

<b>Título: Análisis de Factores Humanos y Accidentalidad Aérea en Colombia. ADREP 2000</b>	
<b>Investigador Principal:</b> <b>Diego Manuel Garcia Morales</b> Residente en Medicina Aeroespacial Universidad Nacional de Colombia Correo electrónico: <a href="mailto:airmandoctor@gmail.com">airmandoctor@gmail.com</a>	
<b>Tutores y Directores Metodológicos: DR Omar Agudelo Suarez</b> Profesor Asociado Facultad Medicina Universidad Nacional de Colombia Director Centro de Estudios para la Prevención de Desastres CEPREVE Universidad Nacional de Colombia <b>Dra Cr Lina Maria Sanchez Rubio</b> Directora Centro de Medicina Aeroespacial Fuerza Aérea Colombiana	
<b>Asesor Estadístico</b> <b>Profesor Juan Camilo Sosa</b>	
<b>Nombre del Grupo de Investigación:</b> <b>Medicina Aeroespacial Universidad Nacional de Colombia</b>	Total de Investigadores (número) 3
<b>Entidad:</b> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA; FACULTAD DE MEDICINA</b>	
<b>Tipo de Entidad:</b> Universidad Pública	
<b>Lugar de Ejecución del Proyecto:</b> Ciudad: BOGOTA Departamento: BOGOTA DC	
Duración del Proyecto (en meses): 30	
<b>Tipo de Proyecto:</b> Investigación Aplicada	
<b>Descriptor / Palabras claves: FACTORES HUMANOS, ACCIDENTALIDAD AEREA, ADREP 2000, MEDICINA AEROESPACIAL</b>	

## **Dedicatoria**

***A mi Madre y a mi Hermano, Por Ellos y para Ellos  
A mi Nieves, mi Bonita  
A los Aviadores en los Cielos Colombianos***

## **Agradecimiento**

A los Tutores del presente Trabajo, por su guía y enseñanza, por su dedicación en el desarrollo de la cultura en Seguridad y Prevención en Colombia

Al Mayor Alejandro Torres Cogollo, al Teniente Coronel Javier Lozada y al Coronel(R) Germán Ramiro García, por su visión y doctrina para la Seguridad Aérea en Colombia

Al grupo de Investigación de Accidentes de Aviación de AEROVICIL en espacial al Ingeniero Julián Eduardo Echeverri y al Señor Oswaldo Cifuentes, por su especial apoyo y fundamental colaboración para el desarrollo de esta investigación

Al Profesor Juan Camilo Sosa, por su acompañamiento y asesoría, amigo incondicional

A todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron para el feliz termino de este proyecto.

## Resumen

### Introducción:

La aviación es considerada la forma mas segura de transporte, como sistema complejo y parte esencial del desarrollo económico genera un alto impacto socio-cultural, en especial en lo que a seguridad se refiere, La investigación de accidentes aéreos proporciona una herramienta útil y fundamental a la hora de emitir recomendaciones y gestionar la seguridad de la industria, a lo largo de la historia de la aviación se ha identificado el factor humano como responsable de alrededor de 2/3 del total de accidentes, constituyéndose el elemento mas vulnerable de la operación, y por lo tanto el mas susceptible de intervención y mejoramiento. El estudio y análisis detallado del comportamiento humano en los factores causales y contribuyentes de la accidentalidad aérea es el pilar sobre el que se construyen programas y gestiones eficaces en seguridad aérea.

### Objetivo:

El presente trabajo pretende analizar los accidentes Aéreos ocurridos en territorio colombiano entre 1995 y 2009, identificando datos generales de accidentalidad, las causas mas frecuentes de accidentes aéreos y los elementos y características de las actuaciones humanas envueltos en dichos eventos de seguridad aérea.

### Metodología:

En este estudio se realizo estadística descriptiva de 388 accidentes ocurridos en el periodo descrito, recopilando datos básicos de fecha y hora del accidente, modelo de aeronave, tipo y numero de motores, tipo de ala, departamento y regional donde se presento el evento, aeródromo si el accidente ocurrió en predios de un aeropuerto, tipo y categoría de operación, fase de vuelo y condiciones meteorológicas a la hora del accidente, nivel de lesiones y porcentaje de supervivencia de los ocupantes de la aeronave siniestrada, edad, horas de vuelo y estado de licencias técnicas y medicas del piloto al mando de la aeronave en el momento del accidente.

Se realizo el análisis y estadística descriptiva de las causas y circunstancias en las que se configuraron los accidentes en función de la Taxonomía común ADREP 2000 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), extrayendo datos de evento, factores descriptivos y factores explicativos de la causa probable y del primer factor contribuyente consignados en los informes de accidentes de aviación oficialmente fallados por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC).

### Resultados.

Se evidenció una tendencia general a la disminución del número de accidentes de aviación año tras año, y una distribución homogénea del numero de accidentes por mes del año, las horas con mayor accidentalidad fueron entre las 6:00 y las 18:00 horas, las aeronaves con mas numero de accidentes son la Cessna 206 (45% del total) y Piper 28 (27% del total), un 85% de las aeronaves accidentadas eran de tipo de ala fija, 74% de los accidentes se presentaron en aeronaves de motor reciproco y 71% eran aeronaves monomotor. El departamento de Antioquia presento las mas alta frecuencia de accidentes con 21% del los accidentes analizados, así mismo, la regional Antioquia presento un 30% del total de eventos. El tipo de operación con más accidentalidad fue el transporte aéreo comercial con 48%, en las categorías de operación la que mas accidentalidad presento fue el transporte no regular de pasajeros con 32%. En lo concerniente a la fase de vuelo, el 28% de los accidentes se presentaron en ruta, mientras en las condiciones meteorológicas a la hora de los accidentes se encontró que el 82% ocurrió en condiciones meteorológicas visuales.

Un 49% de las aeronaves accidentadas quedaron destruidas o no reparables, y en un 57% de los accidentes se presentaron lesiones menores o ninguna lesión a los ocupantes de las aeronaves siniestradas, sumando un promedio de supervivencia total de 69%. El grupo de edad de piloto al mando más frecuentemente accidentado fue el de 30 a 39 años con un 26%, así como 23% de los pilotos accidentados contaban con experiencia de vuelo entre 2000 y 5000 horas, un 3% de los pilotos al mando de las aeronaves accidentadas tenían su licencia médica vencida y 16% tenían los privilegios de su licencia técnica vencidos.

En el análisis de causalidad de los accidentes, se encontró que un 68% estuvieron relacionados con Factores Humanos, en términos de ADREP 2000, el evento más frecuente fue la falla de motor con 23% del total, el análisis basado en el modelo SHELL ubicó un 94% de las causas probables de los accidentes analizados en el ámbito de Liveware, la mayor frecuencia de fallas de factores humanos en las causas de los accidentes se trataron de procedimientos inadecuados, realizados por la tripulación de vuelo en persona del piloto al mando, en cuanto a los factores contribuyentes, la causa más frecuente fueron las operaciones inapropiadas por parte de la tripulación de vuelo en persona del piloto al mando, con importante contribución de los niveles gerenciales, y con una distribución similar de causalidad según el modelo SHELL en ámbitos de Liveware y Liveware-Environment.

### **Conclusiones**

Se vio una distribución y tendencias de datos generales de accidentalidad en Colombia similares y asimilables a las generadas en el ámbito mundial por entidades especializadas, con pocas excepciones como lo es la frecuencia elevada de accidentalidad en fase de vuelo de ruta o crucero, fenómeno en parte explicable al analizar la topografía y condiciones propias del terreno y las operaciones aéreas en cielos colombianos.

La distribución de frecuencias en tipo y características técnicas de las aeronaves, así como de las horas del día y las condiciones meteorológicas reinantes a la hora de los eventos, muestra tendencias aumentadas en aquellas aeronaves y condiciones en las que más frecuentemente se realizan las operaciones aéreas en Colombia, las cuales corresponden a aeronaves livianas monomotor, con motor a pistón, operando en condiciones visuales durante horas de luz día. Similar situación debe considerarse en cuanto a las frecuencias en cuanto a grupos de edad y experiencia de vuelo de los pilotos al mando de las aeronaves siniestradas, teniendo en cuenta la distribución de edad y experiencia de la población general de pilotos activos en nuestro país. Se evidenció una baja frecuencia de pilotos accidentados con licencias médicas o con sus privilegios de licencia técnica vencidas, y a pesar del nivel elevado de daños a las aeronaves accidentadas, el nivel de lesiones y la fatalidad promedio del total de eventos es claramente más baja que el esperado.

Las causas de accidentalidad aérea en Colombia son similares a las observadas en estudios de seguridad aérea mundial, ubicando la mayoría de fallas en el ámbito de los factores humanos, específicamente en falencias operacionales debidas a limitaciones en aspectos psicológicos por parte del piloto al mando, involucrando mayormente al componente Liveware del modelo SHELL.

Se considera la Taxonomía común ADREP 2000 de OACI una herramienta adecuada para el análisis y caracterización de las causas de accidentalidad aérea, que permite identificar las aéreas más vulnerables de la operación, y emitir recomendaciones y gestiones en aras del mejoramiento de la seguridad aérea.

## Summary

### **Background:**

Aviation is considered the safest mode of transportation, as a complex system and an essential component of economic development it implies an important social and cultural impact, especially, operational safety issues. Aviation accidents investigation provides an useful and fundamental tool in order to generate recommendations and to manage operational safety. Through all of aviation history, Human Factor has been identified as responsible for around 2/3 of all accidents, which makes it the most vulnerable element in the industry, therefore the most sensitive to intervention and improvement. Analysis and investigation of human behavior involved in primary and related causes of aviation accidents is the basis for efficient programs and strategies in improving aviation safety.

### **Objective:**

This investigation work aims to analyze aviation accidents in Colombia between 1995 and 2009, identifying general accident data, frequent causes and specific elements and characteristics of human behavior involved in such events.

### **Methods:**

This descriptive analysis of 388 aviation accidents in the specified period, collected basic data of date and hour of each event, model and type of aircraft, number and type of engine, wing type, department and regional of occurrence, airport in case the accident occurred inside an airport perimeter, type and category of operation, flight phase and meteorological conditions at the time of the event, damage level to aircraft, damage level to occupants and fatality rate. Data about age, flight hours, and status of medical and technical licenses of pilot in command in each accident was also collected.

Descriptive analysis of causes of each accident was performed in terms of ICAO common taxonomy ADREP 2000, by extracting event data, descriptive and explanatory factors of primary and first related cause as they were officially consigned in Colombian CAA accident reports.

### **Results:**

It was observed a general decreasing tendency in the number of accidents through analyzed years, and an even distribution of accidents month by month, most accidents occurred between 6:00 and 18:00 hours, Cessna 206 (45%) and Piper 28 (27%) accounted for most accidents, 85% were fixed wing aircraft, 74% were powered by reciprocating engines and 71% were single engine. In Antioquia territory occurred 21% of accidents, and Antioquia regional presented 30% of the total. Most events were under commercial air transport operations with 48% of the analyzed accidents, with 32% for non-regular passenger transport referring to operational categories. Flight phase with most accidents was en-route with 28%, and 82% of the accidents occurred in visual meteorological conditions. 49% of aircraft were destroyed by the accident, 57% of accidents caused none or minor injury to occupants with an overall survival rate of 69%. 26% of pilots in command of involved aircrafts were between 30 and 39 years old, and 23% had a flight experience between 2000 y 5000 flight hours; 3% had expired medical licenses and 16% had expired technical licenses.

Analyzing accident causes in terms of ADREP 2000, it was founded that 68% was Human Factor related, most frequent event was engine failure with 23%, SHELL model analysis pointed out a 94% of probable causes related to Liveware, most frequent causes were those related to inadequate procedures, performed by flight crew in person of pilot in command; concerning to related causes, most frequent causes were inappropriate operations performed by flight crew in person of pilot in command, with an important contribution at management levels, and with an even distribution in SHELL model related to Liveware and Liveware-Environment interfaces.

### **Conclusions**

Accidents data distribution and tendencies showed concordance with those observed in previous world studies, with few exceptions as those observed in accidents by flight phase, with an elevated rate of en-route accidents, this can be explained looking at local topography and terrain conditions over operations are performed.

Distribution of frequencies of type and technical characteristics of aircraft, as well as day hours and meteorological conditions at accident time, show increased tendencies in those aircraft and conditions more frequently Aviation operations are performed, being those general Aviation-single reciprocating engine aircrafts, flying in visual meteorological conditions durin day time hours. Same situation is observed in age groups and flight experience for pilots in command, comparing to age and experience distribution of pilots population. It was evidenced a low frequency of accidents involving pilots flying with expired medical and technical licenses and, in spite of high damage level to aircraft observed, injury level and overall fatality level was indeed low.

Accident causes in Colombia are similar to those described in wolrd Aviation safety studies, with most failures related to Human Factors, specifically to operational failures related to psychological limitations of pilots in command, located at Liveware level of SHELL model.

ICAO common taxonomy ADREP 2000 is a suitable tool for analysis and characterization for aviation accidents causes, that allows identification of operational vulnerable areas, and the issuance of safety recommendations and strategies for aviation safety improvement.

## Contenido

[Resumen](#).....4

[Summary](#).....6

## Capítulos

1. [Introducción](#).....9

2. [Marco Teórico](#).....17

3. [Objetivos](#).....39

4. [Metodología](#).....40

5. [Consideraciones Éticas](#).....42

6. [Resultados Esperados e Impacto](#).....43

7. [Resultados](#).....44

8. [Discusión](#).....66

9. [Conclusiones](#).....72

[Bibliografía](#).....74

[Anexos](#).....76

## 1. Introducción:

La historia de la aviación en Colombia se remonta al año de 1912, gracias a la inquietud y liderazgo de algunos empresarios precursores que deseaban ver en los cielos del país aquella maravilla tecnológica de la cual se hablaba incansablemente alrededor del mundo. El piloto George Schmitt inauguró el espacio aéreo colombiano al volar sobre Barranquilla en diciembre de 1912, posteriormente prosiguió a Medellín donde voló el 15 y 26 de enero, finalmente volvió a Barranquilla para algunas demostraciones adicionales. El empresario Gonzalo Mejía, en 1912 después de varios tropiezos y dificultades de características legales y comerciales, inició la operación de hidroplanos por el río Magdalena, creando la Compañía Nacional de Hidroplanos en 1916 que se fusionó con la compañía Nacional de Hidroplanos en 1919.

El 26 de septiembre de 1919 se constituyó notarialmente en Medellín la sociedad Compañía Colombiana de Navegación Aérea (CCNA), cuyas primeras aeronaves arribaron a Cartagena en enero de 1920. El 22 de febrero la CCNA efectuó su primer vuelo de Cartagena a Barranquilla. Como rival de la CCNA, el 10 de diciembre de 1919, se constituyó en Barranquilla la Sociedad Colombo Alemana de Transportes Aéreos, SCADTA, que se proponía prestar el servicio aéreo entre Bogotá y Barranquilla. El primer vuelo del hidroavión alemán Colombia de la SCADTA salió de Barranquilla el 8 de septiembre de 1920 y aterrizó en Puerto Berrío. SCADTA posteriormente se transformaría en la empresa de Aerovías Nacionales de Colombia SA, AVIANCA, que hoy en día es la aerolínea activa más antigua del mundo<sup>1</sup>.

Desde esos días en que la aviación mostraba sus inigualables ventajas frente a otros medios de transporte, y hasta hoy, donde se considera que tráfico regular total transportado por las líneas aéreas de los 190 Estados miembros de la OACI ascendió a aproximadamente 2280 millones de pasajeros y 38 millones de toneladas de carga<sup>2</sup>, la industria aeronáutica ha presentado un desbordado avance tecnológico económico y operacional. Se estima que entre 1960 y 2005, las actividades económicas totales del mundo, medidas en función del Producto interior bruto (PIB), presentaron un crecimiento medio anual del 3,9%. Para el período entre 1985-2005, el PIB per cápita aumentó a un ritmo medio anual del 2,2%, El transporte aéreo, sin embargo, presenta un crecimiento superior al crecimiento económico, manteniendo sin embargo una estrecha relación.

<sup>1</sup> Colombia al Vuelo. *Revista Credencial Historia*, vol 187, Julio. BLLA. 2005

<sup>2</sup> International Civil Aviation Organization; *Annual Report of the Council 2009*. Doc. no. 9921. ICAO, 2010

El tráfico mundial de pasajeros (nacional e internacional) en vuelos regulares de las líneas aéreas, medido en términos de pasajeros-kilómetros efectuados (PKE), aumentó a un ritmo medio anual del 5,7% en el período 1975-2005. En los períodos 1975-1985, 1985-1995 y 1995-2005, el tráfico de pasajeros creció a un ritmo medio anual del 7,0, el 5,1 y el 5,2 %, respectivamente<sup>3</sup>. *Tabla 1.1*

**Tabla 1.1. Pronósticos de la OACI sobre tráfico aéreo mundial (1985-2025)**

(Estados contratantes de la OACI)

Servicios regulares	Real 1985	Real 2005	Pronóstico 2025	Tasa media de crecimiento anual (porcentaje)	
				1985-2005	2005-2025
<b>TOTAL</b>					
Pasajeros-kilómetros (miles de millones)	1 366	3 720	9 180	5,1	4,6
Toneladas-kilómetros (millones)	39 813	142 579	510 000	6,6	6,6
Pasajeros transportados (millones)	896	2 022	4 500	4,2	4,1
Toneladas de carga transportadas (miles)	13 742	37 660	145 000	5,2	5,5
Aeronaves-kilómetros (millones) <sup>1</sup>	n.d.	30 845	69 040	n.d.	4,1
Salidas de aeronaves (miles) <sup>1</sup>	n.d.	24 904	50 450	n.d.	3,6
<b>INTERNACIONAL</b>					
Pasajeros-kilómetros (miles de millones)	589	2 197	6 225	6,8	5,3
Toneladas-kilómetros (millones)	29 384	118 482	452 120	7,2	6,9
Pasajeros transportados (millones)	194	704	1 950	6,7	5,2
Toneladas de carga transportadas (miles)	5 884	22 630	110 000	7,0	6,5

1. En 1985 no se contaba con datos sobre las operaciones de las líneas aéreas en la ex URSS.

*Fuente: Circular 313. ICAO. 2007*

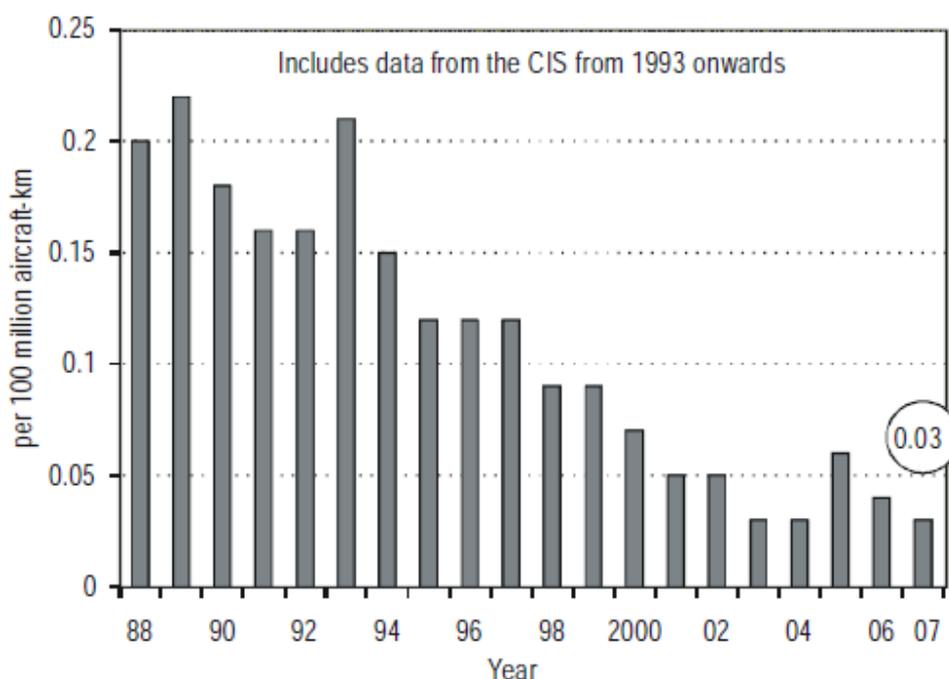
Dadas estas condiciones, se prevé un crecimiento del transporte aéreo en función del crecimiento económico y del comercio mundiales y del comportamiento de los costos de las líneas aéreas (cuyo factor determinante es principalmente el precio del combustible). El pronóstico apunta a que el crecimiento del tráfico de pasajeros en los principales grupos de rutas internacionales estará entre el 3% y el 6% anual hasta el año 2025; mientras el tráfico mundial de carga regular aumentaría a un ritmo medio anual del 6,6% en el período 2005-2025<sup>3</sup>. *Tabla 1.1*

En este contexto macroeconómico, la industria del transporte aéreo es considerada como el medio de transporte mas eficiente y seguro (0.75 accidentes por millón de vuelos registrados), Infortunadamente, este

<sup>3</sup> International Civil Aviation Organization; *Outlook for Air Transport to the Year 2025*. Circular 313. ICAO, 2007

liderazgo lo ha ganado a través de múltiples y dolorosas lecciones aprendidas que han cobrado la vida de muchas personas a lo largo de un siglo de historia de la aviación, entre los cuales se cuentan grandes tragedias como la ocurrida en Los Rodeos Tenerife en 1977, el mayor accidente de la aviación civil, que cobró la vida de 585 personas. La *Tabla 1.2* muestra la tasa de accidentes fatales por cada 100 millones de kilómetros recorridos durante las últimas dos décadas.

**Tabla 1.2. Numero de Accidentes fatales por 100 millones de Kilómetros recorridos. Servicios Aéreos Regulares**

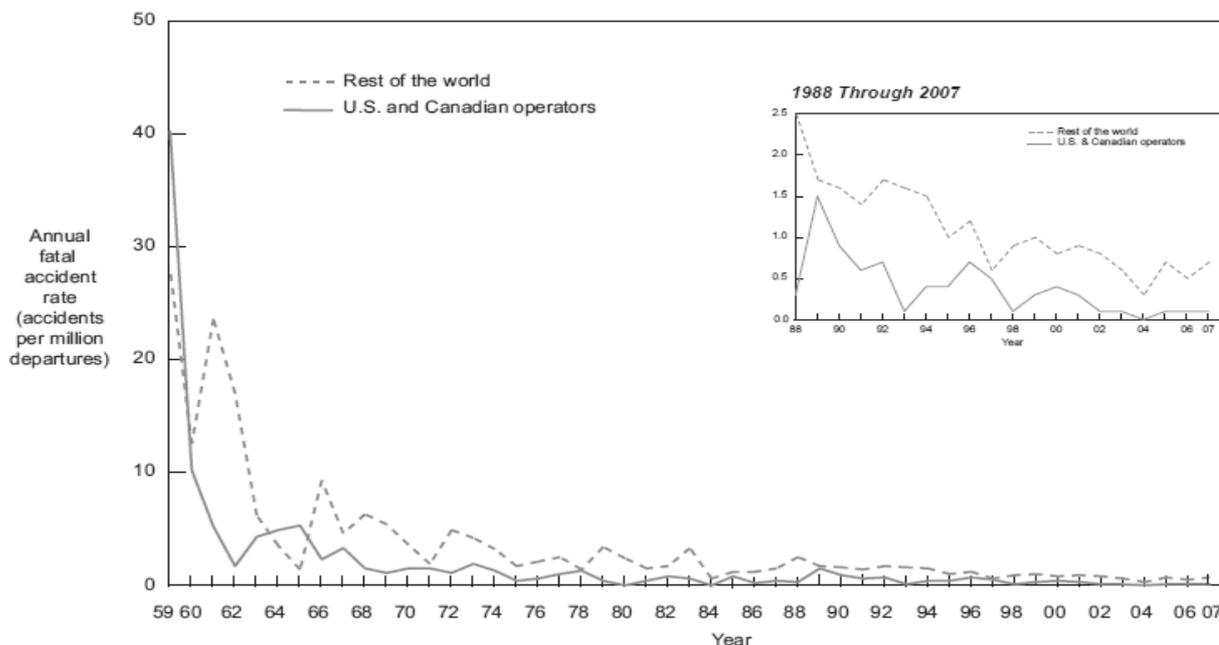


*Fuente: 2007 ICAO Report*

La curva de aprendizaje y la implementación sistemática de múltiples estrategias en seguridad aérea han permitido a la industria aeroespacial lograr altos estándares en cuanto a seguridad operacional, testigo de esta evolución son las cifras de accidentalidad y fatalidades en las últimas décadas. La *Tabla 1.3* muestra el comportamiento del número de accidentes fatales por año en el periodo 1959-2007<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Boeing; *Boeing 2007 Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*, July 2008

**Tabla 1.3. Accidentes Fatales-Aviación Jet Comercial. 1959-2007**



Fuente: Boeing 2007 Statistical summary, July 2008

En la aviación civil colombiana, si bien el crecimiento y proyecciones económicas están ciertamente distantes de aquellas observadas para el escenario mundial, la distribución de la accidentalidad aérea en los últimos decenios presenta una distribución similar a la del resto del mundo.

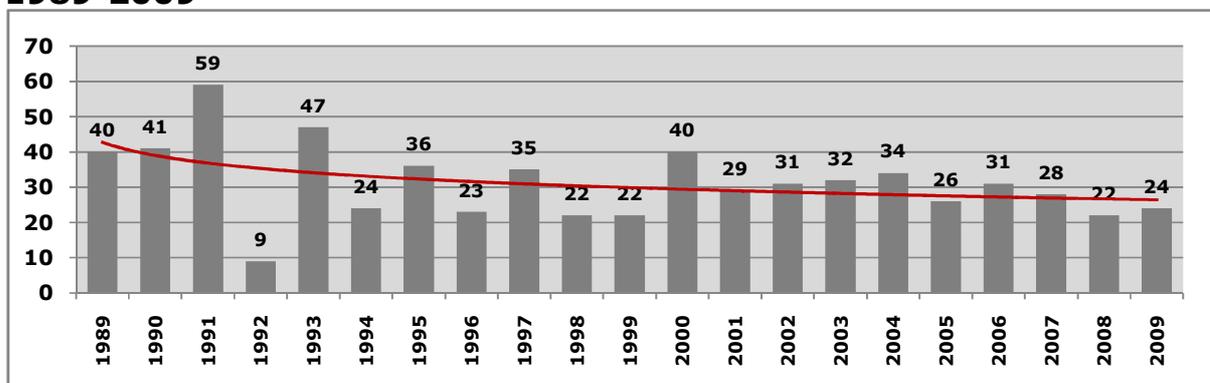
Dentro de la política de apertura y modernización del Estado, el 1 de febrero de 1994, comenzó su vida jurídica, la actual Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (U.A.E.A.C), como entidad adscrita al Ministerio de Transporte; entre las nuevas disposiciones, se destaca la que le dio vía libre a la descentralización aeroportuaria. Así, la AEROCIVIL podrá entregar a cualquier título, los aeropuertos de su propiedad a entidades departamentales, municipales o asociaciones de las anteriores para que éstas lo administren en forma directa o indirecta.

La AEROCIVIL tiene como objetivo garantizar el desarrollo de la aviación civil, de la administración del espacio aéreo en condiciones de seguridad y eficiencia, en concordancia con las políticas, planes y programas gubernamentales en materia económico-social y de relaciones internacionales. Establece también la norma que la Unidad Administrativa Especial es la autoridad aeronáutica en todo el territorio nacional y le compete regular, administrar, vigilar y controlar el uso del espacio aéreo por parte de la aviación civil y coordinar las relaciones de ésta con la

Aviación de Estado, formulando y desarrollando los planes, estrategias, políticas, normas y procedimientos sobre la materia. Le corresponde también la prestación de servicios Aeronáuticos y, con carácter exclusivo, desarrollar y operar la infraestructura requerida para que la navegación en el espacio aéreo colombiano se efectúe con seguridad. De igual manera deberá vigilar y autorizar la construcción de aeródromos, actividad que en adelante estará a cargo de las entidades territoriales, asociaciones de éstas o el sector privado.

