación	Responsable cumplimiento
8	Aprobación de la actividad implementada	Se evalúa el riesgo residual después de implementada la actividad y se aprueba <b>PUNTO DE CONTROL</b>	Subdirector de prevención operacional
9	Cierre	Se efectúa cierre de la acción posterior y se da cumplimiento de la actividad en el SIGSO.	Subdirector de prevención operacional
10	Informe de análisis de tendencias y comportamientos de la Seguridad Operacional	Informe trimestral de Fiabilidad Operacional	Subdirección de Fiabilidad Operacional FAC
11	Informe estadístico de fallas organizacionales	Informe trimestral de Fiabilidad Operacional	Subdirección de Fiabilidad Operacional FAC



## PUNTOS DE CONTROL

QUE SE CONTROLA	ACTIVIDAD DONDE SE CONTROLA	COMO SE CONTROLA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN	ACCIÓN A TOMAR (SI NO CUMPLE CRITERIO DE ACEPTACIÓN)	REGISTRO DE LA ACCIÓN TOMADA	RESPONSABLE DEL CONTROL
Identificación de peligros por programa en cada unidad aérea	2 Identificación explícita de peligros operacionales	Mediante el SIGSO, control de cumplimiento o del plan de acción de las Unidades.  Visitas de acompañamiento de seguridad operacional a las unidades	Inclusión Panorama de riesgos para cada programa en el SIGSO según directiva 041	Actividad no cumplida en SIGSO	Documento de DISOP verificando el cumplimiento	Subdirector Fiabilidad Operacional
Reducción del riesgo	8 Aprobación de la actividad implementada	Mediante análisis de efectividad de la acción tomada para la reducción del riesgo	Reducción probabilidad o severidad	No aprobar actividad y Generar nueva actividad	SIGSO	Subdirector Fiabilidad Operacional

## GLOSARIO

### a. ACCIDENTE

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 sufren lesiones fatales.

- La posibilidad de recuperación de una aeronave, depende de la Jefatura Logística, no de la viabilidad económica de hacerlo por parte de terceros, como por ejemplo las empresas aseguradoras.
- Sólo las fatalidades ocurridas dentro de los noventa días calendario posteriores al suceso serán tenidas en cuenta para la clasificación de accidente, toda fatalidad posterior será incluida en el informe final para registro pero no para la estadística anual.
- Todas las aeronaves desaparecidas por más de noventa días serán incluidas en las bases de datos como accidentadas, y se hará el informe inicial y final con la mayor cantidad de datos disponibles en el momento.
- Las lesiones fatales pueden infringirse a miembros de la tripulación, ocupantes de la aeronave, o personas que resulten afectadas por el contacto con la aeronave, los gases

escape o los flujos de aire de hélices y rotores, o por interacción con la carga y sistemas de ella.

b. RELÉS

Evento en el cual existiendo intención de vuelo la aeronave sufre daños en dos o más componentes mayores y/o en su estructura siendo recuperable de acuerdo al concepto de la Jefatura de Operaciones Logísticas. Asimismo se clasifica como SUCESO RELÉS cuando se sufren lesiones con incapacidad superior a tres meses. Los ocupantes y/o personas que no se encuentren a bordo de la aeronave sufren lesiones mayores a tres meses o lesiones fatales.

- Las lesiones pueden infringirse a miembros de la tripulación, ocupantes de la aeronave, o personas que resulten afectadas por el contacto con la aeronave, los gases escape o los flujos de aire de hélices y rotores, o por interacción con la carga y sistemas de ella.
- Las lesiones producidas por acción del enemigo, no serán investigadas dentro de esta categoría.

c. RECIL

Evento en el cual existiendo intención de vuelo la aeronave presenta daños en un componente mayor y/o estructura por transferencia de energía, siendo recuperable de acuerdo al concepto de la Jefatura de Operaciones Logísticas. Tripulación, ocupantes y/o personas que no se encuentren a bordo de la aeronave resultan ilesos y/o con lesiones menores a tres meses.

Para que una lesión sea considerada como tal dentro de un evento no deseado de seguridad, se requiere que la misma genere excusas del servicio mayores a un día pero menores a los 90 días. Así mismo las lesiones que no generen una excusa del servicio pero que estén incluidas en el siguiente listado también generarán un evento de esta clase:

- Fracturas de huesos diferentes a los de los dedos de pies y manos.
- Privación del sentido de cualquier miembro de la tripulación, incluyendo auxiliares de vuelo y tripulantes adicionales.
- Quemaduras mayores al primer grado, en cualquier porcentaje de cubrimiento del cuerpo.
- Intoxicación por la inhalación o contacto con sustancias a bordo de la aeronave.
- Lesiones de cualquier tipo que limiten el movimiento de las extremidades para el cumplimiento de las funciones asignadas en la aeronave.
- Lesiones de cualquier tipo que disminuyan la capacidad mínima exigida para las tripulaciones de vuelo, respecto de los ojos, oídos, y sistema motriz.
- Las lesiones producidas por acción del enemigo, no serán investigadas dentro de esta categoría.

d. NOPER (NOVEDAD OPERACIONAL)

Cuando existiendo intención de vuelo, las condiciones finales de la aeronave y las personas no alcanzan a ser clasificados como SUCESO RECIL, pero son de interés para la Seguridad Aérea por las posibles consecuencias que hubieran podido haber causado. Contempla todas las emergencias de vuelo incluidas en Órdenes Técnicas y Manuales de Operación de las aeronaves, además de cualquier situación anormal de vuelo que se presente durante la operación de las mismas.

Si investigadas serán:

- ATS: AIRPRO
- Indisciplinas de vuelo que generen riesgos a la operación aérea.



Las situaciones que no serán investigadas pero si reportadas bajo esta categoría son las siguientes:

- Impactos con aves que no generen procedimientos de emergencia o lesiones que lo cataloguen como RELÉS o RECIL.
- Impactos de arma de fuego enemigo.
- Luces de precaución que no generen una desviación de la orden de vuelo, cambios en las condiciones de vuelo, o que no sean repetitivas al menos tres veces en los últimos cinco días.
- Fallas de indicación de los instrumentos en cabina que no generen una desviación de la orden de vuelo, cambios en las condiciones de vuelo, o que no sean repetitivas al menos tres veces en los últimos cinco días.
- Fallas en sistemas de la aeronave que no generen una desviación de la orden de vuelo, cambios en las condiciones de vuelo, o que no sean repetitivas al menos tres veces en los últimos cinco días.
- Aeronaves UAV.

e. EVOT (EVENTO RELACIONADO CON OPERACIONES EN TIERRA)

No existiendo intención de vuelo, se producen daños a la aeronave que limitan o paralizan la actividad aérea y que disminuyen la capacidad operativa de la Fuerza Aérea. (Ej.: aeronaves mal remolcadas por personal de tierra, aeronaves golpeadas por vehículos o animales, fenómenos meteorológicos, fenómenos naturales, etc.).

f. INFO (INFORMATIVO)

Son eventos de seguridad existiendo o no, intención de vuelo los cuales:

- No están cobijados en los controles actuales.
- No obligaron a un desvío de la misión.
- No hubo un AIRPROX.
- No se produjeron daños.
- No se produjeron lesiones.
- No es una anotación repetitiva (más de 3 en un mes).

Nota: este informativo no afecta el total de EVESAS se utilizara para análisis de tendencia y se finalizara con la transcripción o copia de la corrección a la anotación en la hoja de vuelo.

g. NO INVESTIGADOS POR SEGURIDAD AÉREA

En esta categoría estarán clasificados todos los eventos que atentan contra la seguridad física de las aeronaves, pero que por ley, pertenecen a una jurisdicción diferente a la del Departamento de Investigación de Accidentes. Ejemplos de eventos que no serán investigados desde la perspectiva de la Seguridad Aérea son:

- Atentados terroristas en contra de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana en tierra y en vuelo.
- Derribos en combates aire – aire o por armamento antiaéreo de fuerzas enemigas externas o internas.