Datos provenientes de AEROCIVIL, retratan la tendencia en cuanto a frecuencias de la accidentalidad aérea en el país, en donde se observa el número total de accidentes de aviación tiende a disminuir y estabilizarse entre 20 y 30 por año. *Tabla 1.4*

**Tabla 1.4. Tendencia Accidentalidad Aérea en Colombia 1989-2009**



*Fuente: Grupo Investigación de Accidentes. U.A.E.A.C*

Mediante la observación y entendimiento del comportamiento de la accidentalidad aérea, la industria ha podido extraer valiosas conclusiones y políticas en seguridad operacional, con el objetivo de disminuir la accidentalidad global, impactando en términos de reducción de fatalidades, pérdidas económicas y perjuicios a la operación en general.

La principal herramienta para el análisis de la accidentalidad aérea es la investigación de accidentes de aviación, dirigida a la emisión de recomendaciones y legislaciones que buscan prevenir eventos futuros, constituye pues dicha investigación, el pilar fundamental en el objetivo de reducir la accidentalidad aérea. El consejo de la Organización de Aviación Civil Internacional OACI adoptó inicialmente en 1951 las normas y métodos recomendados para reportes e informes de accidentes de aviación con la designación de Anexo 13 al Convenio de Chicago de 1944. Las normas y métodos recomendados se basaron en recomendaciones

formuladas por el Departamento de investigación de accidentes en su primera y segunda conferencias<sup>5</sup>.

Según el Código Comercio Colombiano en el Libro 5-18 (obligación de la autoridad aeronáutica de investigar accidentes de aviación), todo accidente de aviación deberá ser investigado por la autoridad aeronáutica, con el objeto de determinar sus causas probables y la adopción de las medidas tendientes a evitar su repetición. Corresponde a la autoridad aeronáutica el establecimiento, por medio de los reglamentos, del procedimiento que debe seguirse en la investigación de los accidentes. La investigación que de los accidentes de aviación se haga por parte de la autoridad aeronáutica, será sin perjuicio de las investigaciones o diligencias que deban practicar de acuerdo con las leyes y reglamentos las autoridades judiciales o policivas y toda persona que tenga conocimiento de la ocurrencia de un accidente de aviación, tendrá la obligación de comunicarlo a la autoridad más próxima y ésta, a su vez, deberá comunicarlo a la autoridad aeronáutica<sup>6</sup>.

En cuanto a la investigación de accidentes de aviación, la Parte Octava del Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC) dispone que "salvo que se indique de otro modo, las especificaciones de esta Parte, se aplican a las actividades posteriores a los accidentes e incidentes de aviación ocurridos en el territorio colombiano o, a los ocurridos a aeronaves colombianas en alta mar o en territorio no sometido a la soberanía o jurisdicción de ningún otro Estado". Bajo este precepto, este documento reglamenta los procesos envueltos e la investigación de accidentes de aviación en el territorio colombiano, haciendo énfasis en el carácter puramente preventivo que tienen dichas investigaciones, especificando los procedimientos de jurisdicción y custodia de las evidencias y la notificación a las partes interesadas. De igual manera propone la organización de la investigación y de sus responsables, discrimina las tareas de los diferentes equipos investigadores y de la metodología a usar en el proceso. Finalmente describe la elaboración de los informes respectivos que arroje el estudio de los hechos<sup>7</sup>.

La finalidad de la Investigación de los Accidentes Aéreos radica en determinar los hechos, condiciones y circunstancias que permitan explicar

---

<sup>5</sup> International Civil Aviation Organization; *Annex 13. Aircraft Accident and Incident Investigation*. ICAO, 2001

<sup>6</sup> Disposiciones de la constitución política de Colombia; *Libro quinto del código de comercio. Parte Segunda. Capítulo IX*. 2004

<sup>7</sup> Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Oficina de Transporte Aéreo - Grupo de Normas Aeronáuticas; *Reglamentos aeronáuticos de Colombia. Parte octava. Investigación de Accidentes de Aviación*. UAEAC. 2007

el accidente. El objetivo de la investigación es única y exclusivamente *emitir recomendaciones para la prevención de nuevos accidentes*, mejorando la seguridad de las aeronaves y la respuesta de los equipos de tierra durante las actuaciones de emergencia, "el propósito de esta actividad no es determinar culpa o responsabilidad"<sup>5</sup>. Con este sentido la Organización de Aviación Civil Internacional creó las Comisiones de Investigación de Accidentes. A pesar de estos lineamientos, es inevitable que a veces se desprenda de la investigación que hubo actos u omisiones que fueron los causantes primarios del accidente, creando polémicas y enfrentamientos cuando los resultados de la investigación llegan a la opinión pública, por lo cual los términos y conclusiones derivadas de las investigaciones deben mantener en lo posible una posición neutral y centrarse en la emisión de recomendaciones en seguridad operacional.

En función de los adelantos técnicos, tecnológicos y operacionales que la industria aeronáutica ha presentado a lo largo de la historia, especialmente en los últimos años, el proceso de investigación de accidentes evoluciona y se enriqueció con herramientas novedosas, entre las que se enumeran los grabadores de datos (Voice data recorder (VDR) y flight data recorder (FDR)), así mismo, el cambio en la cultura y políticas operacionales con respecto a la seguridad y a las regulaciones que se han desprendido del mismo proceso de investigación de accidentes de aviación, han realizado aportes y nuevas perspectivas tendientes a enriquecer y complementar la recopilación y análisis de datos concluyentes para la determinación de las causas de los eventos de seguridad aérea.

La investigación de accidentes de aviación implica el conocimiento de múltiples disciplinas como la Ingeniería aeronáutica, la meteorología, la psicología y la medicina entre otras. Por lo que es necesario la creación de un equipo conformado por expertos en diferentes áreas de conocimientos<sup>5</sup>, como por ejemplo un equipo de operaciones, encargado de indagar la historia del vuelo accidentado y los deberes de la tripulación durante tantos días anteriores al accidente como se considere necesario; un equipo de estructuras, que documente los restos del avión siniestrado y del lugar del accidente, incluyendo el cálculo de los ángulos del impacto para determinar el rumbo y la posición del avión anteriores al impacto; otro equipo encargado de examinar los motores (y propulsores) y los accesorios del motor; un equipo encargado de el estudio de los componentes de los sistemas hidráulicos, eléctricos, neumáticos y sistemas asociados del avión, junto con los instrumentos y los elementos del sistema de control de vuelo; otro equipo encargado de la reconstrucción de los servicios de tráfico aéreo del avión, incluyendo la obtención de datos de radar del control de tráfico aéreo y transcripciones de las transmisiones de radio entre el controlador y el piloto; un equipo

experto en meteorología, que recopile todos los datos climatológicos relevantes del servicio de meteorología; y por supuesto un equipo especializado en factores humanos, con el fin de estudiar el rendimiento de la tripulación y todos los factores anteriores al accidente que puedan estar relacionados con errores humanos, entre los que se incluyen la fatiga, las medicaciones, alcohol y drogas, los historiales médicos, la formación y entrenamiento, la carga de trabajo, el diseño del equipo y el entorno de trabajo. Las estadísticas indican que es en este ámbito en donde con mayor probabilidad se encontraran las respuestas que aclararan los hechos.

El informe definitivo del accidente debe contener los hechos evidenciados durante la investigación, junto con la información que los confirma. El Anexo 13 de la OACI recomienda la presentación de un informe preliminar y de un informe final del accidente, que hay que preparar de conformidad con un modelo. Cada informe debiera comenzar con un título que facilite lo siguiente: nombre del explotador, tipo, modelo, marcas de nacionalidad y de matrícula de la aeronave; lugar y fecha del accidente; autoridad que publica el informe y su fecha de publicación. El cuerpo del informe se compone de las siguientes tres secciones:

- Investigación de lo hechos: Aquí se recogerán la reseña del vuelo, las lesiones de los ocupantes, daños sufridos por la aeronave, información sobre la tripulación, información sobre la aeronave, información meteorológica, información sobre ayudas a la navegación, comunicaciones de la aeronave, características del aeropuerto y de las instalaciones terrestres, información sobre los restos de la aeronave, incendio, supervivencia, ensayos e investigaciones e información adicional.
- Análisis y Conclusiones: El análisis de los hechos conducirá a la elaboración de las hipótesis más probables con respecto a las causas del accidente. Aquellas hipótesis que no puedan corroborarse con los hechos deben desecharse, justificando los motivos de su rechazo. En caso de tratarse de una causa indeterminada, deberá ser reportada como tal si las pruebas son insuficientes para considerar como positiva o probable determinada causa. Entre las conclusiones se deberá indicar los aspectos del vuelo que contribuyeron al accidente y cuales no, indicando la causa probada o en su caso la causa mas probable del accidente.
- Recomendaciones: Las acciones y gestiones que deben promoverse en orden de prevenir futuros eventos similares, así mismo, deben ser difundidas a todo organismo, empresa o estado involucrado, interesado o que pueda realizar acciones con el fin de mejorar la seguridad aérea

## 2. Marco Teórico

La aviación es una utopía llevada a cabo, un sueño con connotaciones industriales y comerciales en constante crecimiento y desarrollo, debido a su uso y explotación masiva, y el especial interés e impacto que produce en la sociedad, es una actividad que merece un tratamiento especial y exhaustivo en lo que a seguridad se refiere. Desde el Flyer I de los hermanos Wright hasta las vanguardistas aeronaves y vehículos espaciales de hoy en día, siempre detrás de la columna de mando, en la línea de producción, en el hangar de mantenimiento o en el control de tráfico en tierra ha estado el hombre, y con él, la presencia insorteable del error humano.

El ser humano es el componente mas flexible, adaptable e igualmente vulnerable del sistema aeronáutico, la contrariedad inexpugnable de que el hombre no es ni física ni psicológicamente un ser volador, y que evolutivamente constituye un organismo de actividades terrestres y predominantemente diurnas, sumado a su deseo incesante de despegar sus pies del suelo y flotar en el aire desde hace ya mas de 100 años, ha creado dentro de la industria aeronáutica la necesidad de desarrollar una adecuada interface hombre-maquina, y del estudio especializado de los procesos y posibles interrupciones en esta interacción, las cuales desembocan en inexactitudes y errores que comprometen la seguridad operacional. De la misma manera, el trabajo en equipo coordinado y fluido y los procedimientos que requieren un trabajo conjunto y riguroso por parte del grupo operante han debido ser cuidadosamente estudiados e intervenidos. Esta red estructural de sistemas de interrelación es entonces el esqueleto de la gestión en Factores Humanos.

Según la OACI, "Como sistema socio-técnico complejo, la aviación demanda una coordinación precisa de un gran número de elementos humanos y mecánicos para su funcionamiento"<sup>8</sup>. La naturaleza humana, a veces flemáticamente definida como "*errare humanum est*", es el componente mas frágil y mas fácilmente influenciado por factores externos e internos que afectan su desempeño, por lo cual las fallas se encuentran latentes en cada paso de cada proceso; la ubicuidad del error humano estuvo, está y estará con nosotros en todos los niveles de acción y decisión, siempre que al frente de la operación se ubique una persona; el paso siguiente es trazar caminos y encontrar métodos para detectarlas y

---

<sup>8</sup> International Civil Aviation Organization; *Manual de Instrucción sobre Factores Humanos Internacional*, Documento 9683-AN/950

disminuirlas al máximo, el error humano es "una consecuencia no una causa, los errores están provocados por factores organizacionales y laborales"<sup>9</sup>.

Una de las gestiones mas importantes y eficaces en cuanto a mitigación de riesgos y reducción de la vulnerabilidad es la estandarización y protocolización de los procesos y conductas en los diferentes áreas de la operación, es así como todas las operaciones aéreas en el mundo están regidas sobre procedimientos normalizados de obligatorio cumplimiento, en tierra los procesos de fabricación, mantenimiento y reparación de todo equipo que intervenga en operaciones aéreas están regidas por manuales y protocolos emitidos generalmente por el fabricante y auditados por la autoridad regente, los cuales se encargan de expedir las licencias respectivas para el personal encargado. El proceso para convertirse en piloto de una aeronave es también regulado estrictamente con el fin de que cada persona en la tripulación cuente con el entrenamiento apropiado en tierra y en vuelo, presente un estado de salud optimo a la hora de operar la aeronave y acredite experiencia y suficiencia para pilotar el equipo. Para cada vuelo se han establecido maniobras de salida y aterrizaje normalizadas, así como es obligatorio el establecimiento de un plan de vuelo previo al despegue, las comunicaciones entre la aeronave y el control en tierra igualmente se realizan en un lenguaje universal y en un idioma común y fluido para ambas partes, por ultimo los controladores siguen procedimientos establecidos para llevar el vuelo desde su origen hasta su destino siempre bajo observación. Pero estos son solo algunos pocos ejemplos de cómo se canalizan y organizan los procedimientos propios de las operaciones aéreas, con el fin tanto de establecer un orden de fácil cumplimiento para todo operador como para la facilidad de encontrar el punto exacto de disrupción del proceso en caso de una falla. Pero no solo mediante la estandarización de los procedimientos y la capacitación y entrenamiento constantes de todo el personal se logra una adecuada gestión en seguridad, es necesario intervenir igualmente en las interacciones entre los múltiples ámbitos participantes, entre los diferentes equipos de personal que intervienen y en la actuación y concordancia entre las personas de cada grupo, la OACI recomienda que capacitar en "comunicación y cooperación" es determinante para disminuir la probabilidad de error.

Anteriormente se entendían las operaciones aéreas como a los individuos encargados de realizarlas, a las empresas que las organizaban y a las instituciones que las regulaban como entes separados unidos por un

---

<sup>9</sup> Reason, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*; Ashgate, Hampshire, 1997. Cap.7

objetivo común, cuando se presentaba algún accidente, la responsabilidad recaía en la persona directamente relacionada con el suceso, que al haber fallado activa o pasivamente, era depositario de toda la culpa, hoy entendemos la organización como "un todo, en el que las personas interactúan, y éstas los hacen dentro de un sistema mayor."<sup>10</sup>. La coordinación es realizada en cada accionar "la posibilidad de crear cultura se da en una coordinación de coordinaciones conductuales"<sup>11</sup>, Con lo cual nuestra coordinación depende de que nuestra actuación este a su vez coordinada con las acciones coordinadas de otros.

La importancia y comprensión del factor humano va encaminada a lograr el desempeño e integración de toda la organización, y con esto cada protagonista que directa o indirectamente tiene una responsabilidad con las operaciones aeronáuticas y por tanto debería de estar comprometido con la búsqueda de actividades con calidad. Se introduce aquí el concepto de CRM (*Crew Resource Management*), proceso mediante el cual el error generado en un único o múltiples eslabones de la cadena, es detectado oportunamente para evitar su trascendencia en la operación, mediante el uso eficiente de los recursos disponibles, que implican idoneidad física y mental al igual que una comunicación asertiva del personal involucrado en el proceso.

El proceso de CRM "tiene que ver con los factores subconscientes que condicionan nuestra conducta y los métodos para modificarla. CRM es una oportunidad para la introspección autocrítica, un valor humano sumamente dignificante pero, lamentablemente, alcanzable recién en la madurez; ni los adolescentes omnipotentes, ni los gerontes sabelotodo suelen ostentar sus atributos... La aceptación del hecho de que la seguridad de las operaciones no es el producto de factores aislados, sino de una concatenación de elementos interconectados en un sistema, y reconociendo que el "error humano" no es más que un síntoma de una afección sistémica subyacente de difícil diagnóstico, habrá que efectuar un chequeo preventivo de la salud de ese sistema"<sup>12</sup>. El concepto de CRM ha evolucionado a través de varias generaciones de gestión, convirtiéndose en la principal herramienta para mitigar el error humano, hoy en día CRM se extiende como *Complete resource management* y últimamente como TRM (*Total resource management*).

---

<sup>10</sup> Lázzari. C. *CRM como agente de cambio cultural y factores humanos*.  
[www.crmyffhh.com.ar](http://www.crmyffhh.com.ar)

<sup>11</sup> Maturana, H. *Formación Humana y Capacitación*, Dolmen, Chile, 1997.

<sup>12</sup> Vinderman. F. *La metodología CRM en Factores humanos en la prevención de accidentes*. [www.seguridad-la.com/artic/rrhh/7023.htm](http://www.seguridad-la.com/artic/rrhh/7023.htm)

En 1994, investigadores de la Universidad de Texas y expertos de Delta Airlines desarrollaron el sistema de manejo de la amenaza y el error (Threat and Error Management TEM), concepto basado en la seguridad de operaciones aéreas en función del desempeño humano, y originado en las auditorías a la seguridad de operaciones de línea (Line Operation Safety Audits LOSA), que ha evolucionado gradualmente gracias a la preocupación constante de mejorar los márgenes de seguridad en la operaciones aéreas a través de la integración práctica del conocimiento en Factores Humanos<sup>13</sup>. TEM fue un producto de la experiencia colectiva de la industria, esta experiencia reconocía que la interacción entre el humano y el contexto operacional era el elemento que más influenciaba el resultado final y en el cual yacía la carga operacional.

El sistema TEM cuenta con tres componentes básicos, desde la perspectiva de sus usuarios tiene diferencias mínimas en sus definiciones: Amenaza, error y estados indeseables. El sistema propone que las amenazas y errores son parte del día a día de la operación que deben ser manejados y mitigados adecuadamente, dado que ambos pueden potencialmente producir estados indeseables. Los estados indeseables acarrearán consigo desenlaces potencialmente inseguros, por lo cual constituyen el objetivo final de este sistema, la administración de los estados indeseables representa la última oportunidad de evitar un desenlace inseguro para mantener márgenes aceptables de seguridad. El sistema TEM puede ser usado como herramienta de análisis de un evento de seguridad aislado, o para entender tendencias sistémicas en una serie numerosa de eventos; y si bien fue inicialmente desarrollado en el ambiente de la cabina de vuelo, puede ser usado en los diferentes niveles de la operación.

En un esfuerzo por estandarizar las gestiones en seguridad operacional y así poder auditarlas y calificarlas de manera pertinaz, se ha difundido en los últimos años una nueva estrategia de seguridad conocida como Sistema de Administración de Seguridad (Safety Management System SMS), que se caracteriza como una estructura de sistemas para identificar, describir, comunicar, controlar y reducir o eliminar peligros y riesgos. Es un sistema de gestión funcional continua a través de toda la organización y proporciona un control positivo de la operación. El sistema debe ser responsable de asegurar la eficacia y la integridad del sistema de gestión operacional y de su control. Entidades internacionales como OACI y FAA han abanderado el sistema SMS como estándar de seguridad

---

<sup>13</sup> Maurino D. *Threat and Error Management (tem)*, Canadian Aviation Safety Seminar (CASS), Vancouver, Canada, 2005.

operacional y la tendencia es a exigirlo como mínimo requisito a la hora de certificar la seguridad de las operaciones aéreas.

En el marco del SMS, los estados exigen a cada operador, centro de mantenimiento, organismo ATS y explotador de aeródromo que pongan en práctica un programa de Seguridad Operacional en el que, como mínimo, deben:

- Identificar peligros
- Asegurar que se aplican las medidas correctivas necesarias
- Prever una supervisión permanente y una evaluación periódica
- Tener como meta mejorar continuamente el nivel global de seguridad operacional (ISO 9001: 2008)

En vista de la amplia gama de estrategias implementadas a la hora de mitigar el riesgo, se plantea en seguida otro abordaje de análisis y gestión de riesgos, desde el punto de vista del evento ocurrido, una vez se presenta el accidente, es la investigación de dicho suceso la llamada a arrojar nueva y reveladora información de las fallas del sistema y de las interrupciones presentes entre los actores de la operación y los sistemas de organización en los que interactúan, investigación que pretende responder al cuestionamiento de cual proceso fallo, en que eslabón se rompió la cadena y como los factores disfuncionales desencadenaron la serie de eventos y finalmente el accidente, información que será a la postre usada con el único fin de prevenir hechos similares en el futuro y de emitir recomendaciones con el fin de fortalecer la seguridad operacional. De aquí se deriva la necesidad de realizar un análisis exhaustivo con herramientas efectivas que arrojen resultados claros y precisos que a su vez permitan identificar las fallas mas frecuentes en los sistemas involucrados en las operaciones aéreas con el fin de realizar observaciones y posteriores correcciones a las actuales condiciones en las cuales se desarrollan.

En contraprestación al crecimiento logarítmico que la industria aeronáutica, y al alto impacto que en la sociedad produce cada accidente de aviación, la gestión del riesgo y el fortalecimiento de la seguridad operacional pronto se convirtieron en objetivo primordial para la industria, Finalizando la primera Guerra Mundial, cuando las estadísticas demostraron que sólo un 3% de las pérdidas de personal del poder aéreo durante la misma fueron en acciones de combate, se atribuyó el resto de aquellas al Error Humano, encaminándose desde entonces, el estudio y la búsqueda de soluciones a los problemas del hombre, relacionados con el vuelo. Los primeros investigadores basaban sus investigaciones en las fallas de la maquina, los errores del operador y los factores ambientales reorganizados en un triangulo equilátero en el que cada factor tenia el

mismo peso y trascendencia sobre el evento y eran analizados de forma independiente. En los años 60, se crearon conceptos de "Ingeniería humana", "Factores humanos", "Ergonomía", acuñados a finales de los años 40, y que pretendían situar al hombre en un papel más relevante que hasta entonces había jugado. En 1983 Swain y Guttman suponen que las acciones integradas del operador son consideradas de la misma forma que se considera en el ensamble de una pieza o conjunto mecánico, y proponen la evaluación de la interfase hombre-maquina en función de los errores humanos aislados o en relación con el funcionamiento u operación del equipo, así como los procedimientos y entorno operativo influyentes en el comportamiento del sistema<sup>14</sup>; desde entonces se intentaba primar la idea de adaptar los procesos al hombre, en vez de tener que adaptarse el hombre a los procesos.

Para 1972 Edwards recrea un modelo, modificado por Hawkins en 1975, donde se consideran otros factores influyentes sobre el tripulante, contribuyendo a producir accidentes (presiones anímicas, familiares, económicas, empresariales, etc.), este modelo llamado modelo SHELL (*Figura 2.1*) por las iniciales de sus componentes (Software, Hardware, Environment, Liveware, Liveware) fue adoptado por OACI mediante circular 216-AN31 y es su concepto metodológico oficial para el abordaje y análisis de Factores Humanos en Aviación. Este concepto pretende establecer una conversación coherente entre los procesos, la maquinaria, el ambiente, cada uno con el componente humano, en que las fallas individuales no son únicamente las causales de accidentes, sino, que se deben investigar hacia afuera causas subyacentes.

Sus Elementos se definen como sigue:

-*Software*. Corresponde al soporte lógico, como por ejemplo los procedimientos para llevar a cabo una tarea, los manuales, las listas de chequeos, las reuniones de coordinación, las instrucciones, etc.

-*Hardware*. Es el soporte físico, como puede ser cualquier tipo de máquina. Un computador, una grúa, una guillotina, etc.

-*Environment*. Corresponde al entorno sobre el que se mueve la persona, por ejemplo, la temperatura, la humedad, la presión del lugar de trabajo, el resto de las personas.

-*Liveware*. Corresponde al elemento humano y el más importante de todos. Indudablemente es el factor Liveware el componente más importante del enfoque. Sin embargo, la clave es la interacción, la complementación que se produce entre el elemento humano y los demás componentes del sistema.

---

<sup>14</sup> Swain, A. D., Guttman, H. E. *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. NUREG/CR-1278 (Washington D.C.). 1983.

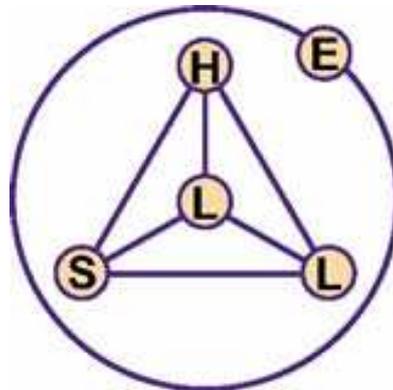


Figura 2.1: Modelo SHELL. Edwards-Hawkins

En 1990 James Reason crea un nuevo modelo para investigación de fallas humanas, conocido como modelo "Swiss Cheese" (Figura 2.2), el cual plantea el error como una sucesión de condiciones latentes que se organizan de manera secuencial configurándose como huecos en las tajadas de queso suizo, que arregladas en serie, configuran el escenario para la presentación del suceso, haciéndose necesaria la "permeabilidad" de cada una hasta la última condición que a la final configura el accidente.

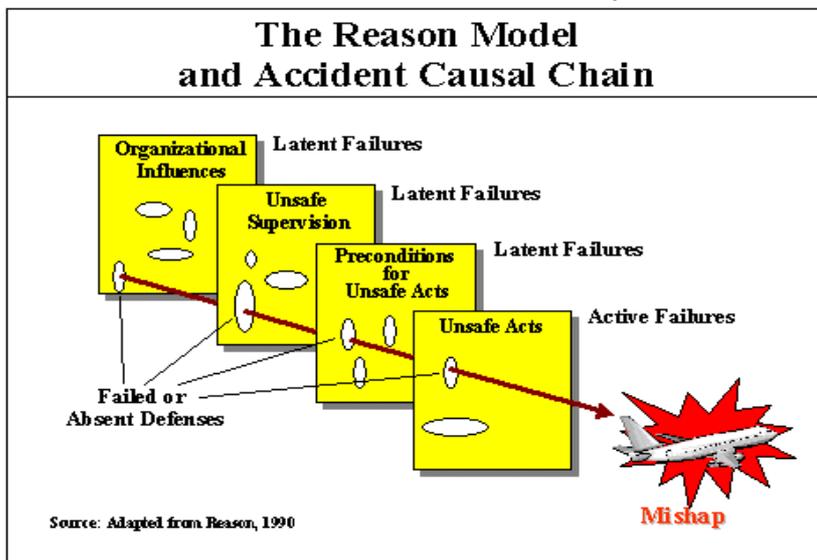


Figura 2.2: Modelo Reason "Swiss Cheese"

Esta conceptualización de los errores trascendentes de la operación introduce una dicotomía interesante a la hora de abordar las características de las fallas encontradas en el sistema:

- Los errores activos, aquellos que son identificados inmediatamente y que se asocian con las tareas de los operadores de primera línea en sistemas complejos.
  - Los errores latentes, cuyos efectos negativos están durmiendo en el sistema, y que sólo se hacen evidentes cuando se combinan con otros factores y/o superan las barreras de seguridad del sistema.
- Estos errores están alejados de las tareas de primera línea, asociándose a tareas como: el diseño, la toma de decisión a altos niveles, la gestión, el mantenimiento, etc.<sup>15</sup>

La Fuerza Naval norteamericana ha desarrollado una herramienta llamada Human Factors Analysis and classification system HFACS (*Figura 2.3*), que basado en el modelo de Reason, se complementa con directrices operativas basadas en preceptos teóricos sólidos, que detectan la falla a nivel del operador directo, develan posibles factores pre condicionantes para actos inseguros y profundizan en los niveles subyacentes organizacionales de supervisión y gerencia, creando así una estructura constituida por cuatro ámbitos subsecuentes creando una red en la cual los factores contribuyentes al evento van a quedar atrapados y evidentes a nuestra vista, análisis y posterior gestión<sup>16</sup>.

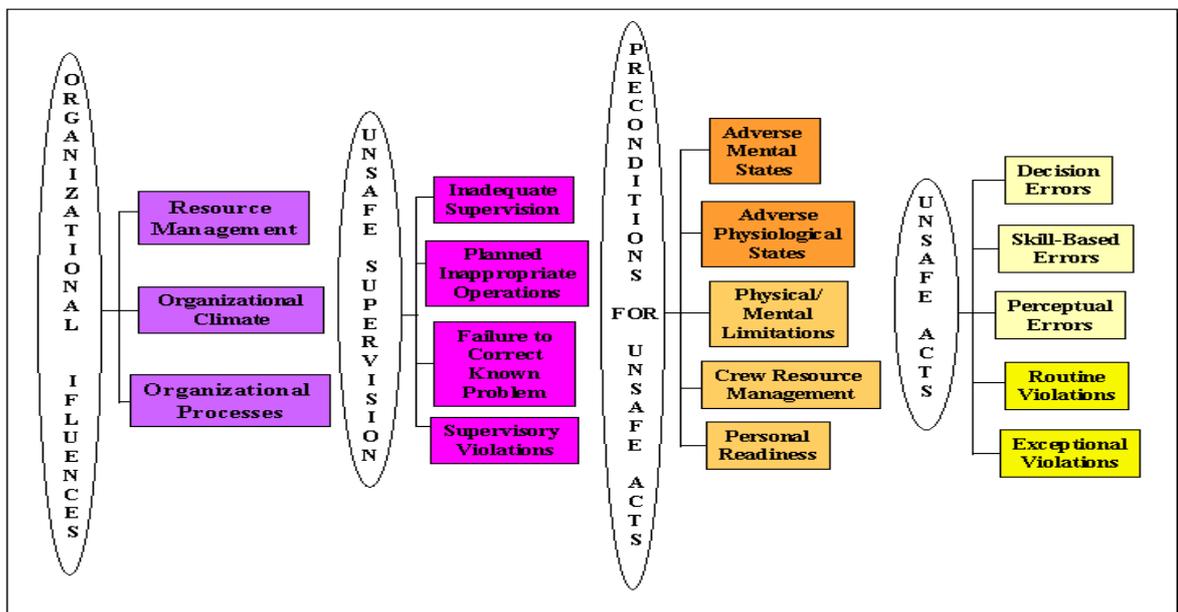


Figura 2.3: Modelo HFACS; Weigman y Shapell

<sup>15</sup> Reason, J. *Human error*. Cambridge University Press. 1990.

<sup>16</sup> Wiegmann, D. & Shappell, S. *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. Ashgate. 2003

Estos y otros sistemas de aproximación y análisis del error humano coinciden en que es necesario evaluar, de la manera más sistémica posible, todos los elementos de la cadena de causalidad para poder interpretar una determinada decisión por parte del componente de la operación a cualquier nivel de esta, esencialmente aquellas decisiones que desencadenan eventos de seguridad operacional no deseados, (accidentes), o tengan la potencialidad de materializarlos (incidentes). Los errores operacionales pueden ser descubiertos y mitigados antes de que produzcan eventos de seguridad indeseables, lo cual depende de muchos factores: el diseño del sistema, la supervisión gerencial, las comunicaciones entre operadores, listas de chequeo, auditorias etc. Sin embargo, incluso en el mejor diseño de sistemas, algunos errores o secuencias de acciones no son identificables, y presentan problemas especiales.

Cuanto más complejo sea un trabajo o una tarea, mayor es la probabilidad de error humano. Particularmente, en los casos de las tareas que implican un trabajo mental complejo de procesamiento de información, como el caso de las tareas de navegación. Un abordaje común identifica el error humano con fallos en la realización de una tarea de forma aceptable, adecuada o apropiada con respecto a un protocolo o estándar, clasificándolo como una desviación o falta a algún modelo normalmente aceptado. Diferentes definiciones han enfatizado los grados desde los que el error humano puede contemplarse como suceso negativo: causalidad, enfoque en las consecuencias o patrón de fallo sistemático; dentro de un sistema, los errores humanos que tienen la potencialidad de reducir la efectividad de todo del sistema son de particular reparo. La intencionalidad es otro aspecto del error humano de especial consideración, en general la mayoría de los errores no son intencionados, ni planificados, en el sentido de que un individuo puede realizar una impropia o inapropiada acción bajo la asunción del deseo de acertar, actuando bajo el precepto del mejor método de hacer las cosas, este comportamiento intencional es, simplemente, una falsa percepción de qué respuesta es la más apropiada en una situación dada, principio que queda en entredicho cuando la actuación representa una violación a las reglas o parámetros establecidos.

La investigación de accidentes de aviación y su evolución a lo largo de la línea de tiempo que comprende el desarrollo de las operaciones aeronáuticas, presenta cifras en las que el factor humano está envuelto en aproximadamente 2/3 de los accidentes como causa probable para la ocurrencia de los mismos, las cifras varían entre un 65% a 85% según la fuente de información consultada, en efecto, series de estudios recientes evidencian que en los últimos 50 años, los errores humanos han sido la principal causa de accidentalidad aérea (*Tabla 2.1*), y entre ellos se

destacan en frecuencia el error del piloto, al cual se le atribuye mas de la mitad de los eventos, tratándose bien de errores humanos propiamente dichos, o bien inducidos por fallas mecánicas o condiciones ambientales desfavorables. A estos porcentajes, con el fin de estimar el total del Factor Humano, habrían de sumarse los porcentajes de Otros Errores Humanos, y los porcentajes en los que la Falla Mecánica u Otras Causas están determinadas por Factores Humanos

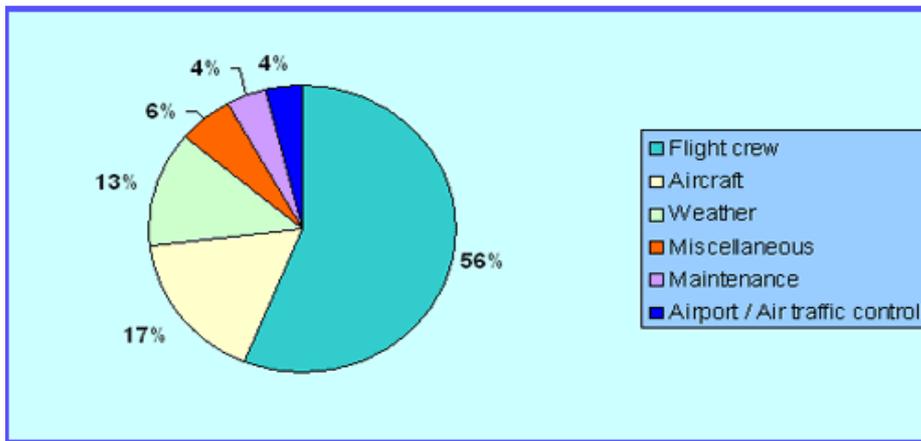
**Tabla 2.1. Porcentaje de Causas de Accidentes Aéreos por décadas: 1950-2000**

<b>Cause</b>	<b>1950s</b>	<b>1960s</b>	<b>1970s</b>	<b>1980s</b>	<b>1990s</b>	<b>2000s</b>	<b>All</b>
<b>Pilot Error</b>	41	37	29	30	31	30	33
<b>Pilot Error (weather related)</b>	11	17	15	16	19	19	16
<b>Pilot Error (mechanical related)</b>	7	3	4	4	6	3	4
<b>Total Pilot Error</b>	59	57	48	50	56	52	53
<b>Other Human Error</b>	4	7	10	6	7	9	7
<b>Weather</b>	14	11	10	12	9	8	11
<b>Mechanical Failure</b>	20	19	21	21	21	25	21
<b>Sabotage</b>	3	4	9	10	7	6	7
<b>Other Cause</b>	0	2	2	1	1	0	1

*Fuente: planecrashinfo.com*

Si bien la estandarización de conceptos y términos a la hora de categorizar las causas de los accidentes de aviación es cosa de los últimos años, las diferentes taxonomías y métodos de clasificación permiten una extrapolación general de una a otra, otra fuente consultada presenta resultados que se muestran en la *Figura 2.1* y que son asimilables a los anteriormente citados, mostrando como causa mas prevalente las fallas de la tripulación de vuelo, seguido por causas mecánicas y causas relacionadas con factores meteorológicos, y después causas misceláneas, de mantenimiento y de control de trafico aéreo; al sumar de estas las causas que envuelven el Factor Humano el total redondeara entre el 75% y el 85% citado anteriormente.

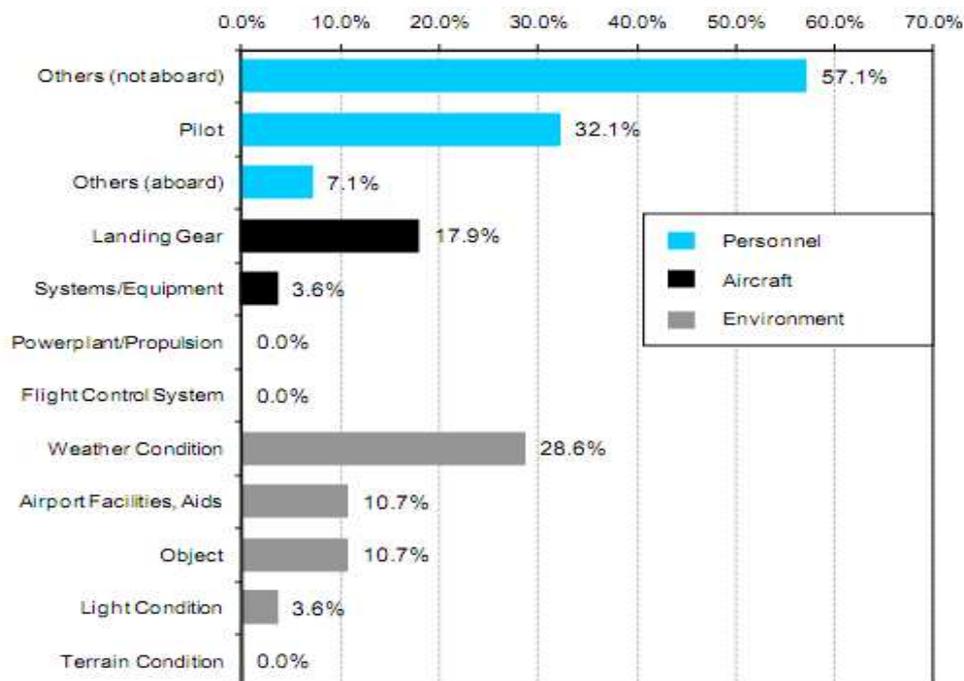
**Figura 2.1. Causas Raíz de Accidentes Aéreos**



Fuente: 1001crash.com

La Junta de Seguridad de Transporte Nacional Estadounidense NTSB, muestra las causas y factores mas frecuentes en la accidentalidad aérea de los vuelos regulares (Parte 121), separándolas en 3 categorías: Personal, Aeronave y Ambiental; entre las cuales la categoría Personal evidencia el mayor porcentaje. *Figura 2.2*

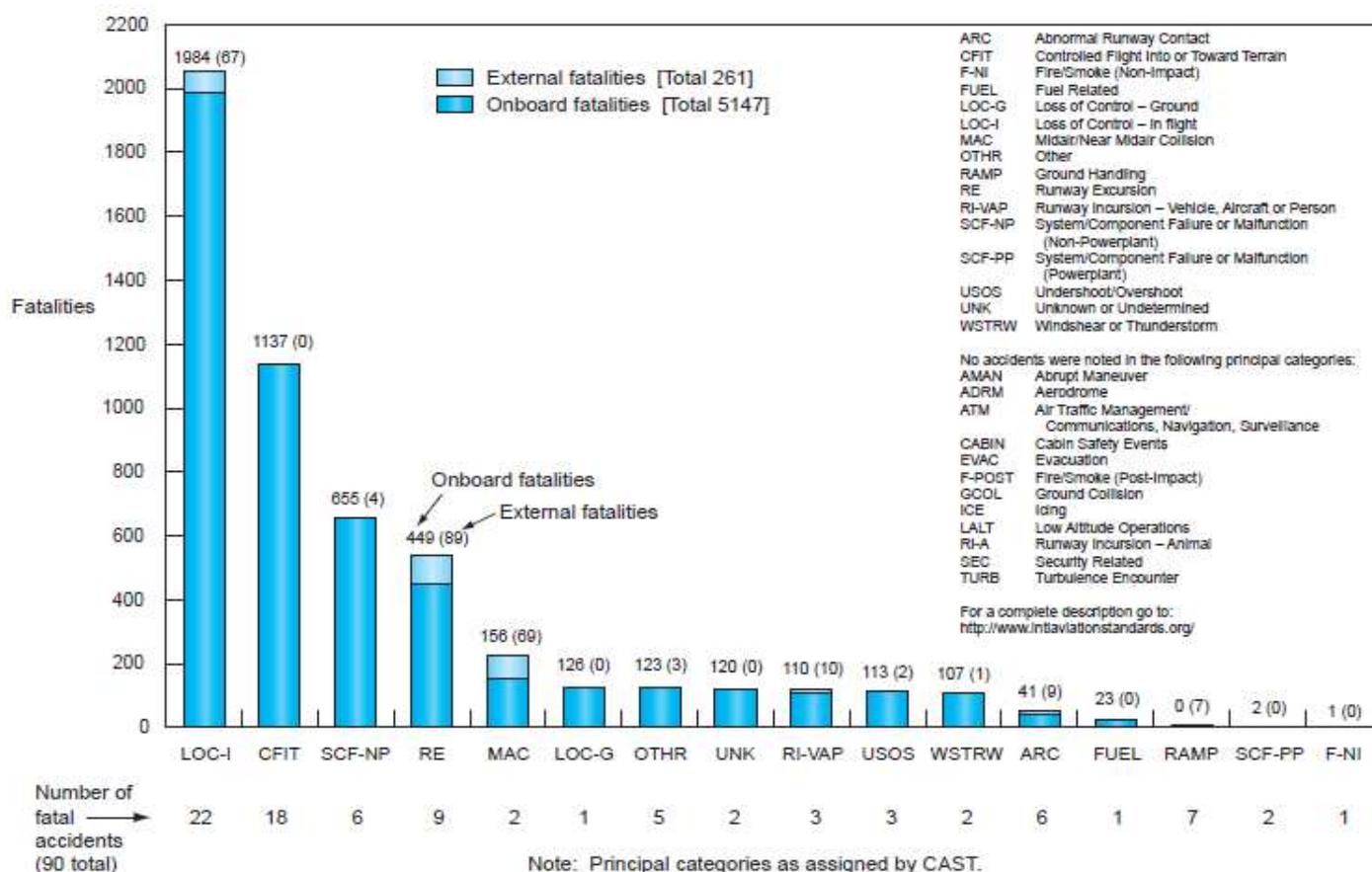
**Figura 2.2. Causas en accidentes de vuelos Regulares 2006**



Fuente: NTSB Annual Review of Air Carrier Accident Data 2006

Una vez estimadas estas estadísticas gruesas categorizadas primordialmente por el actor de la operación en quien se evidencio la falencia que desencadeno la secuencia de eventos que configuraron cada accidente, y en el orden de ideas de establecer tendencias concretas que permitan emitir recomendaciones en seguridad eficaces, se hace necesario estudiar específicamente las causas directas de la accidentalidad, lo cual permite desglosar el Factor Humano en errores y fallas puntuales. La *Figura 2.3* muestra la distribución de causas y fatalidades por ocurrencia según la taxonomía CAST/ICAO en accidentalidad de aviación comercial Jet desde 1998 hasta 2007<sup>4</sup>, poco mas del 22% de los accidentes fueron de tipo Perdida de control de la Aeronave en vuelo (LOC-I), mientras 20% se trataron de accidentes del tipo Vuelo Controlado Contra el Terreno (CFIT), en tercer lugar de frecuencia encontramos accidentes del tipo Excursión de Pista (RE), con algo menos del 10% y seguidamente están las Fallas de Sistemas o Componentes distintos a la Planta Moto-propulsora (SCF-NP) con aproximadamente 6%, mencionando únicamente los mas frecuentes.

**Figura 2.3. Fatalidades por tipo de Ocurrencia en accidentes de Aviación Jet Comercial. (Según taxonomía CAST/ICAO)**



Fuente: Boeing 2007 Statistical summary, July 2008

Un estudio de la Administración Federal de Aviación FAA, analizando específicamente los Factores Humanos determinantes de accidentalidad en la aviación comercial de los Estados Unidos usando HFACS<sup>17</sup>, mostro que la mayor parte de los accidentes tuvieron causas en fallas o actos inseguros del operador de primera línea, seguidos por causas subyacentes a precondiciones para actos inseguros, especialmente aquellas relacionadas con el ambiente físico que rodea las operaciones. Los resultados completos se plasman en la *Tabla 2.2*. Estos porcentajes no suman 100% debido a la multicausalidad de los accidentes de aviación, que permiten el encontrar más de una categoría en cada evento.

**Tabla 2.2 Frecuencia y Porcentaje de Accidentes asociados con categorías de HFACS por tipo de Operación Comercial**

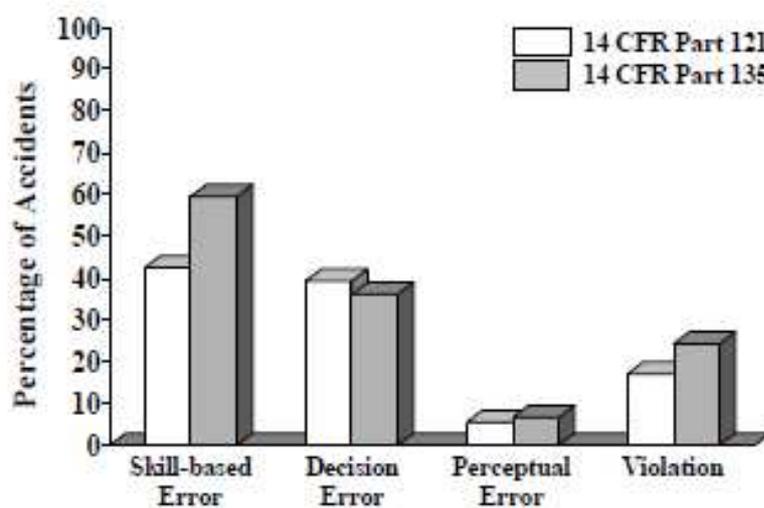
HFACS Category	Air Carrier	Commuter	Total
<b>Organizational Influences</b>	N (%)	N (%)	N (%)
Resource Management	4 (2.2)	0 (0.0)	4 (0.4)
Organizational Climate	0 (0.0)	4 (0.5)	4 (0.4)
Operational Process	21 (11.6)	29 (3.5)	50 (4.9)
<b>Unsafe Supervision</b>			
Inadequate Supervision	15 (8.3)	21 (2.5)	36 (3.5)
Planned Inappropriate Operations	3 (1.7)	5 (0.6)	8 (0.8)
Failed to Correct Known Problems	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Supervisory Violations	0 (0.0)	2 (0.2)	2 (0.2)
<b>Preconditions of Unsafe Acts</b>			
<i>Environmental Conditions</i>			
Technological Environment	11 (6.1)	4 (0.5)	15 (1.5)
Physical Environment	67 (37.0)	525 (62.6)	592 (58.0)
<i>Conditions of the Operator</i>			
Adverse Mental States	6 (3.3)	60 (7.2)	66 (6.5)
Adverse Physiological States	6 (3.3)	18 (2.1)	24 (2.4)
Physical/Mental Limitations	6 (3.3)	39 (4.6)	45 (4.4)
<i>Personnel Factors</i>			
Crew Resource Management	34 (18.8)	75 (8.9)	109 (10.7)
Personal Readiness	0 (0.0)	3 (0.4)	3 (0.3)
<b>Unsafe Acts of the Operator</b>			
Skill-based Errors	77 (42.5)	499 (59.5)	576 (56.5)
Decision Errors	71 (39.2)	303 (36.1)	374 (36.7)
Perceptual Errors	10 (5.5)	56 (6.7)	66 (6.5)
Violations	31 (17.1)	205 (24.4)	236 (23.1)

Fuente: FAA DOT/FAA/AM-06/18

<sup>17</sup> Federal Aviation Administration. *Human Error and Commercial Aviation Accidents: A Comprehensive, Fine-Grained Analysis Using HFACS*. Report N° DOT/FAA/AM-06/18. Office of Aerospace Medicine. 2006

El elevado porcentaje en que los actos inseguros del operador contribuyeron para la accidentalidad nos invita a profundizar un poco más en este aspecto, en el mismo estudio se desglosa la causalidad específica de actos inseguros en cada una de sus categorías, Errores basados en Habilidades, Errores de Decisión, Errores de Percepción, y Violaciones, entre estos se encuentran los Errores Basados en Habilidades como los más frecuentes. La *Figura 2.4* muestra estos resultados, divididos en columnas por tipo de operación; Aviación comercial regular (Parte 121) y Aviación comercial a demanda (parte 135).

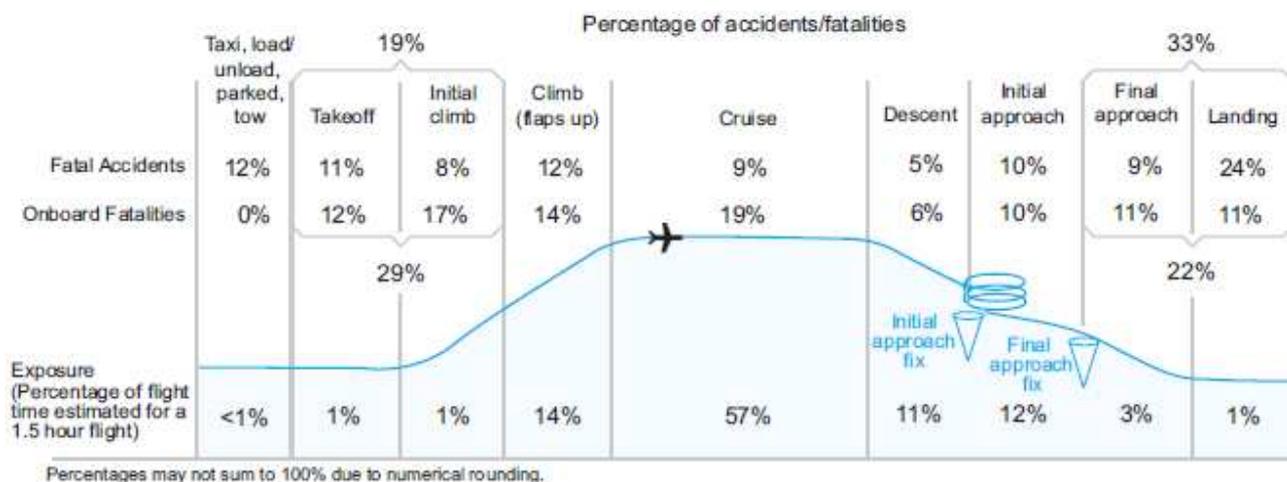
**Figura 2.4. HFACS. Actos inseguros por tipo de operación.**



*Fuente: FAA DOT/FAA/AM-06/18*

Las actividades y demanda operacional durante las diferentes fases de vuelo varían ampliamente, la carga de trabajo sobre la tripulación, los servicios de tráfico aéreo y los componentes de la aeronave en sí mismos durante el despegue, aproximación y aterrizaje es significativamente mayor a las demás fases de vuelo, creando el concepto de el *Cono de Aproximación*, en el cual se ha visto típicamente la mayor frecuencia de accidentes<sup>17</sup>, en efecto, la *Figura 2.5* ilustra la distribución de accidentalidad y fatalidades por fase de vuelo en la aviación Jet comercial mundial entre 1998 y 2007, mostrando los mayores porcentajes de accidentalidad durante el aterrizaje (33%) y despegue (19%).

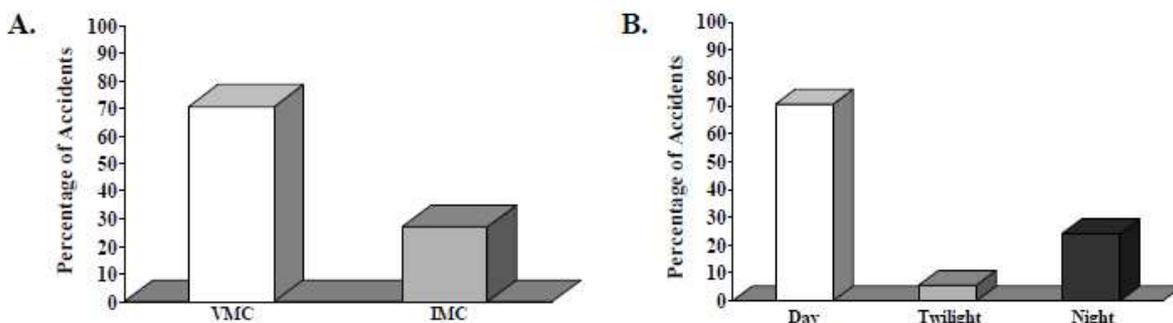
**Figura 2.5. Accidentes fatales por fase de vuelo. Aviación Jet Comercial Mundial entre 1998 y 2007**



Fuente: Boeing 2007 Statistical summary, July 2008

Otro de los factores con importante influencia sobre la accidentalidad constituye las condiciones atmosféricas y ambientales reinantes al momento del evento, en el estudio de la Administración Federal de Aviación se muestra el porcentaje de accidentes de Aviación Comercial Regional según condiciones atmosféricas, encontrándose la mayor parte de los accidentes en operaciones de tipo Reglas de Vuelo Visuales (VFR) (alrededor de 70%), porcentaje similar al registrado por la operaciones durante luz diurna<sup>17</sup>. Figura 2.6 A y B

**Figura 2.6. Porcentaje de accidentes de Aviación comercial por reglas de vuelo (A) y por iluminación (B)**



Fuente: FAA DOT/FAA/AM-06/18

Estos datos en la literatura especializada en Aviación y Factores Humanos muestran tendencias y porcentajes de comportamiento de la accidentalidad aérea en las diferentes modalidades operacionales de la aviación civil mundial, el estudio a conciencia de estas cifras ha permitido el desarrollo e implementación práctica de las diferentes herramientas de gestión de la seguridad que hoy en día son estándar mandatorio en la mayoría de las empresas de la industria, todas ellas enfocadas y basadas en la intervención activa sobre los diferentes ámbitos del Factor Humano como principal determinante de eventos de seguridad aérea

El anexo 13 al convenio de Chicago contiene estándares que requiere que los estados contratantes reporten a la OACI la información concerniente a accidentes de aviación que involucren aeronaves de más de 2250 kg de peso bruto al despegue, la organización también solicita información de incidentes considerados de importancia para la seguridad aérea y la prevención de accidentes<sup>5</sup>.

El término accidente se define en el anexo 13. En general un accidente de aviación ocurre cuando:

- a) Una persona sufre lesiones mortales
- b) La aeronave sufre daños mayores o daño estructural
- c) La aeronave esta desaparecida

En el transcurrir histórico de la investigación de accidentes de aviación, a pesar del evidente progreso de las técnicas investigativas que han permitido intervenir los factores de riesgo en todos los niveles de la operación, y de la interiorización y concientización de los actores de la industria de la seguridad como precepto básico para toda operación, ha existido un problema de estandarización y transversalización de términos y conceptos, para lo cual, la OACI ha creado estamentos internos encargados de la estandarización por medio de la creación de taxonomías comunes para todos los estados contratantes.

El sistema de reporte de Accidentes/Incidentes (Accident/Incident Data Reporting) (ADREP) es operado y soportado por la OACI; ADREP recibe, almacena y provee a los estados con información de accidentalidad aérea para asistirlos en el proceso de validación de sistemas de seguridad aérea. El sistema fue establecido en 1976 pero ha evolucionado para cumplir los estándares de tecnología de la información y de la industria en general, la versión de ADREP en uso actualmente es ADREP 2000. El sistema de reporte ADREP esta basado en el uso de una taxonomía común, que es periódicamente actualizada en cooperación con los estados contratantes, así mismo, se ha sugerido a los estados usar esta taxonomía en su estadística interna para si permitir la armonización para el intercambio y recopilación de información de interés en seguridad aérea. Una taxonomía común constituye una herramienta indispensable para definir cuestiones

comunes de seguridad operacional y formas complementarias de mejorar, a nivel mundial, la seguridad operacional de la aviación<sup>18</sup>. Desde la celebración de la Reunión Departamental Sobre Investigación y Prevención de Accidentes de Aviación (AIG) en 1974, el sistema ADREP ha evolucionado al ir incorporando gradualmente el conocimiento derivado de investigaciones de seguridad operacional a escala mundial realizadas a través de los años.