- Acciones tipificadas en el código penal, que obliguen a realizar desviaciones de la Orden de Vuelo que resulten en lesiones, destrucción o daños al material de guerra de la Fuerza Aérea.

Evaluación de riesgos: Forma sistemática de identificar, localizar y valorar los peligros en Seguridad Aérea, y definir en términos de probabilidad y consecuencia si es tolerable, de forma que permita el diseño de medidas de intervención y la continua actualización de las medidas de control, garantizando niveles de certidumbre operacional

Riesgo: Es la evaluación de las consecuencias de un peligro, expresado en términos de probabilidad y severidad, tomando como referencia la peor condición previsible.

Gravedad: Es la magnitud del impacto o daño que se evalúa, incluyendo las afectaciones personales, a equipos, repuestos, instalaciones, materias primas, el ambiente o a terceros.

Impacto o Daño: Cualquier alteración de la integridad física o mental del hombre, de los equipos, repuestos, instalaciones, materiales, al medio ambiente o terceros resultado de alguna actividad, producto o servicio de la Organización.

Peligro: Es una fuente o situación con potencial de daño en términos de lesión o enfermedad, daño a la propiedad, al ambiente de trabajo, al medio ambiente o una combinación de éstos. Para la gestión ambiental en equivalente al aspecto ambiental que define la ISO 14001.

Probabilidad: Posibilidad que los acontecimientos de la cadena, se completen en el tiempo, originándose las consecuencias no requeridas ni deseadas. Respecto a sus obligaciones legales y su política de seguridad y salud y al costo beneficio de su operación.

Riesgo Residual: Es el resultado de la valoración del riesgo teniendo en cuenta las medidas de control con el fin de asegurarse que disminuyen el nivel de riesgo.

Fiabilidad: Es la probabilidad de buen funcionamiento de algo

Riesgo Tolerable: Riesgo que se ha reducido a un nivel que la Organización puede soportar

Fiabilidad Operacional: Es la sección que permite establecer el nivel de riesgo tolerable de la seguridad operacional de la FAC, a través de sus procesos garantizando un óptimo funcionamiento de la Gestión de la seguridad aérea y permitiendo de esta manera el Cumplimiento exitoso de las misiones aéreas

SA: Seguridad Aérea

FO: Fiabilidad Operacional

RT: Riesgo tolerable

## DOCUMENTOS RELACIONADOS

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Manual de Gestión de Seguridad Operacional FAC 3-007 Publico.	Sobre la implementación del Programa de gestión de riesgo operacional para el desempeño de las operaciones aéreas incluyendo el desempeño de



CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
		todos los procesos FAC.
	Directiva Permanente No. 041/2009	Directrices para la institucionalización de La Prevención de accidentes aéreos y toda iniciativa que mejore la Seguridad Operacional.
	Procedimiento de peligro y evaluación de riesgo No 20101750412073 del 03 de mayo de 2010.	Describe el procedimiento para la identificación de peligros y valoración en términos de riesgo.
	Panorama de Identificación de peligros y Gestión de riesgos Operacionales. Forma FAC 3-425T	Es el formato de aplicación para todas las operaciones Tipo donde se identifican todos los peligros para su respectiva clasificación, valoración y corrección de acuerdo a su nivel de impacto.
	Tarjeta de Riesgo Operacional Forma FAC 3-429T	Es el Formato que permite contribuir a administrar adecuadamente el riesgo Operacional en el desarrollo de Operaciones Aéreas para cada tipo de Aeronave.
	Mapa de Riesgos Operacionales Forma FAC 3-431T	Es el formato que permite identificar todos los peligros operacionales asegurando su mitigación a cargo del personal de pilotos y controladores así como del personal que lo requiera durante el desarrollo de las operaciones.
	Visita de Acompañamiento de Seguridad Aérea. FORMA FAC 3-430T	Es el formato que permite estructurar todo el proceso de visita de acompañamiento en seguridad Aérea a las Unidades el cual se registra en el SIGSO (Visitas de acompañamiento Unidades).

BIBLIOTECA CENTRAL DE LAS FF. MM.  
"TOMAS RUEDA VARGAS"



057192