La OACI implantó el sistema ADREP para centralizar los datos de seguridad operacional relativos a las circunstancias y causas de accidentes e incidentes, determinadas por las autoridades nacionales, y para difundir estos datos entre los Estados contratantes para fines de prevención.

También incluía conclusiones y los temas de las recomendaciones en materia de seguridad operacional, a fin de difundirlos y crear indicadores de seguridad operacional. Las decisiones que se tomaron durante la AIG 1974 llevaron a la creación del ADREP 1976, que se convirtió en una base de datos de información generada por computadora derivada del sistema que la NTSB (Junta Nacional de Seguridad del Transporte) ya utilizaba. Se adoptó su estructura de codificación, pero se agregó un campo para la narrativa. Además, dicho sistema traducía la información codificada al español, francés e inglés. Cuando la OACI comenzó a operar el sistema, se había recodificado aproximadamente 5000 incidentes que databan de principios de los años setenta, que provenían de la codificación de viejos informes o de la conversión de datos NTSB y de las "notificaciones iniciales de accidentes" que la Organización había recibido anteriormente. Los requisitos de notificación para el sistema de notificación ADREP se introdujeron en la cuarta edición del Anexo 13, en abril de 1976.

La AIG de 1992 pidió que se introdujera otra mejora en la taxonomía ADREP e inició el Grupo de estudio ADREP 2000. Se refinó la taxonomía ADREP 1987 con una estructura más avanzada e integral. En esta última versión (ADREP 2000), el modelo SHELL se integró a nivel de factores explicativos para describir el sistema de la aviación. Esta estructura de varios niveles da flexibilidad al analizar las fallas del sistema. Además, los elementos del modelo SHELL también se presentan en listas en forma de árbol y cada uno puede aplicarse a personas u organizaciones, a fin de cubrir, respectivamente, fallas activas y sistémicas. También, debido a la importancia creciente de la notificación de incidentes, se introdujeron nuevos tipos de sucesos para poderlos describir de manera apropiada. Al mejorar el sistema para llegar al ADREP 2000.

El Centro de Investigación Conjunta (JRC) de la Comisión Europea desarrolló un sistema de bases de datos, el Centro europeo de

---

<sup>18</sup> International Civil Aviation Organization; *Accident Investigation and Prevention (AIG) Divisional Meeting*. Working paper AIG/08-WP/34. ICAO 2008

coordinación de sistemas de informes de incidentes de aviación (ECCAIRS), que presta apoyo a las taxonomías ADREP de la OACI. Inicialmente utilizaba el ADREP 1987 y, después, implantó la taxonomía ADREP 2000 con la versión 4 del sistema ECCAIRS. El 1 de enero de 2004, empezó a funcionar el ADREP 2000, cuando la OACI y otras autoridades de investigación comenzaron a emplear el ECCAIRS 4 para manejar la notificación de incidentes e intercambiar datos sobre seguridad operacional. Desde 2004, la taxonomía se ha mantenido casi igual para facilitar que otros órganos adopten el ECCAIRS 4. El grupo de usuarios del sistema ADREP se formó para que se encargara de las propuestas de cambios relacionadas con la taxonomía. Estas propuestas procedían principalmente de la comunidad de usuarios del sistema ECCAIRS, que no se limita a Europa. Un número creciente de autoridades han usado el ECCAIRS como herramienta de notificación. Dichas autoridades expresaban específicamente que tenían necesidad de registrar mejor los datos de incidentes. En la versión 4.2.7 del ECCAIRS, se revisó la taxonomía ADREP (revisión de 2007) para mejorar la codificación de incidentes dentro de los límites de la estructura taxonómica. Esto significó agregar nuevos valores para registrar, por ejemplo, incidentes específicos relacionados con la ATM u operaciones aeroportuarias. Agregar nuevos campos de datos exige cambiar la estructura de datos, lo que se tiene previsto para la próxima versión del ECCAIRS. Además, se introdujo un enfoque de clasificación de los tipos de sucesos más riguroso.

El sistema de reporte ADREP recopila información mediante 3 métodos principales.

- a) Responder a preguntas de respuesta corta
- b) Listar la secuencia de eventos
- c) Describir la secuencia en forma de narrativa

Estos datos son de escogencia múltiple, de característica categórica, con opciones limitadas y codificadas. Se introducen datos de entrada directa en información de fecha y lugar.

Se inicia por catalogar el tipo de evento, y la fase en el cual ocurrió cada uno de ellos, seguidamente se procede a reportar estado y lugar y hora de ocurrencia, tipo de aeronave, número y tipo de motor, tipo de operación y explotador. Se procede luego a catalogar el nivel de lesiones y el nivel de daño a la aeronave.

Una vez completada la información básica de los eventos, se procede a categorizar los factores que configuraron el accidente, se inicia por catalogar los factores descriptivos de los eventos, que describen en detalle que sucedió durante el evento describiendo los fenómenos presentes, algunos de los factores descriptivos son redundantes con la información de los eventos.

Los factores descriptivos constan de dos subpartes, un modificador y un sujeto. El modificador es entendido como un adjetivo que detalla el factor descriptivo en general, la lista de modificadores es limitada y cuenta con cerca de 450 opciones distintas. El sujeto del factor descriptivo provee información de que elemento se vio envuelto en el accidente, y se agrupan en subcategorías: Componentes y sistemas, Operación de aeronaves, Servicio y mantenimiento de aeronaves, Control de tráfico aéreo, Aeródromo y Meteorología. A su vez, cada uno de estos se subdivide en categorías que comprenden cada uno de los diferentes actores contenidos en cada grupo.

Por ejemplo, en un accidente tipo vuelo controlado contra el terreno en una ladera en crucero, en el que el piloto decidió volar bajo reglas de vuelo visual (VFR) en condiciones de vuelo instrumental (IMC), la codificación sería la siguiente:

Evento: Colisión contra terreno elevado

Fase de vuelo: Crucero

Factor descriptivo y modificador: Decisión inapropiada

Sujeto: Operación de aeronaves; Tripulación de vuelo

Después de completar la información de factores descriptivos, se prosigue con la categorización de factores explicativos, los cuales explican porque sucedió el evento, y su utilidad es determinar que acciones preventivas pueden requerirse. Los factores explicativos solo tienen sentido cuando se puede establecer que una organización o persona estuvo envuelta en el accidente, por lo cual, si la investigación no determino esta participación, no debería codificarse ningún factor explicativo. Las fallas técnicas no son incluidas en los factores explicativos, a menos que se pueda establecer fallas de algún actor que iniciaron la cadena de eventos.

Es aquí donde se introduce el análisis de Factores Humanos con el sistema SHELL, el cual categoriza las fallas del Factor explicativo bajo cada uno de los ámbitos del sistema bajo las siguientes categorías:

- 1) Liveware: Factores relacionados al factor humano propiamente dicho
- 2) Interface Liveware-Environment: Factores relacionados a la interacción entre el humano y su entorno físico de desempeño
- 3) Interface Liveware-Hardware/Software: Factores relacionados con la interacción entre el humano y el soporte físico y lógico de las operaciones
- 4) Interface Liveware-Software/Firmware: Factores relacionados con la interacción entre el humano y el soporte lógico, específicamente el relacionado con sistemas de cabina de cristal e interfaces de navegación y administración de datos modernos.

- 5) Interface Liveware-Sistemas de Soporte: Factores relacionados con la interacción entre el humano y los sistemas de soporte de la operación, como procedimientos y entrenamiento.
- 6) Interface Liveware-Liveware: Factores relacionados con la interacción entre humanos.

Al igual que los factores descriptivos, bajo los factores explicativos se agrupan subcategorías de modificador y sujeto, El modificador es el adjetivo que muestra la naturaleza y detalles de la actuación del sujeto, que corresponde a la organización o persona envuelta o responsable del factor explicativo.

En el ejemplo propuesto arriba, los factores explicativos se categorizarían de la siguiente manera:

Modelo SHELL: Liveware

Factor Explicativo: Limitaciones psicológicas

Organización/persona: Piloto al mando

Modificador Explicativo: Violación de procedimientos

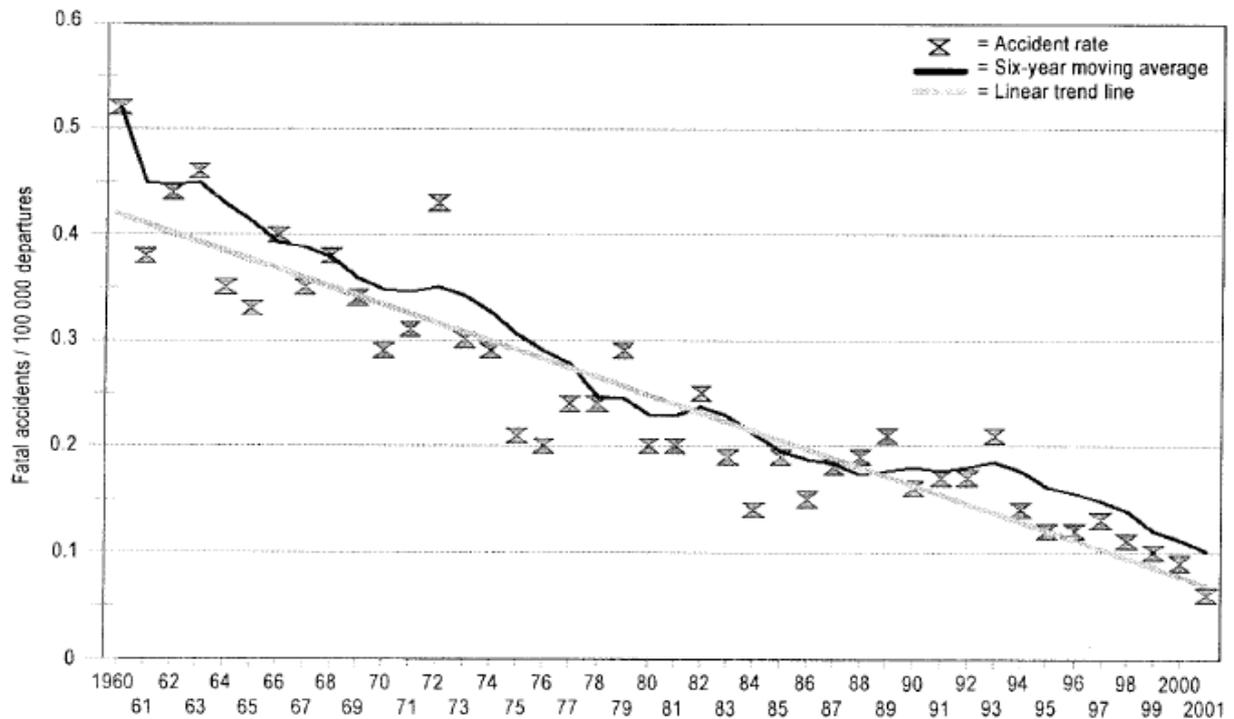
La metodología del sistema ADREP ha sido adoptada mundialmente por un gran número de estados contratantes que reportan sus eventos de seguridad a la organización, alimentando una base de datos con estadísticas útiles en materia de seguridad aérea, para marzo de 2002, el sistema soportado por OACI contenía alrededor de 28590 reportes: 7188 reportes preliminares, 17782 reportes finales y datos no oficiales de 3620 eventos. De este total de reportes, 77,3% fueron reportes de accidentes, y 22,7% correspondían a informes de incidentes. La aviación general aportó un 49.5% de los reportes, y las operaciones de línea un 50,5%; del total de eventos reportados, 93% involucraron aeronaves de ala fija, mientras 7% fueron de aeronaves de ala rotatoria.<sup>19</sup>

En la *Figura 2.7* se ilustra la tasa de accidentes fatales en operaciones aéreas regulares entre 1960 y 2001, en términos de accidentes fatales por 100000 despegues, mostrando una tendencia descendente general, que coincide con otras estadísticas encontradas en la literatura y en los diferentes estudios y reportes que recopilan información de accidentalidad aérea de diferentes tipos de operaciones.

---

<sup>19</sup> International Civil Aviation Organization; *Accident/Incident Reporting(ADREP); Annual Statistics 2001*. Circular 294 AN/169. ICAO 2002

**Tabla 2.7. Tasa de Accidentes fatales por 100000 despegues Operaciones Regulares 1960-2001**

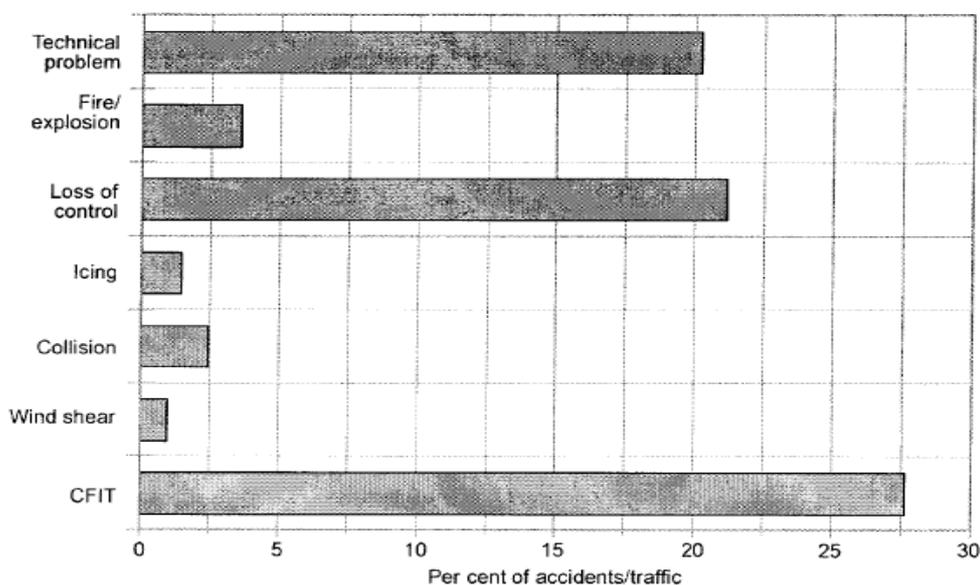


Fuente: ADREP Annual Statistics 2001

En lo que respecta a las causas de accidentalidad, la *Figura 2.8* muestra la distribución de las causas de accidentes de aviación en el mundo con fatalidades o pérdidas totales de las aeronaves entre 1992 y 2001, revelando como causa mas frecuente el vuelo controlado contra el terreno (CFIT) con aproximadamente 27%; seguido por la perdida de control de la aeronave en vuelo con alrededor de 21%.

Estas proporciones son ciertamente extrapolables a otras estadísticas logradas en los diferentes estudios de accidentalidad aérea en el mundo, con la facilidad que representa el entender estas estadísticas en términos comunes reunidos bajo un mismo lenguaje común plasmado en la taxonomía ADREP 2000, esfuerzo realizado por OACI y entendido por los países contratantes como una necesidad para lograr altos estándares en seguridad operacional y como un paso para la cooperación internacional y el intercambio de experiencias y resultados a la hora de mitigar riesgos e intervenir la industria de manera efectiva.

**Figura 2.8. Distribución de causas de accidentalidad aérea mundial con fatalidades o pérdida total de aeronave. 1992-2001**



*Fuente: ADREP Annual Statistics 2001*

En observación de las múltiples fuentes de información en seguridad aérea, y de la sensibilización en general de todos los niveles de las operaciones aéreas en la fundamental importancia de que cada operación cumpla con lineamientos y estándares establecidos de seguridad, y gracias a la unificación y globalización de la información en eventos de seguridad aérea que proveen los estados a la base de datos de OACI, es posible contar con guías y protocolos generales que orientan y establecen bases de administración y manejo de la seguridad aérea, el Manual de Administración de Seguridad (SMM)<sup>20</sup> de la OACI es un documento guía para los estados contratantes en relación a la metodología de implementación y desarrollo de sistemas de seguridad aérea mediante proveedores, así como recomienda metodologías de desarrollo de un Programa de Seguridad Estatal (SSP) en concordancia con estándares internacionales y practicas recomendadas contenidas en la colección e anexos al convenio de Chicago, estrategias basadas en la observación de las tendencias y patrones frecuentes de accidentalidad arrojadas durante la historia de la aviación y el análisis de la accidentalidad aérea mundial desde sus inicios

<sup>20</sup> International Civil Aviation Organization; *Safety Management Manual*. Document 9859 AN//474. ICAO, 2009

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo Principal:**

El objetivo del presente estudio es determinar los factores causales de accidentalidad aérea en Colombia, describiendo su comportamiento y frecuencia, mediante el análisis de los factores humanos en todos los ámbitos de la operación aérea que implican la actuación humana, con el fin único de identificar las falencias evidenciadas y gestionar acciones específicas y directas de modo que contribuyan al mejoramiento de la seguridad aérea y al crecimiento y desarrollo de la industria en nuestro país.

Se pretende con el presente estudio, caracterizar y analizar cuantitativa y cualitativamente los diferentes aspectos determinantes de accidentalidad aérea en el territorio colombiano durante el periodo comprendido entre 1995 y 2009 usando la taxonomía ADREP 2000, presentando estadística descriptiva de datos básicos de los accidentes registrados en este periodo, con especial énfasis en el análisis de los Factores Humanos determinantes de dichos accidentes.

#### **3.2. Objetivos Secundarios:**

- Establecer los patrones más frecuentes de accidentalidad aérea en Colombia, así como las condiciones más prevalentes en las que se configuraron los eventos.
- Comparar los resultados encontrados en el análisis, con la estadística mundial
- Discutir los resultados encontrados en función de las condiciones operacionales propias de la aviación colombiana.
- Emitir recomendaciones de gestión e intervención en Factores Humanos para la aviación civil colombiana basados en los resultados obtenidos.

## 4. Metodología

Se recopilieron los informes preliminares y finales de los accidentes de aviación civil ocurridos en territorio colombiano entre enero de 1995 y diciembre de 2009, fallados y firmados oficialmente para el mes de Junio de 2010; archivos que reposan en la oficina del Grupo de Investigación de Accidentes de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil UAEAC. Se excluyeron reportes no fallados, reportes de aeronaves desaparecidas, archivos dañados o que no correspondían al accidente en cuestión.

De cada informe se recopilaron datos básicos correspondientes a:

- Fecha y hora del accidente
- Tipo de aeronave (modelo)
- Tipo de ala (ala fija-ala rotatoria)
- Tipo de motor
- Numero de motores
- Nivel de daños a aeronave
- Departamento de ocurrencia del accidente
- Aeródromo de ocurrencia del evento (si aplica)
- Regional (según distribución UAEAC)
- Tipo de operación
- Categoría de tipo de operación
- Fase de vuelo de ocurrencia del accidente
- Condiciones meteorológicas a la hora del accidente

Se extractaron igualmente datos correspondientes a la tripulación y ocupantes a bordo:

- Nivel de lesiones
- Porcentaje de supervivencia
- Edad del piloto al mando
- Horas de vuelo del piloto al mando
- Estado licencia medica piloto al mando
- Estado licencias técnicas piloto al mando

Una vez extraídos los datos básicos de cada ocurrencia, se procedió a realizar el análisis de las causas de accidentalidad basado en las conclusiones, causa probable y recomendaciones de cada accidente. Inicialmente se consigno la causa probable o causa raíz como se registró en el informe final de cada accidente, causas estandarizadas a términos de uso común, algunos de estos, correspondientes a otras taxonomías o metodologías de reporte, y se procedió a codificarlo según Eventos consignados en la taxonomía común OACI ADREP 2000.

A cada evento se le realizó análisis de la causa probable y del primer factor contribuyente registrado en el informe en función de la taxonomía ADREP 2000, esto es codificando el factor descriptivo, su correspondiente sujeto y modificador, la categoría SHELL y la organización o persona involucrado, el factor explicativo con su correspondiente modificador y sujeto; respectivamente para la causa probable o causa raíz y para el primer factor contribuyente.

Para aquellas ocurrencias en las que la causa probable fue indeterminada, o en las que se trataba de falla de componentes y sistemas o factores meteorológicos en el sujeto del factor descriptivo, no se continuó con análisis posterior como sugiere la metodología de codificación de la taxonomía ADREP 2000.

Se realizó una prueba inicial de análisis a 30 accidentes, con la asesoría y gentil colaboración de miembros del Grupo de Investigación de Accidentes de UAEAC familiarizados con la taxonomía, para corroborar la consistencia, precisión y rigurosidad del análisis por parte del investigador.

Se reunieron los datos resultantes del análisis y codificación según ADREP 2000 y se les realizó un análisis de estadística descriptiva para cada variable analizada, encontrando distribuciones, frecuencias, porcentajes y promedios.

## **5. Consideraciones Éticas**

Debido al alto impacto que la accidentalidad aérea produce en el ámbito social, económico y cultural, la información de accidentes aéreos es especialmente sensible si no es manejada cuidadosamente por personal experto. En este orden de ideas, el grupo investigador del presente estudio conto con un permiso especial de la UAEAC, de la Secretaria de Seguridad Aérea y del Grupo de Investigación de Accidentes aéreos para acceder a los archivos, informes y documentación de la investigación de los accidentes aéreos que hicieron parte del análisis del presente trabajo.

La responsabilidad del estudio recae sobre el investigador principal, que cuenta con los recursos técnicos y científicos para desarrollarlo de manera óptima. En todo momento de la investigación se atendió a la protección de la privacidad y confidencialidad de la información confiada al grupo investigador, sin tener en ningún momento contacto alguno con personas u organizaciones involucradas en ninguno de los accidentes sujetos de investigación. No se persiguieron objetivos personales ni corporativos algunos.

La facilidad de permiso y acceso a las instalaciones, oficinas, dependencias y archivos de UAEAC se gestiono y facilito en el marco del convenio interinstitucional entre la Universidad Nacional de Colombia y UAEAC.

Los resultados preliminares y la discusión de los mismos se realizo en compañía del grupo investigador y miembros de la Secretaria de Seguridad Aérea, Dirección de Medicina de Aviación y Grupo de Investigación de Accidentes de UAEAC, quienes realizaron valiosos aportes para la conformación final del presente estudio.

Los resultados finales serán publicados en documentos de tipo académico y científico, preservando la exactitud de los mismos y en concordancia con las partes participantes.

## **6. Resultados Esperados e Impacto.**

Se espera encontrar estadísticas y tendencias acordes con las observadas en el ámbito de la seguridad aérea mundial, en cuanto a datos generales de accidentalidad y en cuanto a causas y factores envueltos en eventos de seguridad aérea, teniendo en cuenta las diferencias en cuanto a tipo de operaciones, factores geográficos y meteorológicos, stock de aeronaves operando actualmente en territorio colombiano, entre otros factores específicos de la industria aeronáutica colombiana. Igualmente, se prevé una concordancia entre los Factores Humanos determinantes de accidentalidad aérea en Colombia con aquellos estudiados en la literatura especializada mundial.

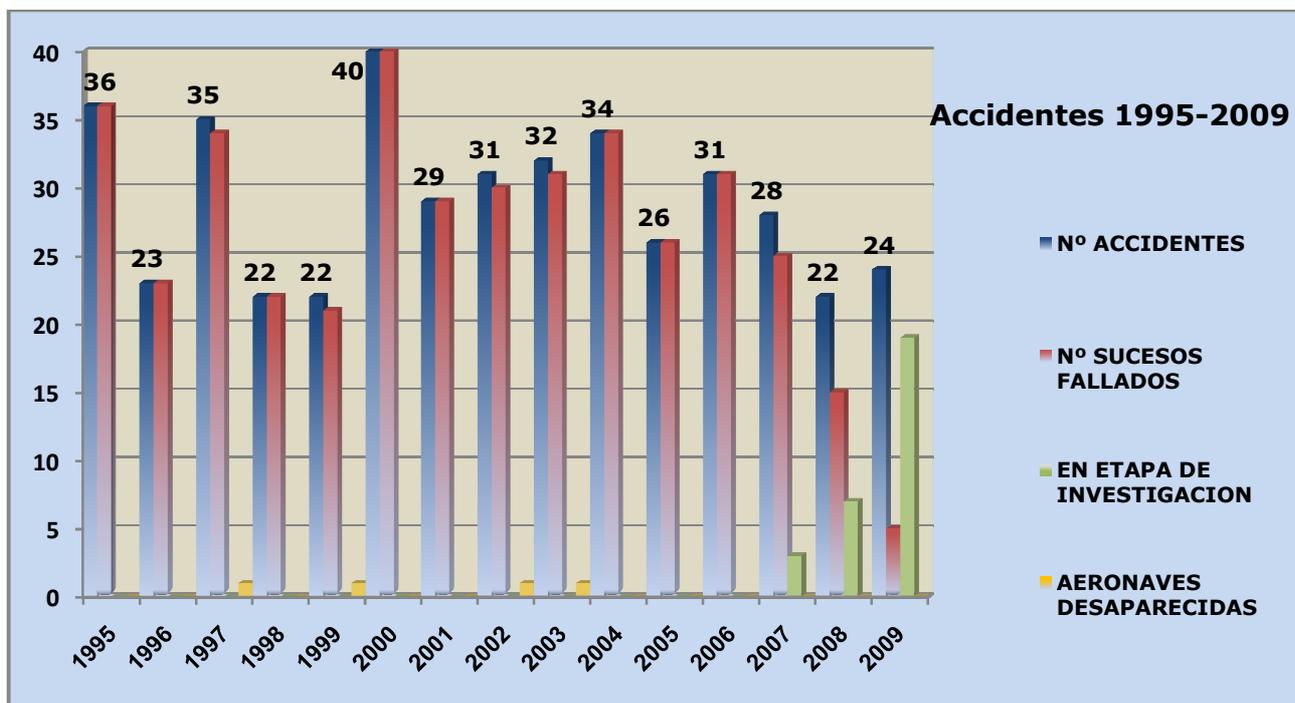
Se pretende realizar un análisis basado en los resultados obtenidos para determinar las áreas susceptibles de intervención en aras de mitigar riesgos conocidos y frecuentes, generando un impacto en la gestión de la seguridad aérea con base en la intervención sobre los Factores Humanos. La evidente trascendencia de medidas y gestiones eficaces en aras del mejoramiento y optimización de la seguridad aérea en Colombia se percibe al reflexionar sobre el papel protagónico que desempeña la industria aeronáutica en materia de desarrollo comercial y cultural de nuestro país, optimización que a la postre se vera reflejada en el crecimiento de dichas áreas en la economía nacional, por lo cual un análisis de los Factores Humanos determinantes de accidentalidad aérea civil en territorio colombiano es el primer y fundamental paso para el mejoramiento y gestión oportuna y eficaz de la seguridad operacional de la industria aérea nacional.

## 7. Resultados

### Datos generales de accidentalidad

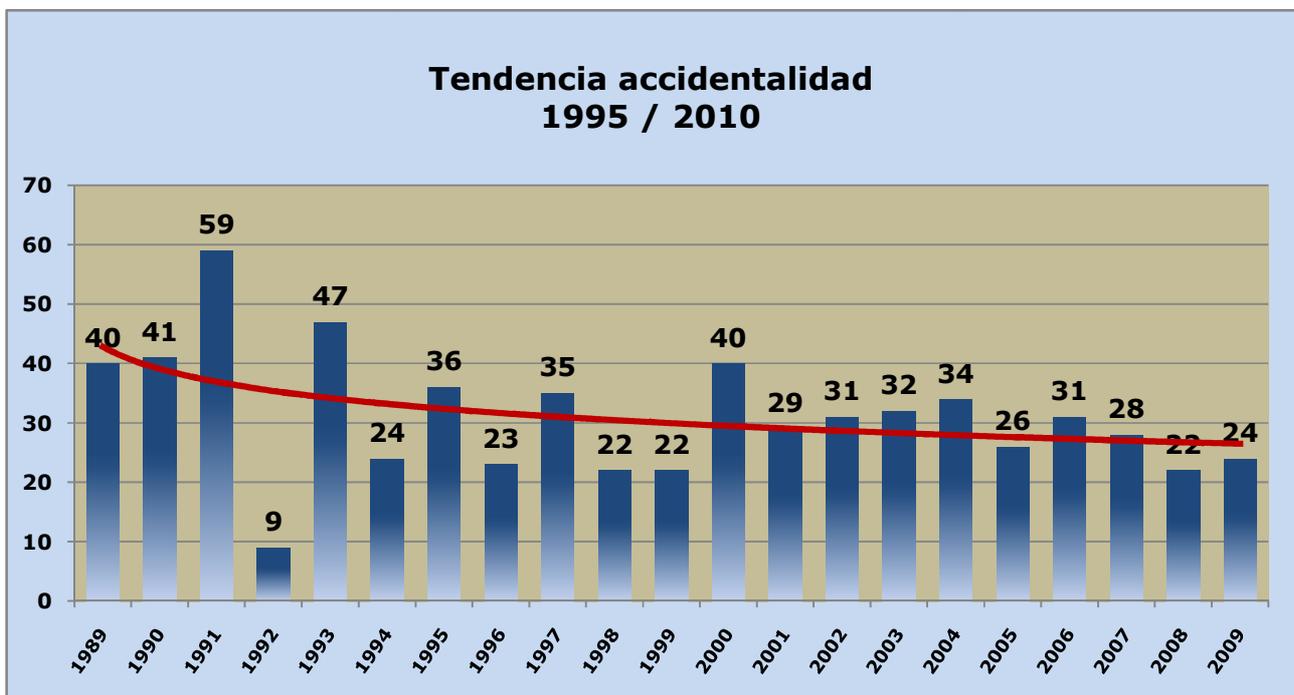
Un total de 435 accidentes de aviación civil se registraron en el territorio colombiano en el periodo comprendido entre 1995 y 2009, en la *Figura 7.1* se muestra la relación del total de accidentes ocurridos, sucesos fallados, aeronaves desaparecidas y sucesos en etapa de investigación. Se reunió la información del número de accidentes por año desde 1989 y se realizó un análisis de tendencia para los últimos 20 años, que se ilustra en la *Figura 7.2*

**Figura 7.1. Accidentes de Aviación civil en territorio colombiano 1995-2009**



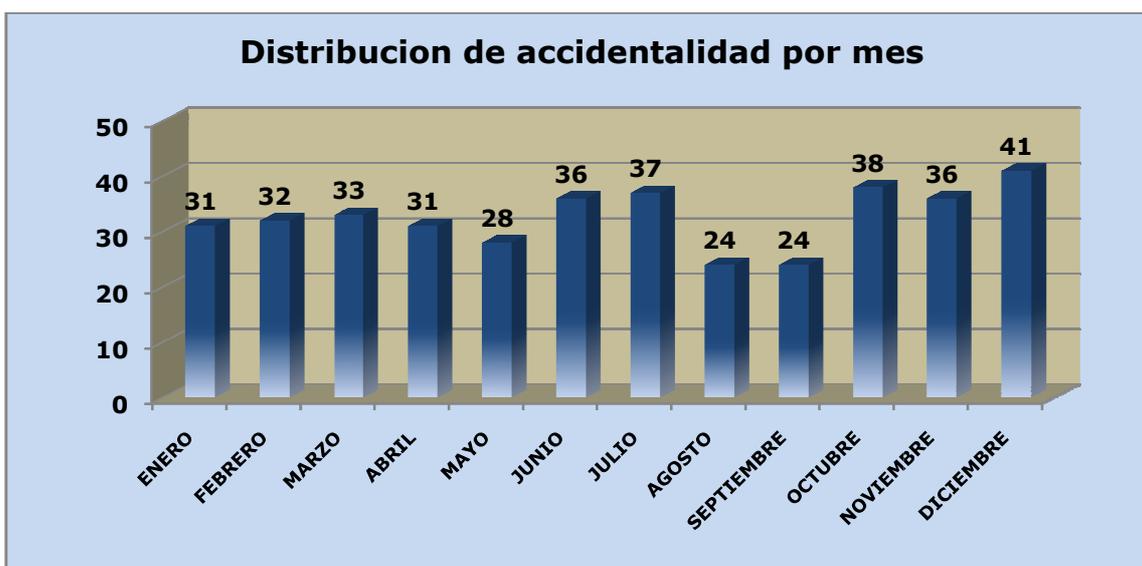
Del total de accidentes registrados, 388 cumplieron los criterios de inclusión para el presente estudio, y fueron objeto de clasificación y análisis usando la taxonomía ADREP 2000. Se excluyeron 31 accidentes no fallados, 7 archivos sin informe final, archivo dañado o erróneo, 5 accidentes de aeronaves desaparecidas, dos casos en los que no se pudo realizar investigación por condiciones de orden público y por información tardía del evento por parte del explotador y dos aeronaves en vuelos de estado.

**Figura 7.2. Tendencia de Accidentalidad 1989-2009.**



En el análisis estadístico de los datos generales de accidentalidad aérea, se encontró que la mayoría de accidentes se produjeron durante los meses de diciembre y octubre, si bien la distribución de accidentalidad por meses es ciertamente equitativa, presentándose el menor número de accidentes durante los meses de agosto y septiembre. *Figura 7.3.*

**Figura 7.3. Numero de accidentes por mes del año**



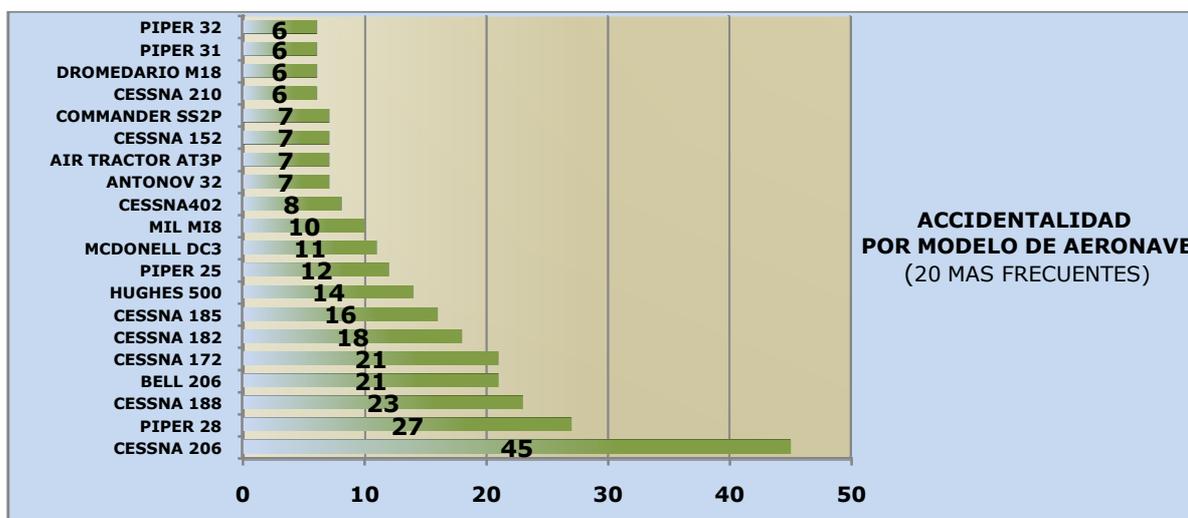
A la hora de reparar sobre la hora de ocurrencia de los accidentes aéreos, se realizó un análisis sobre línea de tiempo con el fin de obtener gráficamente un panorama de distribución de los accidentes analizados, encontrándose la mayoría de los eventos entre las 6:00 am y las 6:00 pm durante luz día, siendo escasos los eventos encontrados durante horas de luz nocturna, esta distribución de densidades se aprecia en la *Figura 7.4*

**Figura 7.4. Distribución de densidad:  
Accidentalidad Según Hora del Dia**



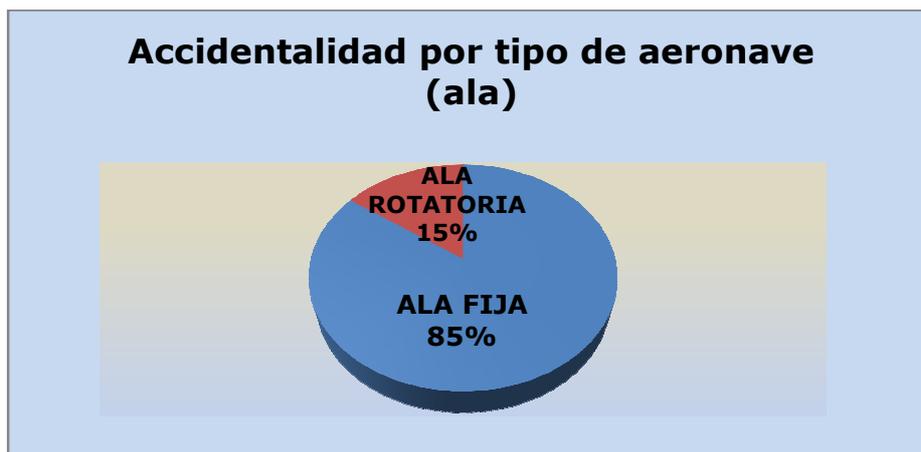
Entrando a observar la distribución de accidentes según las características de las aeronaves envueltas en los accidentes analizados, encontramos que la mayoría de accidentes fueron de aeronaves de bajo peso, generalmente usadas en aviación general. En efecto, las tres aeronaves mas frecuentemente envueltas en los accidentes analizados fueron la Cessna 206 con un 12%, la Piper 28 con un 7% y la Cessna 188 con un 6% del total de accidentes, en la *Figura 7.5* se puede observar la distribución de los 20 modelos de aeronaves con mas frecuencia de accidentalidad, la lista completa y los porcentajes pueden consultarse en la *Tabla 7.1* de los Anexos

**Figura 7.5. Numero de accidentes por modelo de aeronave.**



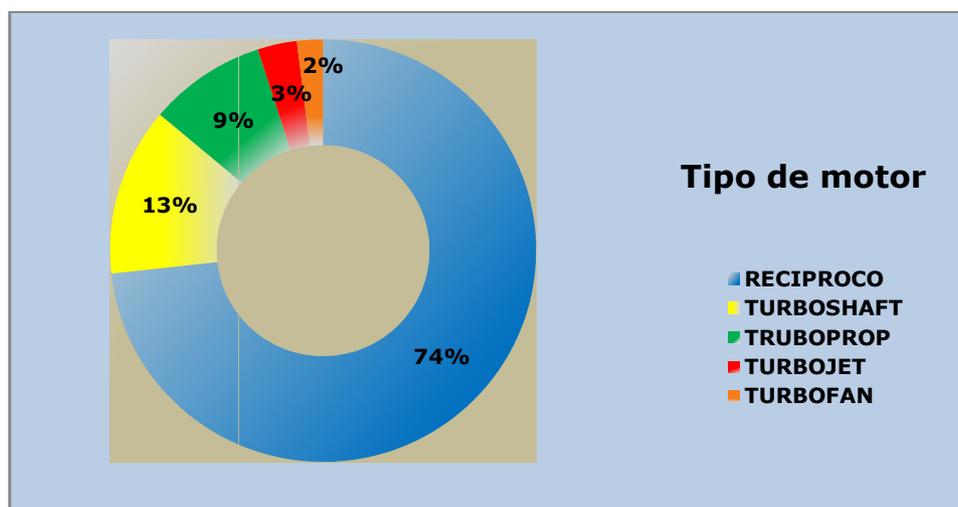
En cuanto al tipo de aeronave entendido por el tipo de ala sustentadora, la distribución de accidentalidad mostro que un 85% de los accidentes fueron de aeronaves de ala fija, mientras las aeronaves de ala rotatoria contabilizaron un 15%. *Figura 7.6*

**Figura 7.6. Accidentalidad según tipo de aeronave (Ala)**

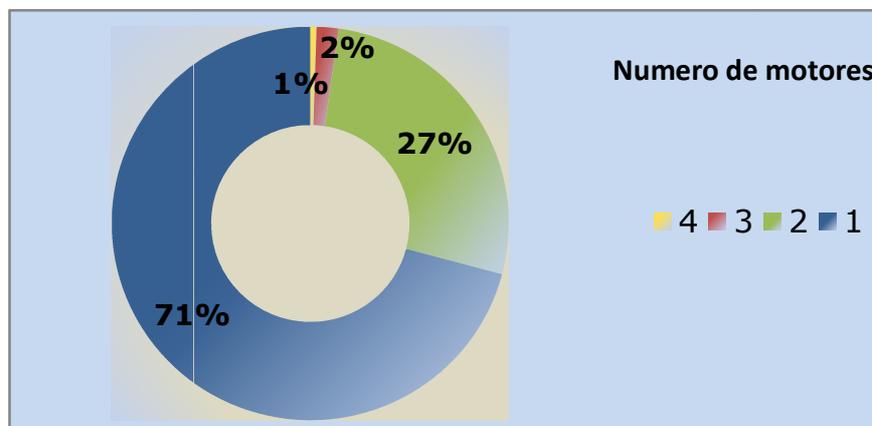


La distribución de accidentes según tipo de motor mostro una mayoría del 74% de aeronaves propulsadas por motor reciproco (pistón), un 13% de las aeronaves accidentadas eran propulsadas por motor tipo turbo-eje, 9% tenían motor tipo turbo-hélice, 3% motor tipo turbo-jet y 2% tipo turbo-fan. *Figura 7.7*. En lo que respecta al número de motores, 71% de las aeronaves accidentadas eran del tipo monomotor, 27% eran bimotores, 2% eran propulsadas por 3 motores y 1% tenían 4 motores. *Figura 7.8*

**Figura 7.7. Accidentalidad por tipo de motor**

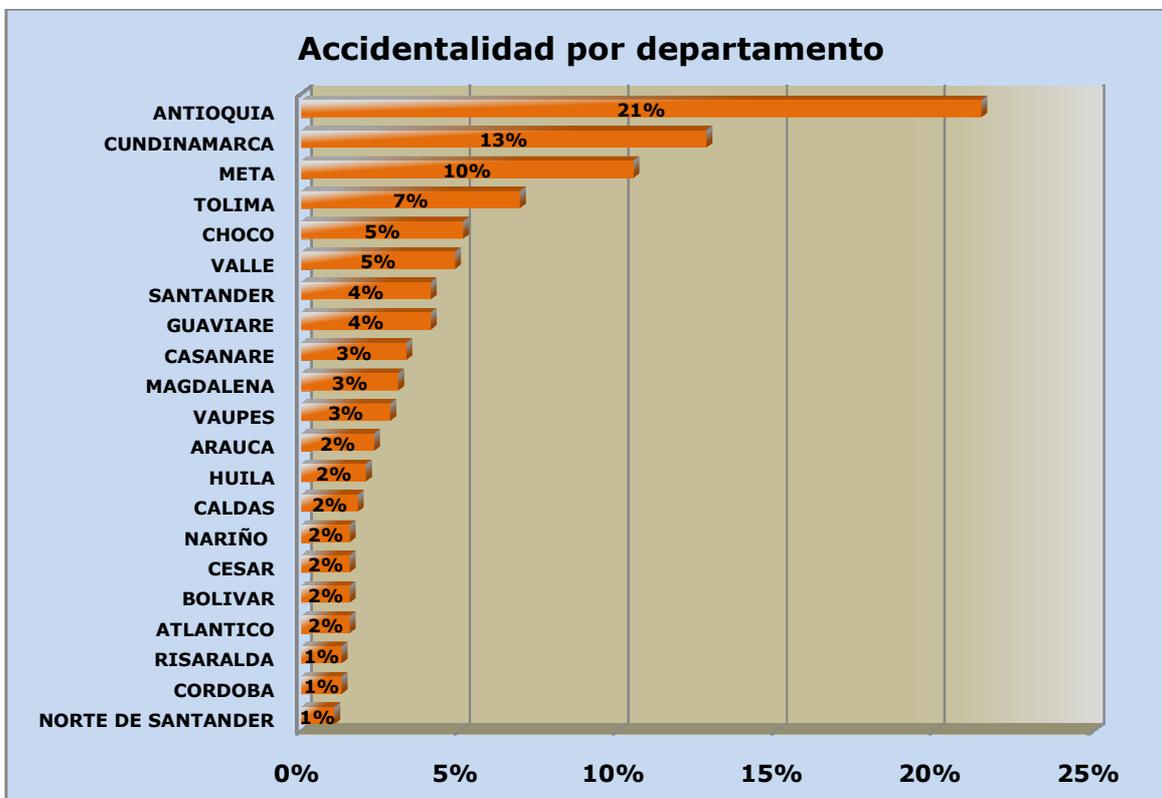


**Figura 7.8. Accidentalidad por número de motores.**



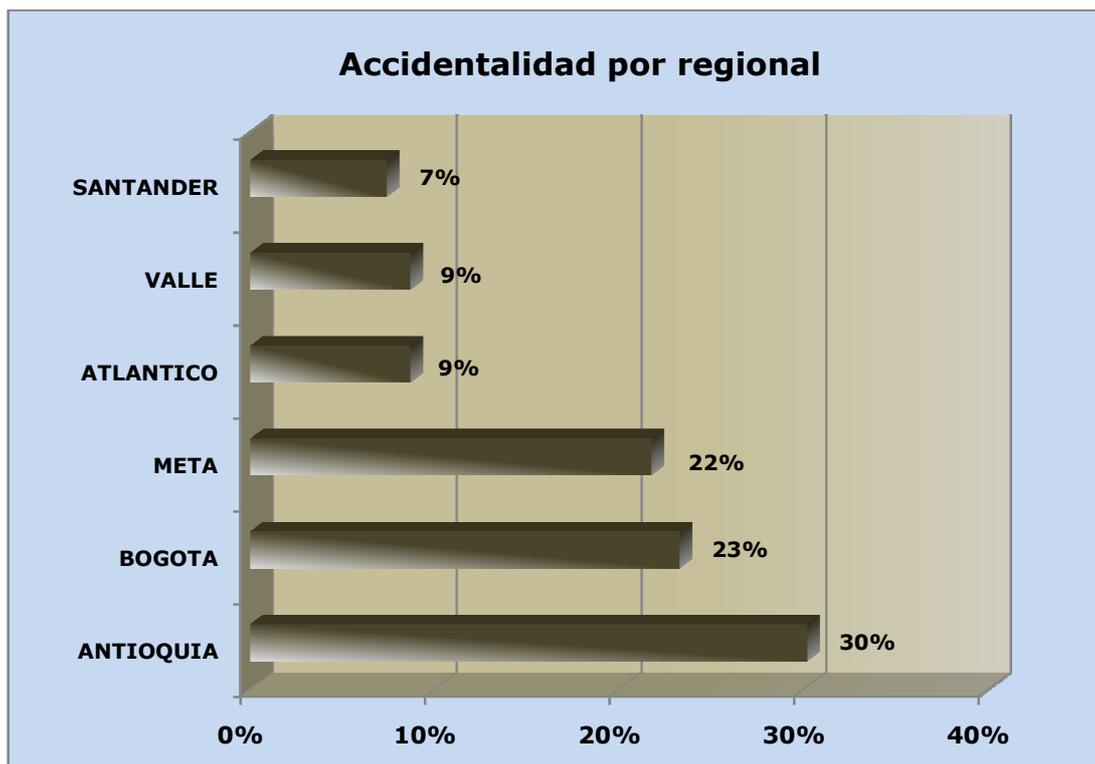
En el análisis de accidentalidad por lugar geográfico de ocurrencia, se observo primeramente la distribución de accidentes por departamento, encontrando que en el departamento de Antioquia se presentaron el 21% de los accidentes, seguido por el departamento de Cundinamarca con 13% de los eventos, Meta con 10% y Tolima con 7%, mencionando solo los 4 primeros. *Figura 7.9.*

**Figura 7.9. Porcentaje de accidentalidad por departamento.**



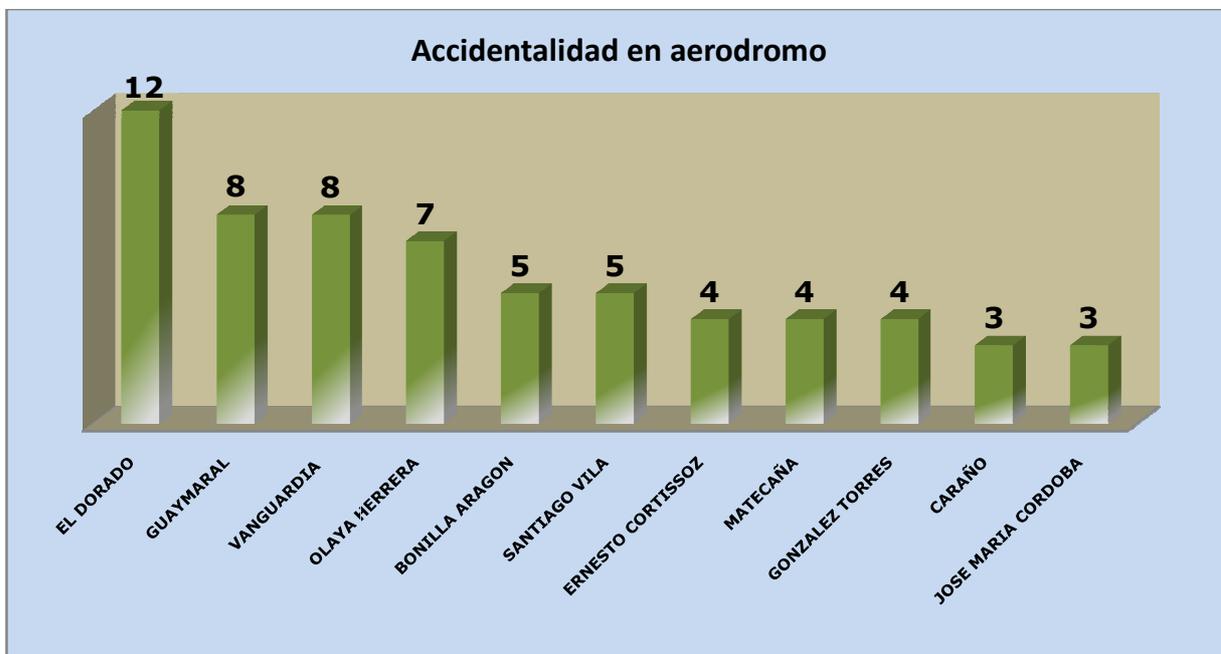
Seguidamente, en la distribución de accidentalidad por regionales de UAEAC, se observo la regional Antioquia con 30% de los accidentes analizados, seguida de la regional Bogotá con 23% de los eventos, la regional Meta con 22%, Atlántico con 9%, Valle con 9%, y Santander con 7% . *Figura 7.10.*

**Figura 7.10. Accidentalidad por regional UAEAC.**



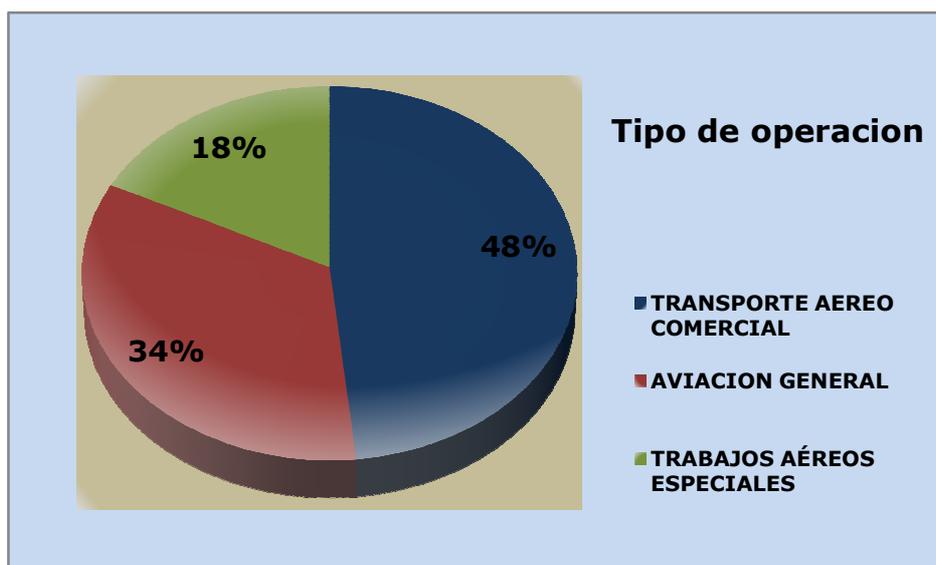
En el análisis específico cuando los accidentes se presentaron en inmediaciones de aeródromos, se encontró que en estos casos especiales la mayoría se presentaron en el Aeropuerto Internacional Eldorado de Bogotá (n=12), Seguido por lo aeropuertos Guaymaral de Bogotá y Vanguardia de Villavicencio con 8 ocurrencias cada uno, posteriormente se observa el Aeropuerto Enrique Olaya Herrera de Medellín con 7 accidentes, los aeropuertos Alfonso Bonilla Aragón que sirve a Cali y Santiago Vila de Flandes con 5 ocurrencias cada uno, le siguen el Aeropuerto Ernesto Cortizoss de Barranquilla, el Aeropuerto Matecaña de Pereira y el Aeropuerto Jorge Enrique González Torres de San José del Guaviare con 4 eventos cada uno, en la *Figura 7.11* se observa la distribución de los aeródromos que con mas frecuencia registraron accidentes aéreos en su perímetro. La lista completa puede consultarse en la *Tabla 7.2* de los Anexos al presente trabajo.

**Figura 7.11. Accidentalidad en aeródromo (más frecuentes).**



Reparando en la accidentalidad según en tipo de operaciones aéreas, el Transporte Aéreo Comercial contabilizo para un 48% del total de accidentes analizados, la Aviación General presento un 34% del total y los Trabajos Aéreos Especiales un 18%. *Figura 7.12*

**Figura 7.12. Accidentalidad según tipo de operación.**



En cuanto a las categorías de las diferentes operaciones aéreas, se encontró que un 32% de los accidentes susceptibles de análisis se encontraban en operaciones no regulares de pasajeros, 15% se produjeron en operaciones agrícolas (aplicaciones aéreas), y 10% en operaciones de instrucción y de placer cada una. En la *Figura 7.13* se detalla la relación completa de accidentalidad por categorías de operación.

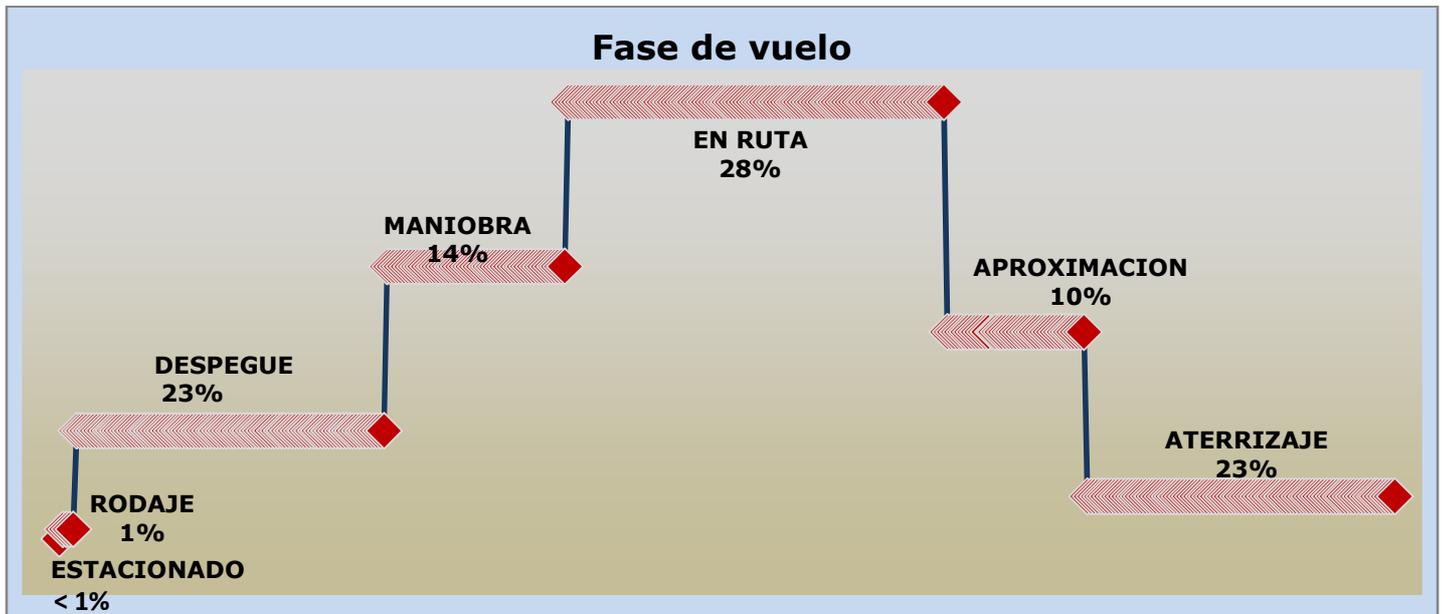
**Figura 7.13. Accidentalidad por categorías de operación.**



Analizando la distribución de accidentalidad aérea por fase de vuelo (*Figura 7.14*), se evidenció que 28% de los accidentes se presentaron durante la fase de crucero, en las fases de despegue se presentaron 23%, al igual que en la fase de aterrizaje, 14% de los accidentes se presentaron en la fase de maniobra, que varía dependiendo de la operación específica de cada accidente; en general evidenciándose en operaciones de aplicaciones aéreas y eslinga larga. Durante la fase de aproximación se presentaron un 10% de los accidentes analizados.

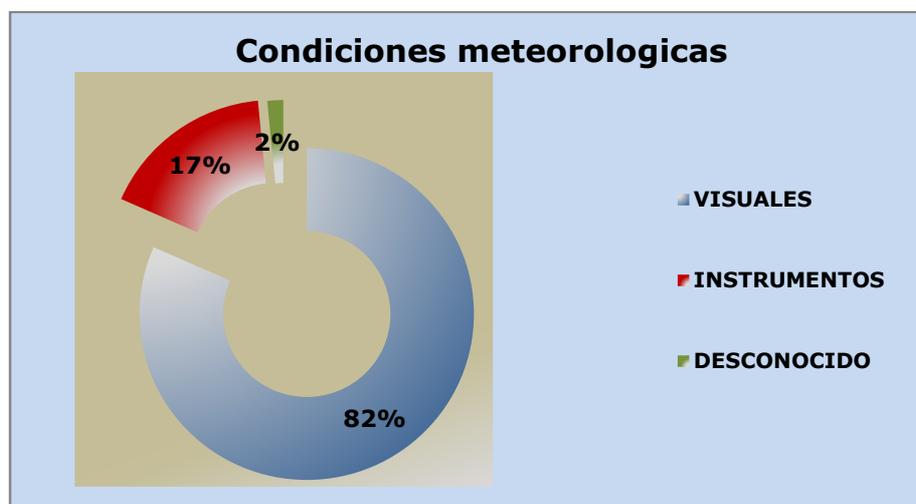
Al reunir los porcentajes de las fases conocidas como *el cono de aproximación*, (despegue, aproximación y aterrizaje) se suma un 56% del total de accidentes

**Figura 7.14. Accidentalidad por fase de vuelo**



En lo que respecta a las condiciones meteorológicas reinantes durante los eventos, se encontró que en 82% de las ocurrencias las condiciones eran de vuelo visual y 17% ocurrieron durante condiciones de vuelo por instrumentos. *Figura 7.15*

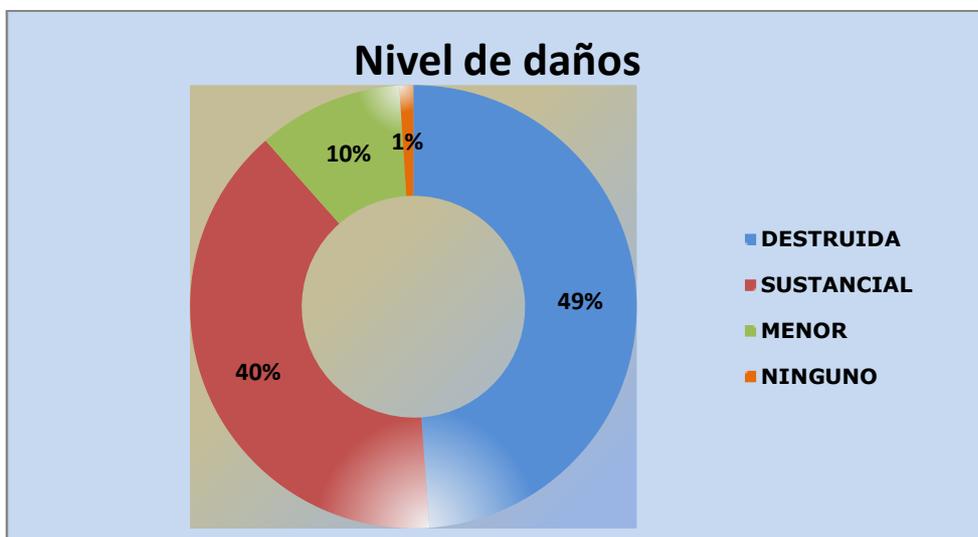
**Figura 7.15. Condiciones meteorológicas a la hora de los accidentes**



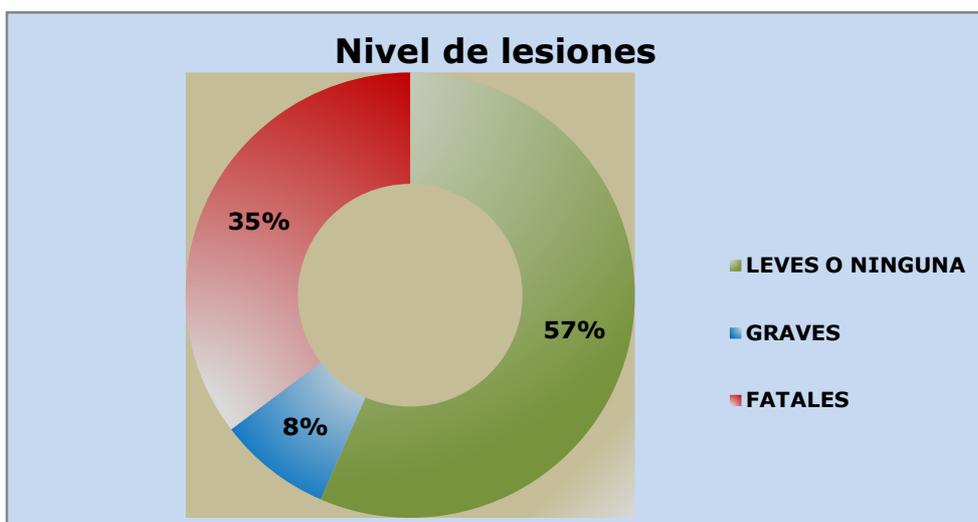
Analizando el nivel de daños a las aeronaves accidentadas (*Figura 7.16*), se encontró que 49% resultaron destruidas, 40% sufrieron daños sustanciales, 10% sufrieron daños menores y 1% no sufrieron daño alguno. Tratándose del nivel de lesiones sufridas por el personal a bordo de las aeronaves accidentadas, un 57% de los accidentes produjeron a sus ocupantes lesiones menores o ninguna, 35% conllevaron a lesiones fatales y 8% a lesiones graves, con un nivel de supervivencia promedio de 69% ponderando el total de fatalidades de los accidentes analizados.

*Figura 7.17*

**Figura 7.16. Distribución de accidentes según nivel de daños a la aeronave.**

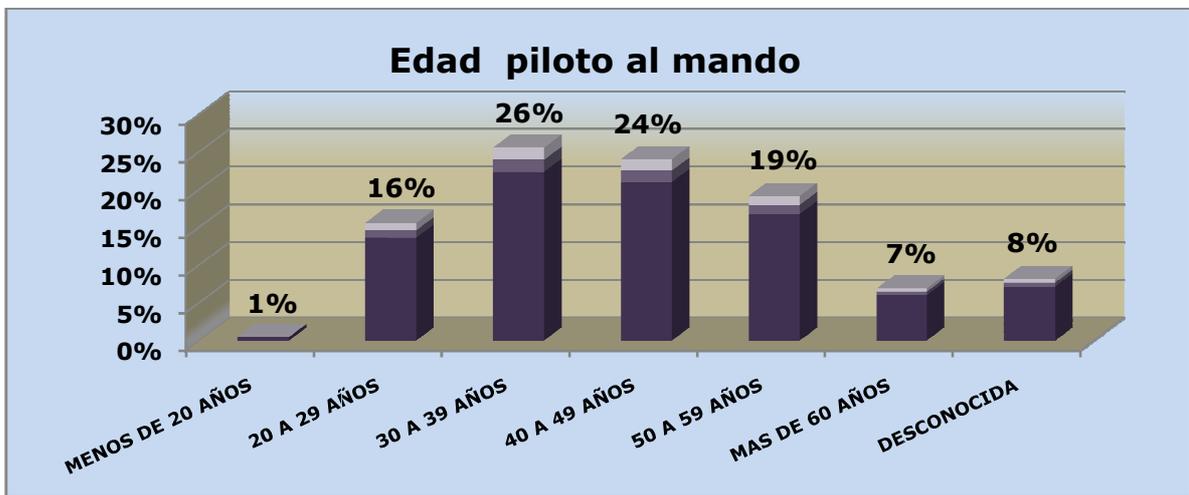


**Figura 7.17. Distribución de accidentes según nivel de lesiones**

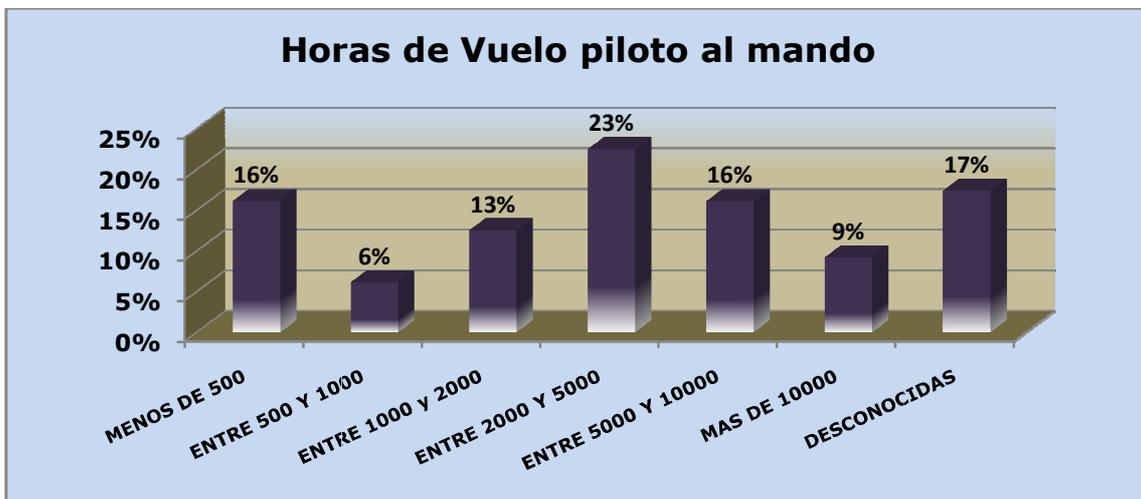


Detallando en la información con respecto a la edad del piloto al mando de la aeronave en el momento del accidente, se encontró que el 26% de los pilotos tenían entre 30 y 29 años de edad, 24% contaban con edades entre 40 y 49 años, 19% tenían edades entre 50 a 59 años, 16% entre 20 a 29 años de edad, 7% eran mayores de 60 años y 1% eran menores de 20 años. *Figura 7.18.* En cuanto a la experiencia de vuelo del piloto al mando, medida en función de las horas de vuelo, se encontró que 23% de los pilotos accidentados contaban con un record entre 2000 y 5000 horas de vuelo, 16% tenían menos de 500 horas de vuelo, al igual que los que tenían entre 5000 y 10000 horas, 13% tenían entre 1000 y 2000 horas, 9% contaban con mas de 10000 horas de experiencia y 6% tenían entre 500 y 1000 horas de vuelo. *Figura 7.19.*

**Figura 7.18. Distribución de edad de piloto al mando**

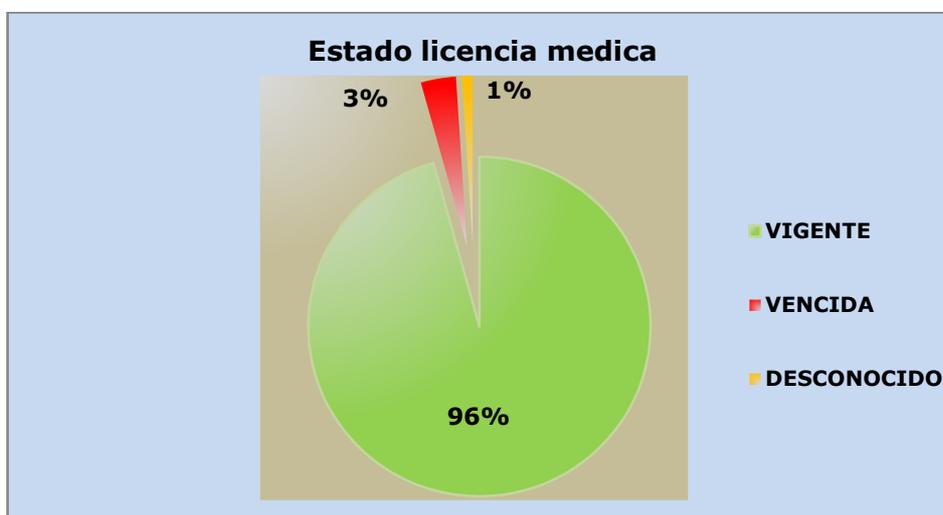


**Figura 7.19. Experiencia del piloto al mando (horas de vuelo)**

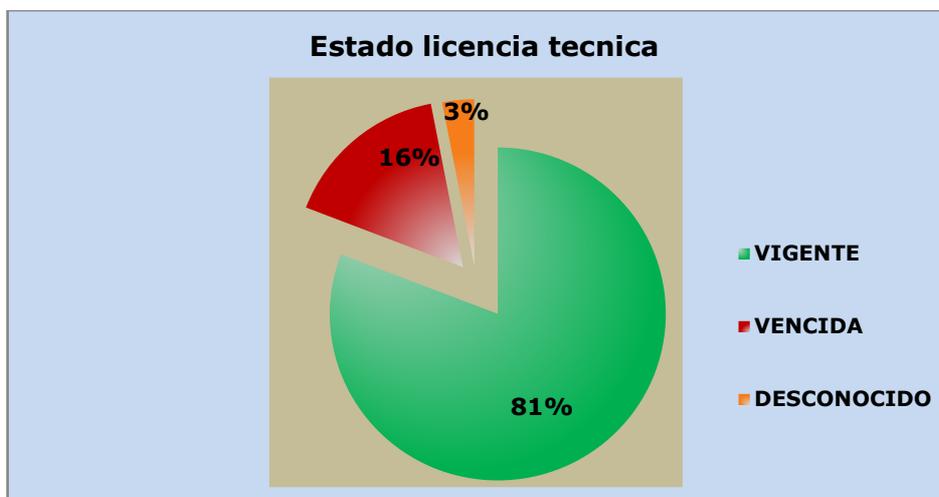


La información de licencias médicas de los pilotos accidentados (*Figura 7.20*) revelo que la gran mayoría de ellos poseían licencias vigentes al momento del accidente (96%), 3% tenían su licencia vencida y en 1% de los casos no fue posible establecer el estatus de licencia medica del piloto al mando en el momento del accidente. Revisando la información en cuanto a licencias técnicas requeridas por UAEAC para la operación de aeronaves, se encontró que 81% de los pilotos accidentados tenían sus chequeos vigentes, mientras 16% tenían sus licencias vencidas o no tenían chequeo en la aeronave accidentada, en un 3% de los eventos no se pudo establecer la vigencia de las licencias técnicas del piloto. *Figura 7.21*.

**Figura 7.20. Estado de Licencia medica piloto al mando**



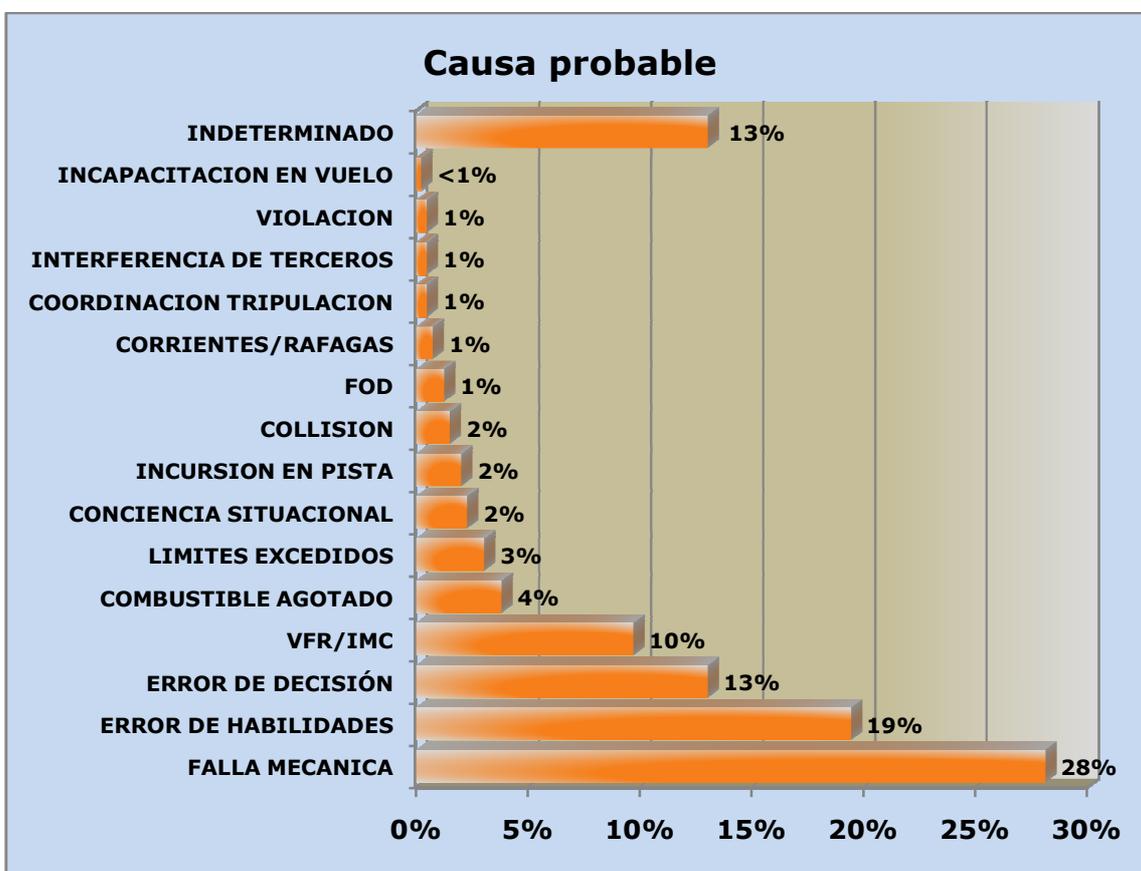
**Figura 7.21. Estado de Licencia técnica Piloto al mando**



## Causalidad y Factores Humanos

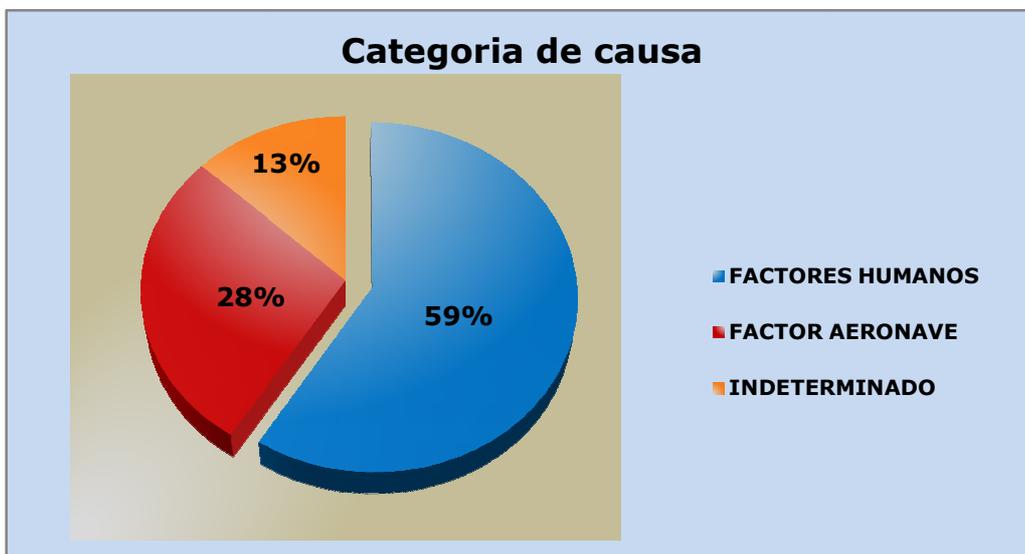
En el análisis de causalidad estandarizada de los accidentes aéreos escrutados, según se registró en la causa probable de los informes finales correspondientes, siendo estas causas específicas analizadas en bruto, se registro como causas mas frecuentes las atribuidas a fallas mecánicas, con un total de 28% del total, seguida por errores de habilidades con un 19% y vuelo bajo reglas visuales en condiciones de vuelo por instrumentos (VFR into IMC) con un 10%, la relación completa de causas estandarizadas se aprecia en la *Figura 7.22*.

**Figura 7.22. Distribución de Causa probable estandarizada.**

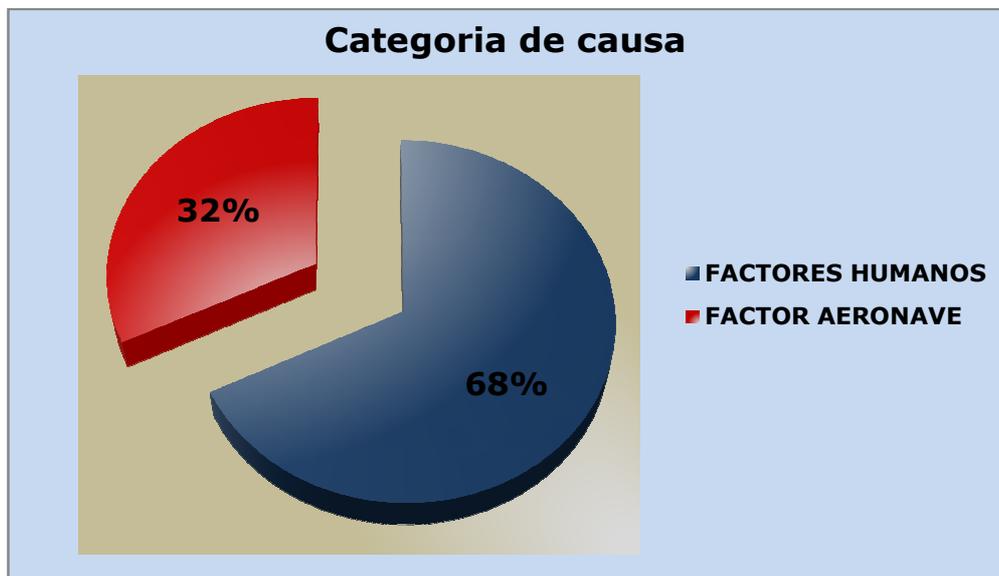


Al agrupar estas causas en categorías de Factor Aeronave y Factores Humanos, encontramos que un 59% de las causas involucraron Factores Humanos, un 28% involucraron el Factor Aeronave, y el 13% correspondiente a las causas indeterminadas; *Figura 7.23*. Prescindiendo de este 13%, y tomando como total el restante de accidentes, se evidencia un 68% de accidentes causados por Factores Humanos y un 32% de accidentes causados por el Factor Aeronave. *Figura 7.23*

**Figura 7.23. Accidentalidad por categoría de causa.**

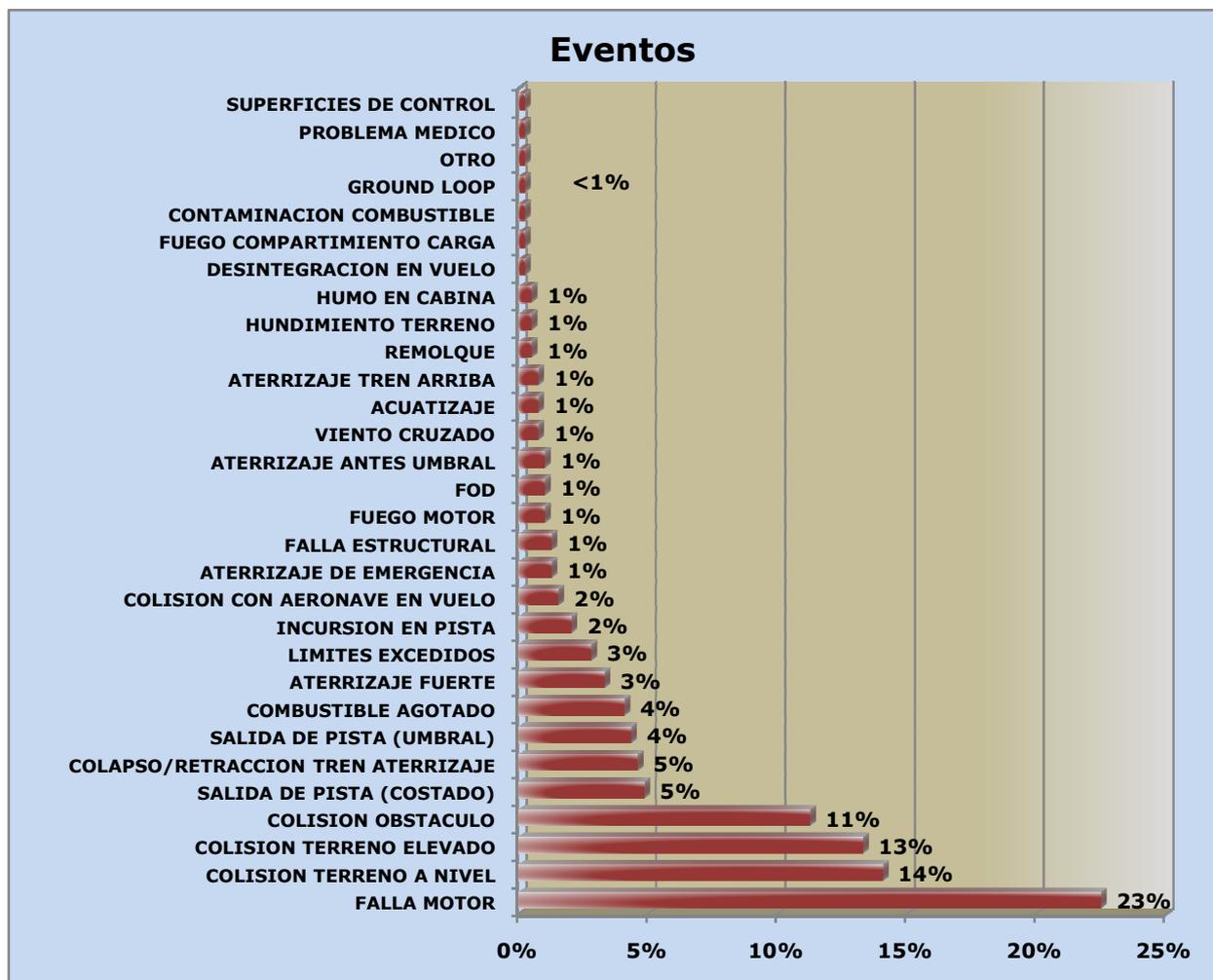


**Figura 7.24. Accidentalidad por categoría de causa. (sin % de causas indeterminadas)**



Entrando a codificar las causas probables con la taxonomía ADREP 2000, los Eventos determinantes de accidentalidad aérea mas frecuentes fueron las fallas de motor con un 23% del total, continuando con colisiones contra terreno a nivel con un 14%, colisiones con terreno elevado en un 13% de los eventos y colisiones con obstáculos en un 11%, estas las 4 mas frecuentes, la relación completa se ilustra en la *Figura 7.25*

**Figura 7.25. Eventos. Taxonomía ADREP 2000**

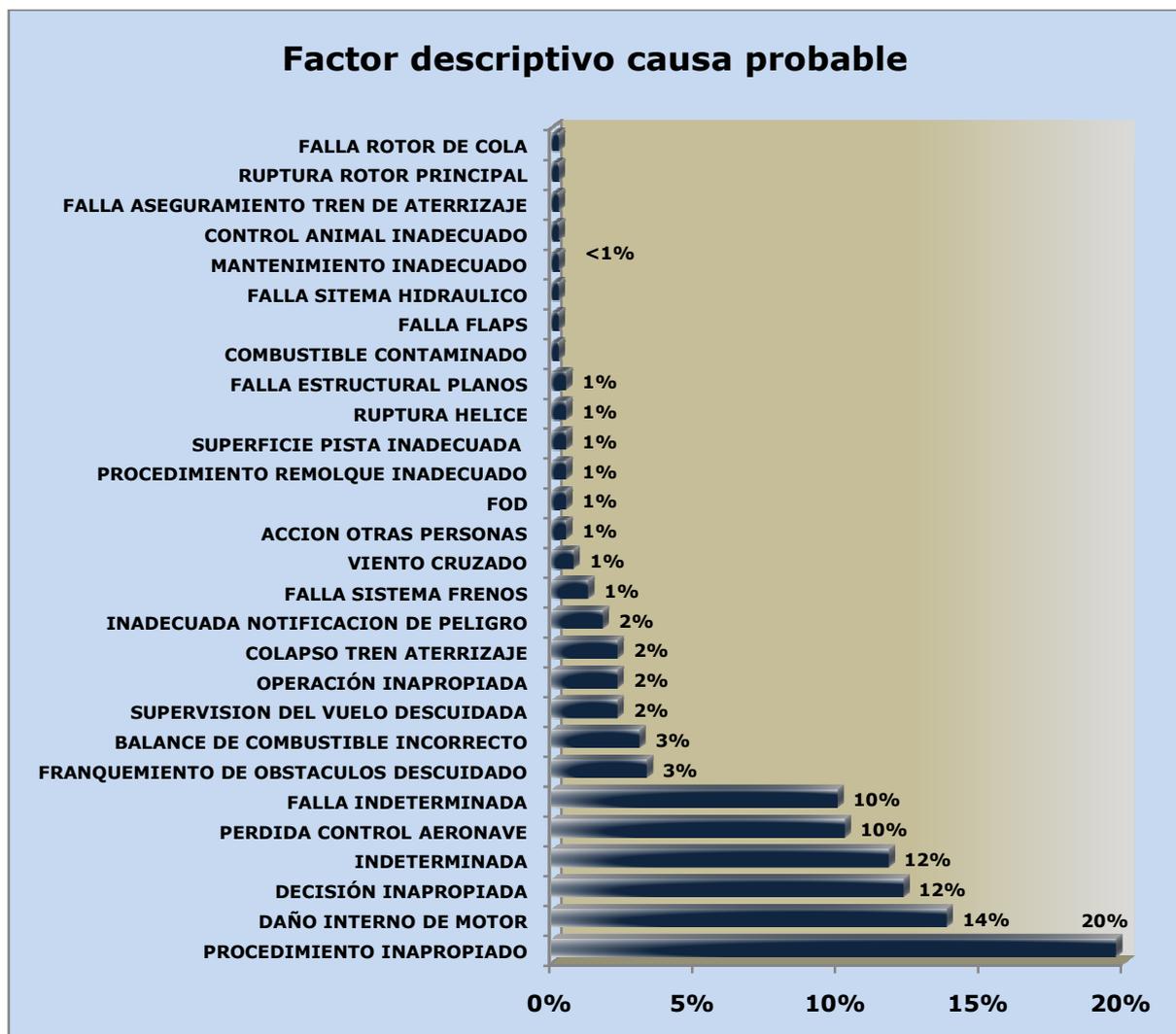


Continuando con el análisis de causalidad usando ADREP 2000, y en cuanto a el análisis de la causa probable, los Factores Descriptivos mas comunes fueron procedimientos inapropiados con un 20% del total, seguidos por daño interno del motor con un 14%, decisiones inapropiadas con un 12% y perdida del control de la aeronave con 10%, el recuento completo de los factores descriptivos de causa probable se detalla en la *Figura 7.26*. El análisis con el modelo SHELL de la causa probable revelo un 94% de causas yacientes en el Liveware, y un 6% de las causas dependientes de la interface Liveware-Environment.

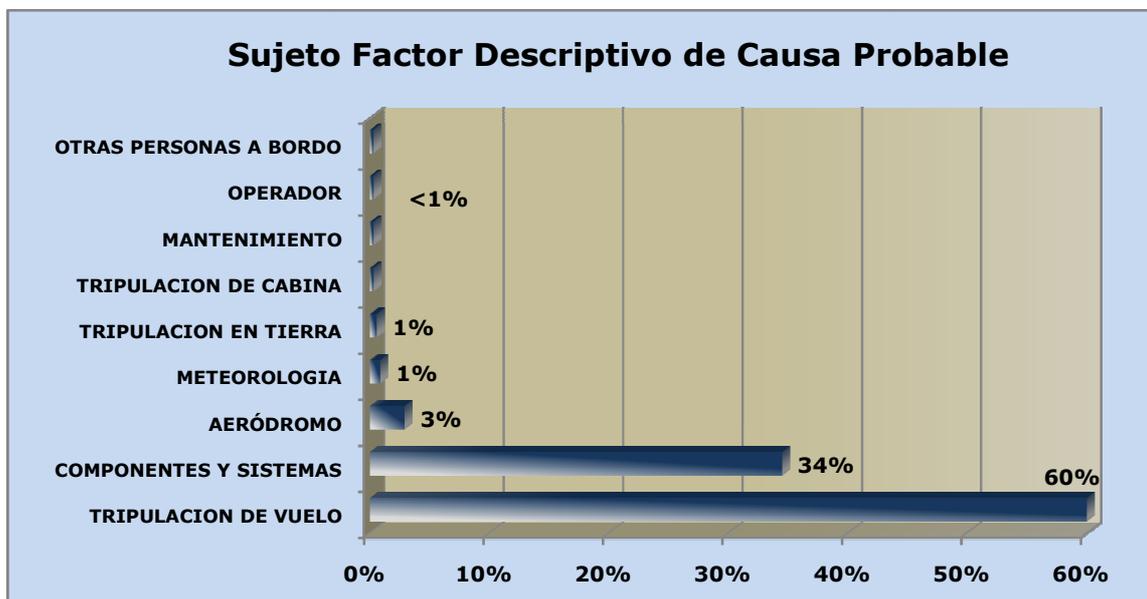
SHELL CAUSA PROBABLE	n	PORCENTAJE
LIVEWARE	211	94%
LIVEWARE-ENVIRONMENT	13	6%
<b>TOTAL</b>	<b>224</b>	<b>100%</b>

En lo que respecta al Sujeto del Factor Descriptivo de la causa probable, en un 60% de los accidentes se vio envuelta la tripulación de vuelo, un 34% del total correspondió a componentes y sistemas de la aeronave, un 3% a factores relacionados con el aeródromo y un 1% comprometió el factor meteorológico y a la tripulación en tierra con la misma proporción; *Figura 7.27*. En la distribución de Organización/Persona involucrada en la causa probable de los accidentes (*Figura 7.28*) (una vez excluidos del análisis los casos en los que no se encontró persona u organización con responsabilidad en la causa probable), el piloto al mando se encontró en un 79% de los casos, estudiantes de aviación al mando de la aeronave en 10% del total, personal de seguridad en tierra e instructor de vuelo al mando de la aeronave en un 3% para ambos.

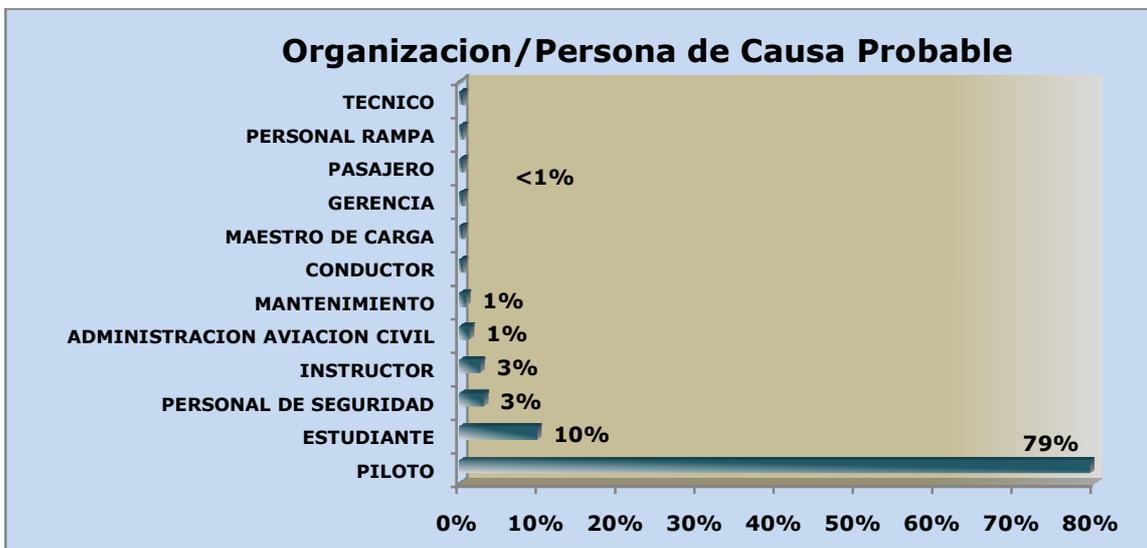
**Figura 7.26. Factor Descriptivo de causa probable**



**Figura 7.27. Sujeto de Factor Descriptivo de Causa Probable**



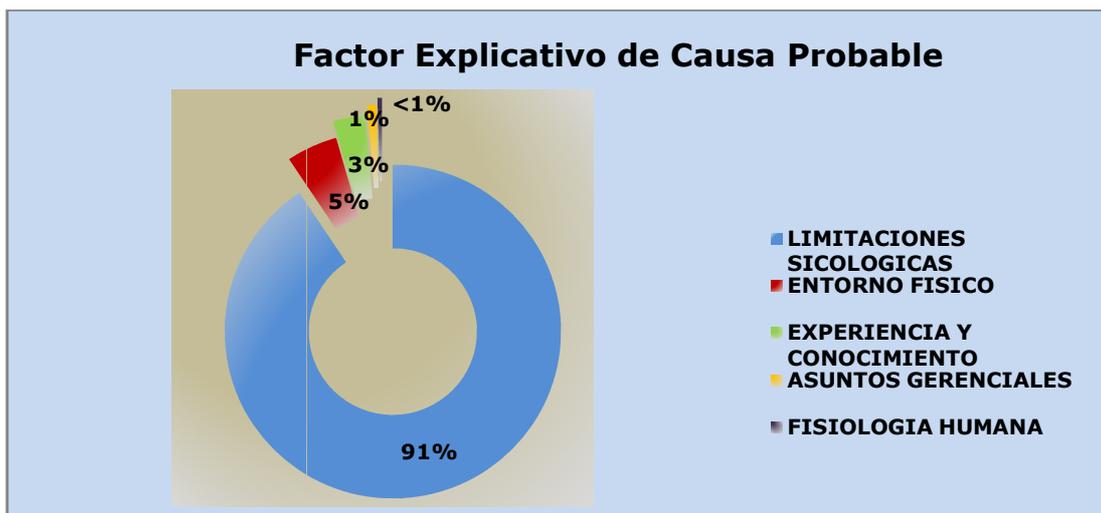
**Figura 7.28. Organización/Persona de Causa Probable**



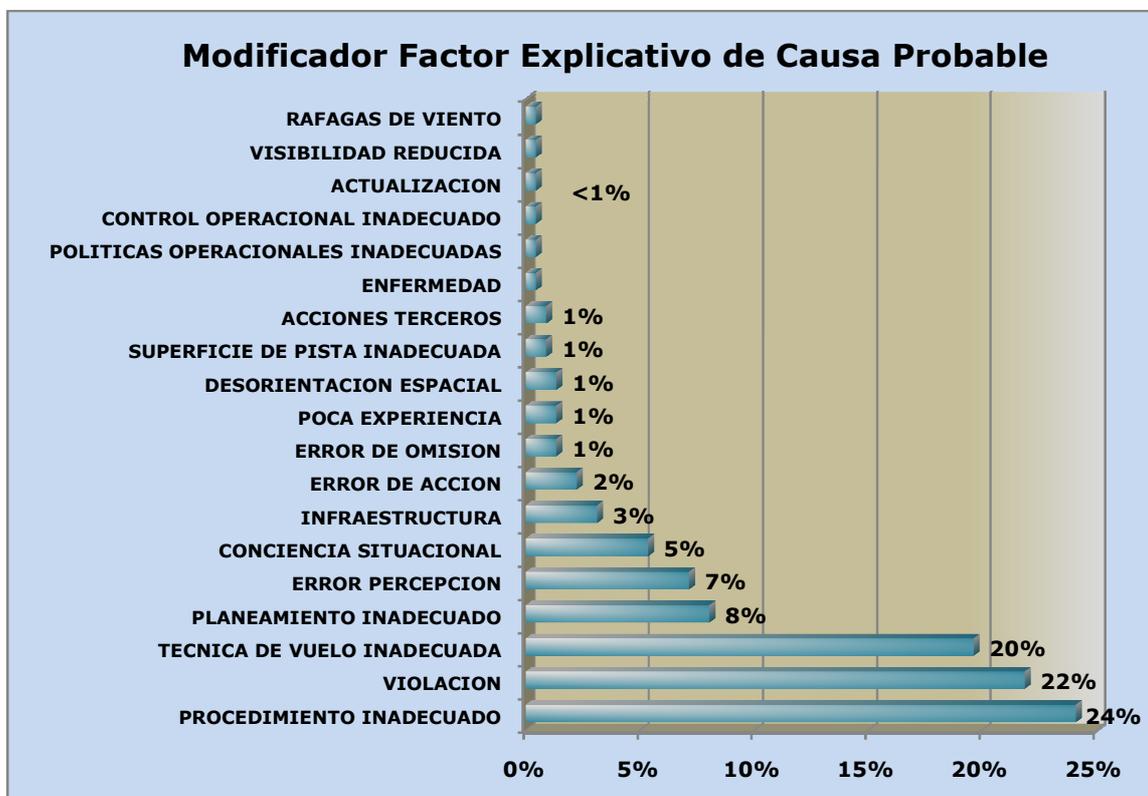
Dentro de las categorías de Factor Explicativo para la causa probable, se encontraron las Limitaciones Psicológicas como causa del 91% de los accidentes, seguido por el Entorno Físico con 5%, Falta de Experiencia y Conocimiento en 3% de los casos y asuntos gerenciales en 1% del total; (Figura 7.29). En los modificadores del Factor Explicativo de la causa probable, que analizan específicamente las categorías del mismo, se encontraron los Procedimientos inadecuados como causa del 24% del total, las Violaciones a procedimientos y reglamentos en un 22%, la

Técnica de vuelo inadecuada en un 20%, el planeamiento inadecuado del vuelo, durante el vuelo o previo la mismo contribuyo con un 8%, los errores de percepción se presentaron en un 7% y fallas en la conciencia situacional en un 5%. La relación completa se aprecia en la *Figura 7.30*

**Figura 7.29. Factor Explicativo de Causa Probable**



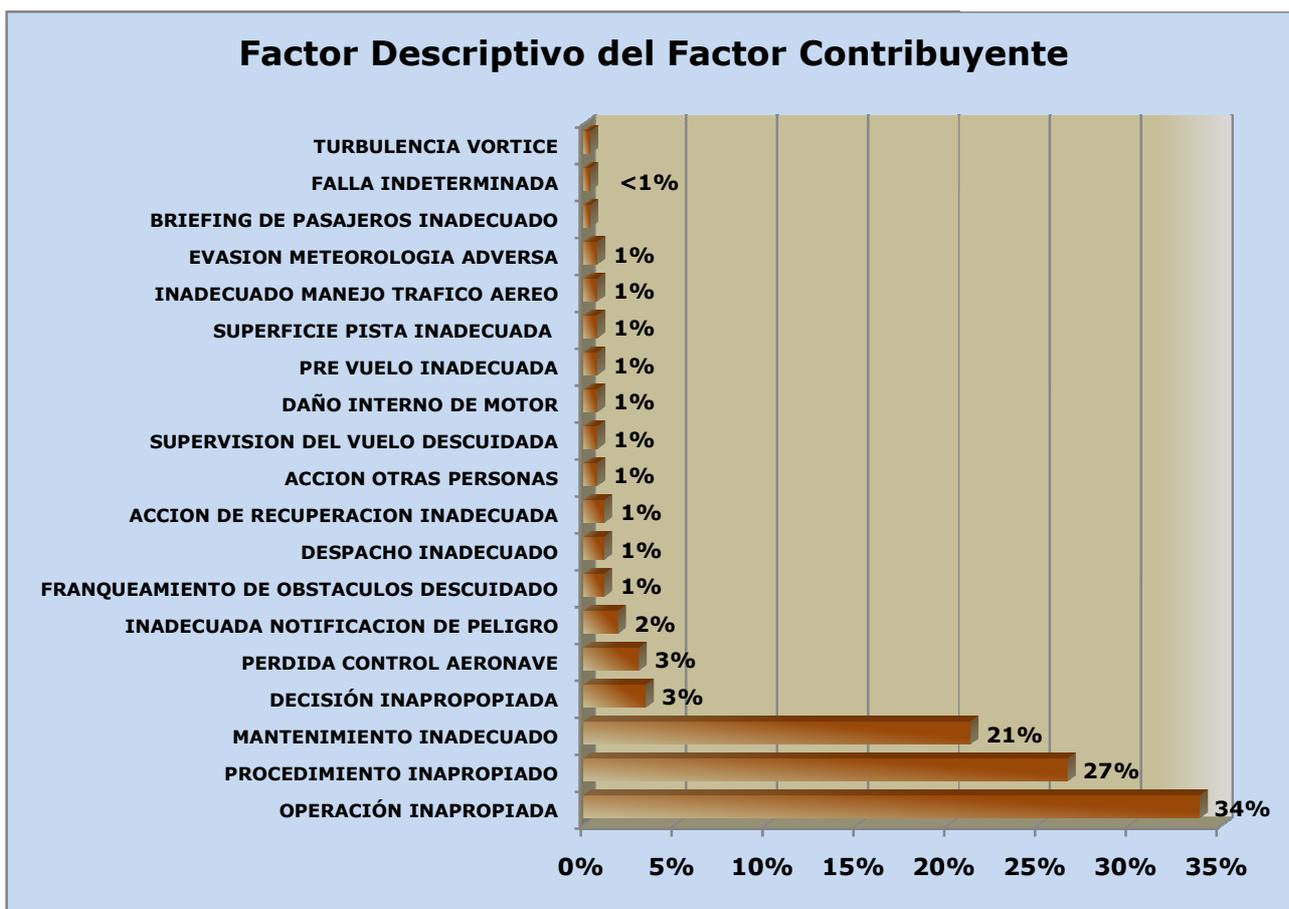
**Figura 7.30 Modificador Factor Explicativo de Causa Probable**



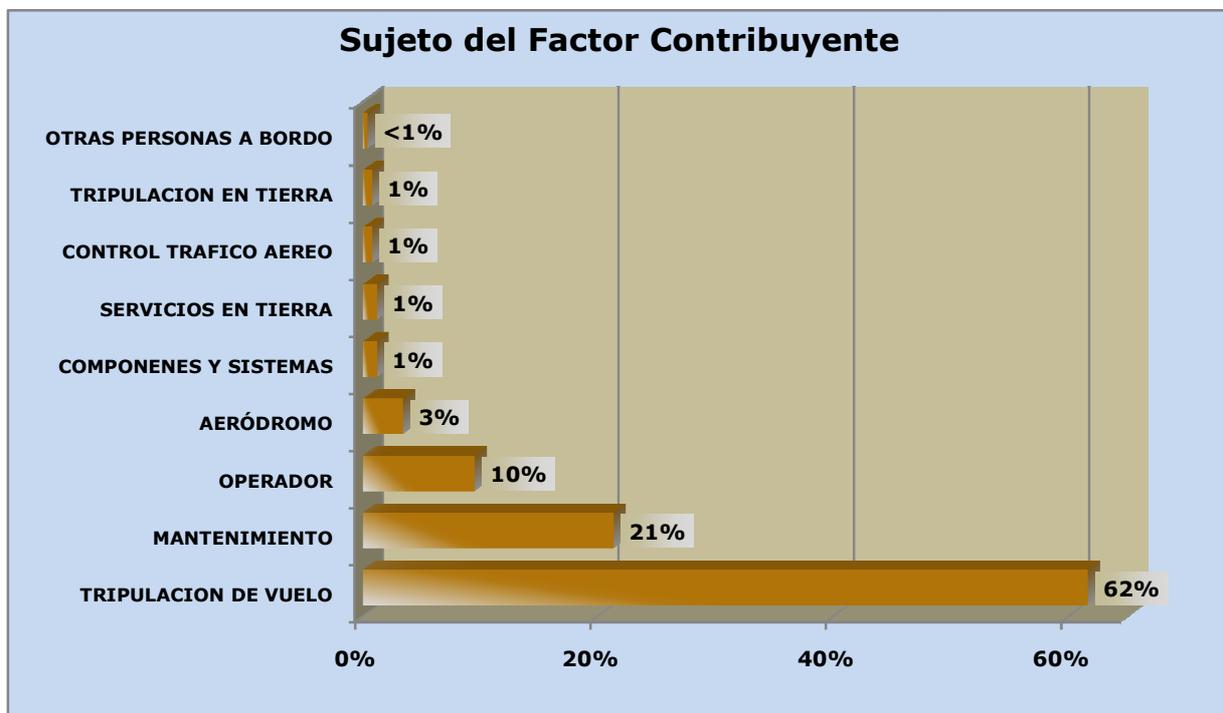
Analizando el primer Factor Contribuyente de los accidentes sujeto de estudio, se encontró que en cuanto a los Factores Descriptivos el más frecuente constituyo la Operación en contexto o condiciones inapropiadas con un 34% del total, continuando con Procedimientos operacionales inapropiados en un 27% de los casos y un Mantenimiento inapropiado de la aeronave siniestrada en 21% de los eventos. (Figura 7.31)

La distribución de Sujeto de Factor Descriptivo correspondiente al Factor Contribuyente en la Figura 7.32, mostro que en un 62% se trato de la Tripulación de Vuelo, 21% de los casos correspondieron al Personal de Mantenimiento y 10% al Operador de la aeronave accidentada; mencionando los mas frecuentes. Refiriéndose a la Organización o Persona involucrada en el Factor Contribuyente, se evidencio responsabilidad del Piloto al mando en 52% del total, 22% correspondió a Personal de Mantenimiento y 10% a la Gerencia del Operador de la aeronave, los porcentajes completos se ilustran en la Figura 7.33.

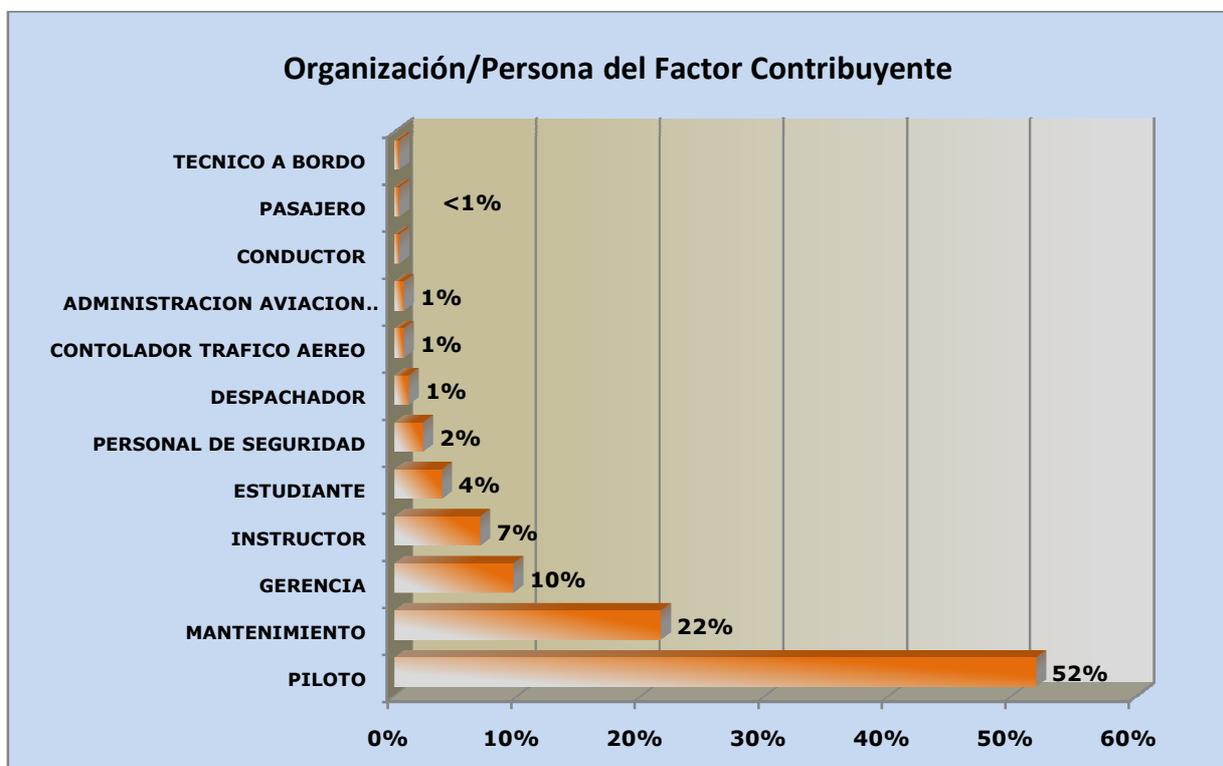
**Figura 7.31 Factor Descriptivo del Factor Contribuyente.**



**Figura 7.32. Sujeto del Factor Contribuyente**



**Figura 7.33. Organización/Persona del Factor Contribuyente**

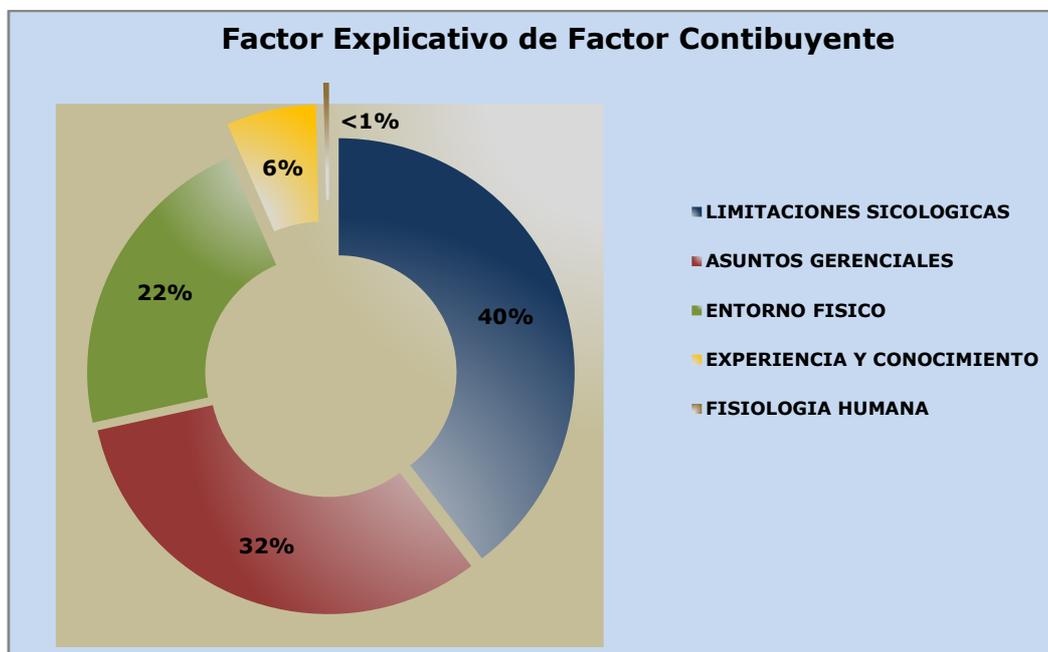


El análisis de factores humanos con el modelo SHELL de los Factores Contribuyentes mostro una distribución equitativa entre factores dependientes de Liveware y factores de la interface Liveware-Environment.

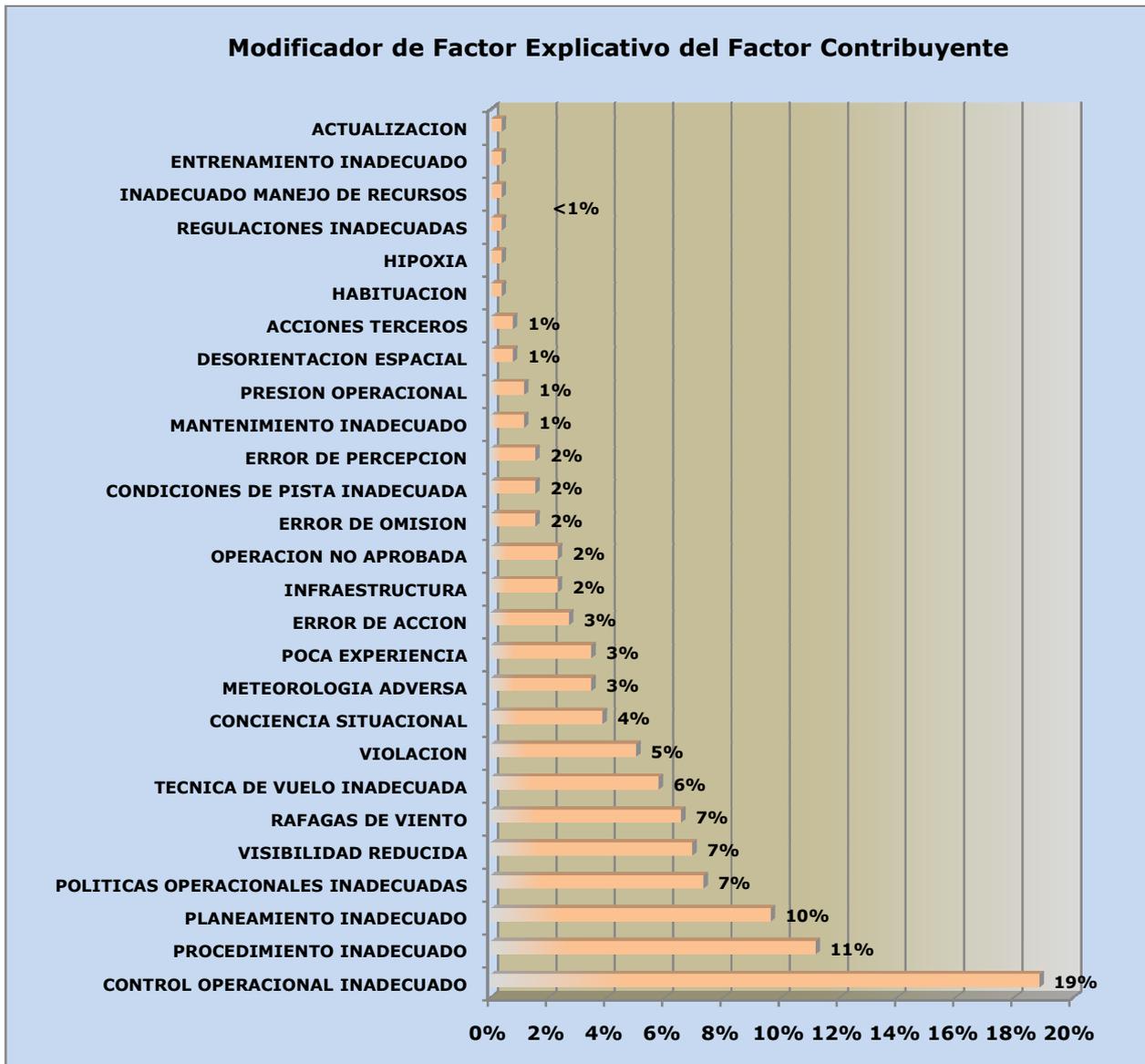
SHELL FACTOR CONTRIBUYENTE	n	PORCENTAJE
LIVEWARE	126	48%
LIVEWARE-ENVIRONMENT	134	52%
<b>TOTAL</b>	260	100%

En cuanto a las categorías de Factores Explicativos del Factor Contribuyente en la *Figura 7.34*, se registro un 40% correspondiente a Limitaciones Sicológicas, 32% se trataron de Asuntos Gerenciales, 22% fueron atribuibles al Entorno Físico de la operación, 6% a falta de Experiencia y Conocimiento, y 1% a factores relacionados con la Fisiología Humana. La *Figura 7.35* muestra la distribución de Modificadores de Factores Explicativo para el factor Contribuyente, entre los que se cuenta con mayor frecuencia el Control Operacional Inadecuado con 19%, los Procedimientos Operacionales Inadecuados con 11% y el Planeamiento Inadecuado antes o durante el vuelo con 10%.

**Figura 7.34. Factor Explicativo del Factor Contribuyente.**



**Figura 7.35. Modificador de Factor Explicativo del Factor Contribuyente**



## 8. Discusión

A la luz de los resultados obtenidos, se desprenden varias consideraciones especiales, inicialmente se evidencia una consistencia interna de los datos que se refleja en resultados congruentes, objetivos y útiles al caracterizar la accidentalidad aérea en general, los datos generales de accidentalidad muestran una tendencia acorde con la descrita por estudios especializados en seguridad aérea, que sugiere un descenso en el número total de accidentes con el transcurrir de los años, la distribución de accidentes por mes del año es ciertamente equitativa, sin grandes diferencias observables de mes a mes, ni por temporadas o épocas del año, probablemente por el clima tropical reinante en nuestro país que permite que la operación de aeronaves se desarrolle en forma regular a lo largo del año; en cuanto a la accidentalidad por hora del día, la alta densidad de accidentes entre la 6:00 am y las 6:00 pm se podría explicar pues es este periodo de luz solar en el que se desarrolla la mayoría de las operaciones aéreas.

La distribución de accidentes según tipo de aeronave que muestra una alta frecuencia de accidentes en aeronaves livianas, usadas comúnmente en operaciones de aviación general, merece un análisis detallado, si bien es claro que la mayoría de aeronaves que constituyen el stock nacional pertenecen a este tipo, se plantea la duda si tal vez sea posible que las operaciones a este nivel cumplan con estándares mas bajos que los presentados por la operación de aeronaves de línea, esto iniciando desde la base que las regulaciones para dichas operaciones son igualmente menos exigentes, aunado al echo de que la confiabilidad en general de estas aeronaves es menor. Así mismo, la distribución mostrada en la accidentalidad por tipo de aeronave según ala sustentadora que evidencia una mayoría de accidentes en aeronaves de ala fija refleja una distribución similar a la hora de ver el número total de aviones enfrenteado al número total de helicópteros operando actualmente en Colombia. En el mismo orden de ideas, basado en el número total de aeronaves a pistón y aeronaves monomotor, y teniendo en cuenta su confiabilidad reducida al compararla con aeronaves multimotor y a turbina, se explica la alta prevalencia de accidentes de aeronaves monomotor y con motor reciproco.

Al revisar la estadística de accidentalidad por departamentos, por regionales de UAEAC y accidentalidad en aeródromo, se deben hacer consideraciones similares a las previas, pues en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Meta se llevan a cabo una alta densidad de operaciones aéreas, contando para una mayoría del total de los vuelos

realizados a nivel nacional, de igual forma, las regionales establecidas por UAEAC son muy diferentes entre si en lo que a numero de operaciones, área territorial y condiciones geográficas se refiere. Similar situación se presenta con el elevado factor exposicional que presentan aeropuertos como Eldorado, Guaymaral, Vanguardia, Olaya Herrera o Bonilla Aragón al compararlos con otros aeródromos, si bien se evidenciaron situaciones especiales de seguridad en aeródromos como en la Pista de Vigía del Fuerte, en donde se presentaron dos eventos consecutivos debidos al estado de la pista.

Las características propias de la economía nacional, y la aviación como parte de actividad económica colombiana, que presenta rasgos inequívocos de economía en crecimiento propia de un país en vía de desarrollo, se reflejan en el hecho de que la mayoría de propietarios de aeronaves en nuestro país busquen en ellas una explotación lucrativa, lo cual crea un escenario aeronáutico en donde la mayoría de operaciones son de tipo comercial, dejando la aviación general para una minoría que cuenta con medios y recursos suficientes para el mantenimiento y operación de una aeronave para usos personales y privados; al observar la distribución de accidentalidad por tipo de operación, que revela un mayoría de los accidentes en operaciones aéreas comerciales, se debe tener en cuenta este factor determinante; influencia que se refleja igualmente ahondando en las categorías específicas de las operaciones aéreas, en donde la mayoría se trata de operaciones de transporte no regular de pasajeros, la cual muestra la mayor frecuencia de accidentes, llama la atención el alto numero de accidentes en operaciones agrícolas o de aplicaciones aéreas, lo cual llama a prestar especial atención a las condiciones en las que se llevan acabo estas importantes labores, que si bien no implican riesgo masivo de potenciales fatalidades, lesionan el capital económico de la industria.

Pasando ahora a discutir los resultados en cuanto a accidentalidad según fase de vuelo, si bien los porcentajes de accidentalidad correspondientes a las fases del llamado *cono de aproximación* son similares a las observadas en la aviación mundial, es de particular interés el porcentaje observado en la fase de crucero, el cual esta sensiblemente aumentado con respecto a dichas observaciones globales, situación de alguna manera explicable si se analizan las condiciones geográficas propias del territorio colombiano, pero que llaman a una intervención específica en este particular. En lo que respecta a la accidentalidad según las condiciones meteorológicas presentes a la hora del evento, se encuentra que una importante mayoría de estos se presenta con condiciones meteorológicas aptas para el vuelo visual, lo cual sugiere un análisis de las causas de accidentalidad en las que las condiciones meteorológicas no son un factor contribuyente, teniendo en cuenta igualmente que la mayoría de accidentes se producen

en fases de vuelo que requieren buenas condiciones de visibilidad, sobre la base de un mayor porcentaje de operaciones bajo reglas de vuelo visual. Los resultados derivados del análisis del tipo de daños sufridos por las aeronaves y el nivel de lesiones de los ocupantes de las aeronaves accidentadas reflejan los frutos de años y millones en recursos económicos y científicos invertidos en el mejoramiento del diseño de estructuras orientadas hacia la seguridad y supervivencia, si bien cerca de la mitad de las aeronaves siniestradas sufrieron daños severos considerados como no reparables, solo una tercera parte del total de accidentes analizados produjeron lesiones mortales a sus ocupantes. El promedio de supervivencia total ponderado sobre la suma de víctimas mortales en todos los accidentes es de un 69%, cifras que invitan a reflexionar sobre el impacto y la falsa percepción general de la mínima probabilidad de supervivencia en el caso de un posible accidente aéreo. Revisando los datos de edad y experiencia de los pilotos de las aeronaves accidentadas, se encuentra que la mayoría se encontraba en edades entre 30 a 39 años, y entre 2000 y 5000 horas de experiencia de vuelo, lo cual requiere un estudio posterior analizando estas cifras en función de datos demográficos y records de experiencia del personal de pilotos civiles en Colombia. Las cifras con respecto al estado de licencias médicas y técnicas en general muestran un adecuado cumplimiento de las normas al respecto establecidas por UAEAC, si bien queda el ideal de que podrían mejorarse aun más.

Entrando en el análisis de las causas de accidentalidad aérea en territorio colombiano para los últimos 15 años, revisando las cifras de causas de accidentes aéreos en función de los datos estandarizados extraídos de la causa probable de cada accidente como se consigno en el informe final, sobresalen las causas mecánicas como factor mas frecuente, esto debido a que las causas aquí están consignadas independientemente, pero al revisar el resto de categorías, se ve que casi el total son clasificables dentro de lo que se entiende como Factores Humanos, así, dentro de este restante, se encuentran los errores de habilidades y los errores de decisión con altas prevalencias, así como situaciones del tipo vuelo bajo reglas visuales en condiciones meteorológicas instrumentales. Al englobar todas estas categorías correspondientes a Factores Humanos, y compararlas con las fallas de tipo mecánico, se ve como las primeras cuentan con una frecuencia evidentemente mayor que las segundas, y al suprimir del recuento global aquellos accidentes con causa indeterminada, dejando la comparación neta entre el Factor Humano y el Factor Aeronave, se evidencia una proporción muy similar a la descrita por autores y expertos en temas de seguridad aérea. Se plantea en este aspecto la duda de cuantos de los accidentes por Factor Aeronave estarán en algún nivel determinados por actuaciones humanas.

Observando los resultados de la codificación de eventos de seguridad aérea con la taxonomía ADREP 2000, se encuentran datos asimilables y extrapolables a los reportados por estudios previos usando diferentes modalidades de análisis y manejo de datos. Los eventos codificados usando ADREP 2000 permiten ubicar al lector en la situación específica del accidente, sin entrar aun a discutir causas de accidentalidad. Los eventos más comunes en la accidentalidad aérea colombiana fueron fallas de motor en vuelo y colisiones contra terreno a nivel, contra terreno elevado y contra obstáculos en la trayectoria de vuelo.

Los Factores Descriptivos derivados del análisis usando ADREP 2000 arrojaron resultados que ubican los procedimientos operacionales inapropiados como causa mas frecuente de accidentes aéreos en Colombia, seguido por daños internos al motor, Decisiones Operacionales Inapropiadas y Perdida del Control de la aeronave en vuelo. En cuanto a los Factores Descriptivos de los factores contribuyentes, se encontró que las más frecuentes fueron las Operaciones Aéreas y los Procedimientos operacionales inapropiados, seguido de procedimientos de Mantenimiento inadecuados. Entendidos como causas de accidentalidad aérea, al extrapolar estos resultados con los estudios precedentes, se ve que si bien se trata de categorías similares, el orden de frecuencia es distinto para nuestra realidad.

Una de las ventajas más significativas de este sistema de codificación de eventos de seguridad aérea, recae en que permite determinar los actores de la operación mas frecuentemente involucrados en las ocurrencias, es llamativo el hecho de que tanto en las causa probables como en los factores contribuyentes de accidentalidad aérea en Colombia, se encontró que el ámbito del Liveware en el centro del modelo SHELL fue el que mostro amplia mayoría en la determinación de accidentes aéreos. En el presente análisis se encontró que la tripulación de vuelo se vio involucrada en 60% de las causas de accidentes por Factores Humanos, siendo el piloto el responsable del 79% del total de estas, en cuanto a los factores contribuyentes, la tripulación de vuelo aporto un total de 62% de las causas, con el piloto al mando responsable de un 52% de estas.

Posiblemente se vislumbra aquí que se contraviene el principio de la investigación de accidentes aéreos que es el no culpar ni reclamar responsabilidad en ninguna persona u organismo, mas sin embargo al reflexionar sobre la importancia de poder identificar el eslabón en el que la cadena cedió y permitió el inicio de la cadena de eventos que configuro el accidente, encontramos que la verdadera gestión es a nivel de prevención, en donde se de el manejo adecuado a la información obtenida y se evite tomar medidas de tipo punitivo.

Estudiando los resultados arrojados por el análisis de los Factores Explicativos de accidentalidad aérea codificados según ADREP 2000, se encuentra interesante el poder entender y visualizar específicamente las

causas y fallas que produjeron los accidentes analizados, es así como se ve que tanto para las Causas probables como para los Factores Contribuyentes de accidentalidad, los fallos mas frecuentes son del tipo Limitaciones Sicológicas, en el ámbito de las Causas Probables se ve en segundo lugar el Entorno Físico y en el de los Factores Contribuyentes los Asuntos Gerenciales, información importante al compararse con datos de estudios previos, en donde se empezó a encontrar amplia influencia gerencial en los eventos de seguridad aérea.

Finalmente, los resultados de las subcategorías de los Factores Explicativos revelan que la mayoría de los accidentes se presentaron principalmente por Procedimientos Operacionales Inadecuados, por Violaciones a los estándares establecidos y por errores basados en la Técnica de Vuelo, mientras los Factores Contribuyentes se presentaron básicamente por Controles Operacionales inadecuados o insuficientes, Procedimientos Operacionales inadecuados y Planeamiento Inadecuado antes y durante el vuelo.

Al volver sobre la labor de investigación de accidentes de aviación llevada a cabo por la UAEAC, es justo reconocer el gran avance técnico y tecnológico a lo largo de los últimos años, mejora que es clara y evidente al comparar las investigaciones como se realizaban hace 15 años, con las que se completan hoy en día, mostrando un desarrollo abrumador en cuanto a técnicas investigativas y estandarización de procesos y metodologías con las usadas en el resto del mundo, logrando esclarecer las circunstancias de la mayoría de accidentes, reduciendo significativamente el numero de investigaciones de accidentes con causas indeterminadas y emitiendo recomendaciones de seguridad efectivas para la gestión de la seguridad de la industria aérea colombiana. De igual forma, es importante resaltar la importancia, entendida por UAEAC, de adoptar estrategias y metodologías acordes con el estado del arte mundial, tal como es la taxonomía ADREP 2000 y su soporte lógico ECCAIRS, el cual le permite estar en continua relación y comunicación con el ámbito de seguridad aérea mundial.

En el presente estudio se encontraron limitaciones en cuanto a que el proceso de interpretación y entendimiento de las circunstancias que rodean un accidente de aviación varían de un lector a otro, de igual manera, los términos usados en las causas probables de accidentalidad no son constantes en todos los informes y en ocasiones son incluso inexactos, lo cual obligo a realizar una estandarización de términos, así como a seguir una estricta rigurosidad con los datos y conceptos consignados en los informes de accidentes aéreos, sacrificando algunas veces la congruencia de datos y evidencias.

En cuanto a las estadísticas de accidentalidad presentadas, se trata de tasas brutas basadas en frecuencias totales, debido a que no se cuenta

con registro ni información precisa y generalizada de las horas de vuelo de las diferentes operaciones en nuestro país, lo cual no permite realizar una aproximación idónea de accidentalidad basada en tasas de exposición, que son el mejor índice representativo de accidentalidad.

Otra limitación es que se usó la taxonomía ADREP 2000 orientada hacia el estudio de Factores Humanos, cuando esta fue creada y desarrollada para codificar todo evento y situación concerniente con la seguridad aérea, por lo cual se prescinde de buena parte de la información con respecto a los eventos y circunstancias en las que se configuraron los accidentes y que no están contemplados en la causa probable ni en el primer factor contribuyente de los mismos.

## 9. Conclusiones

Se concluye del presente estudio que las causas de accidentalidad aérea en Colombia están determinadas por los Factores Humanos, principalmente por errores de tipo procedimental, faltas a estándares operacionales establecidos y de errores de habilidades y técnica de vuelo, en los cuales se vieron involucradas principalmente las tripulaciones de vuelo, en persona del piloto al mando. En tanto a los factores contribuyentes a la accidentalidad aérea, se encontró que se trata principalmente de operaciones en contextos o condiciones inapropiadas, procedimientos operacionales inadecuados y procedimientos inadecuados de mantenimiento y servicio a las aeronaves, específicamente presentados por inadecuados o insuficientes controles operacionales, planeamiento inadecuado de las operaciones aéreas y políticas operacionales inadecuadas. En estos factores contribuyentes se vieron involucrados principalmente las tripulaciones de vuelo, los servicios de mantenimiento y la gerencia de las empresas operadoras.

La tendencia general de accidentalidad aérea en Colombia es a disminuir, la distribución de accidentes es relativamente constante durante los meses del año, con leves incrementos a mitad y a final de año. La Distribución de accidentalidad es durante luz diurna, horas a las que se realizan la mayoría de operaciones.

Los datos de accidentalidad según modelo de aeronave y tipo de ala sustentadora, tipo y número de motores esta supeditada a la número de aeronaves de cada tipo operando actualmente en Colombia, siendo las más frecuentemente accidentadas aquellas más frecuentemente encontradas en la flota nacional, esto dado por factor exposicional. Esta situación se presenta similar al analizar los resultados de accidentalidad por departamento y regional de UAEAC, así como las cifras de accidentalidad por tipo de operaciones aéreas.

La distribución de accidentalidad aérea por fase de vuelo presento una frecuencia aumentada de accidentes ocurridos en crucero, una importante mayoría de los accidentes se produjeron en condiciones meteorológicas visuales.

La mayoría de accidentes no produjeron lesiones fatales a los ocupantes de la aeronave, el promedio general de supervivencia estuvo alrededor del 70%. En general, los pilotos accidentados tenían sus licencias médicas y técnicas en regla en el momento del accidente.

Las características de la accidentalidad aérea en Colombia son congruentes con las tendencias y frecuencias observadas en estudios de seguridad aérea a nivel mundial, las diferencias encontradas responden a situaciones económicas, geográficas y ambientales propias de nuestro país.

Los resultados del presente estudio sugieren que la intervención y gestión de la seguridad aérea yace principalmente en la mitigación del riesgo que representa el elemento más vulnerable de la operación, este es el Factor Humano. Se sugieren áreas sensibles que requieren manejo eficaz y oportuno con el objetivo de truncar patrones frecuentes de error e intervenir situaciones que pre condicionan situaciones que pueden configurar accidentes aéreos. Como se contemple en el Manual de administración de seguridad de OACI (Safety Management Manual SMM), la aproximación a la seguridad aérea en función del desempeño y de las observaciones y realizadas en materia de accidentalidad, tendencias, frecuencias y patrones comunes como los obtenidos en el presente estudio, es dinámica y flexible. Las regulaciones en seguridad sirven como controles e intervenciones necesarias en mitigación de riesgos, pero los mejores niveles de seguridad operacional se logran cuando las iniciativas van mas allá del mínimo establecido. Como dicta el SMM, cada estado contratante es responsable de establecer programas de administración en seguridad estatal (State Safety Program SSP), al igual que se encarga de desarrollar y establecer sistemas de administración de seguridad SMS de acuerdo a los lineamientos del SSP, en observancia a sus políticas internas, las características de su operación y las observaciones en accidentalidad y eventos de seguridad aérea. El estado es responsable de la constitución, desarrollo, implementación y desempeño del SMS a nivel nacional, en este contexto, el SSP necesita de objetivos medibles y metas definidas en su SMS, así como verificar que toda operación sea conducida acorde a esas expectativas de seguridad. Los factores determinantes de accidentalidad identificados en este análisis contribuyen a fijar dichas metas y a establecer las aéreas vulnerables y objetivos específicos necesarios en la administración de seguridad aérea nacional.

Se concluye que la taxonomía común ADREP 2000 de OACI es útil para la codificación, identificación, estudio y análisis de las causas de accidentalidad aérea, ya que provee resultados congruentes y prácticos a la hora de entender, analizar y actuar sobre amenazas y fallas en aspectos de seguridad.

## Bibliografía

1. Colombia al Vuelo. *Revista Credencial Historia*, vol 187, Julio. BLLA. 2005
2. International Civil Aviation Organization; *Annual Report of the Council 2009*. Doc. no. 9921. ICAO, 2010
3. International Civil Aviation Organization; *Outlook for Air Transport to the Year 2025*. Circular 313. ICAO, 2007
4. Boeing; *Boeing 2007 Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*, July 2008
5. International Civil Aviation Organization; *Annex 13. Aircraft Accident and Incident Investigation*. ICAO, 2001
6. Disposiciones de la constitución política de Colombia; *Libro quinto del código de comercio. Parte Segunda. Capítulo IX*. 2004
7. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Oficina de Transporte Aéreo - Grupo de Normas Aeronáuticas; *Reglamentos aeronáuticos de Colombia. Parte octava. Investigación de Accidentes de Aviación*. UAEAC. 2007
8. International Civil Aviation Organization; *Manual de Instrucción sobre Factores Humanos Internacional*. Documento 9683-AN/950
9. Reason, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate, Hampshire, 1997.
10. Lázari. C. *CRM como agente de cambio cultural y factores humanos*. [www.crmyffhh.com.ar](http://www.crmyffhh.com.ar)
11. Maturana, H. *Formación Humana y Capacitación*, Dolmen, Chile, 1997.
12. Vinderman. F. *La metodología CRM en Factores humanos en la prevención de accidentes*. [www.seguridad-la.com/artic/rrhh/7023.htm](http://www.seguridad-la.com/artic/rrhh/7023.htm)
13. Maurino D. *Threat and Error Management (tem)*, Canadian Aviation Safety Seminar (CASS), Vancouver, Canada, 2005.
14. Swain, A. D., Guttman, H. E. *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. NUREG/CR-1278; Washington D.C. 1983.
15. Reason, J. *Human error*. Cambridge University Press. (1990).
16. Wiegmann, D. & Shappell, S. *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. Ashgate. 2003
17. Federal Aviation Administration. *Human Error and Commercial Aviation Accidents: A Comprehensive, Fine-Grained Analysis Using*

- HFACS. Report N° DOT/FAA/AM-06/18. Office of Aerospace Medicine. 2006
18. International Civil Aviation Organization; *Accident Investigation and Prevention (AIG) Divisional Meeting*. Working paper AIG/08-WP/34. ICAO. 2008
  19. International Civil Aviation Organization; *Accident/Incident Reporting(ADREP); Annual Statistics 2001*. Circular 294 AN/169. ICAO 2002
  20. International Civil Aviation Organization; *Safety Management Manual*. Document 9859 AN//474. ICAO, 2009
  21. Beaubien JM, Baker DP. *A review of selected aviation human factors taxonomies, accident/incident reporting systems and data collection tools*. International Journal of Applied Aviation Studies. 2002
  22. Wiener E, Nagel D; *Human Factors in Aviation*; Academic Press; 1996
  23. Reason J. *Human error*. New York: Cambridge University; 1990.
  24. Gaur D. *Human Factors Analysis and Classification System applied to civil aircraft accidents in India*. Aviat Space Environ Med 2005; 76:501-5.
  25. Montoya A, Roldan A. *Análisis, Clasificación y evaluación de Accidentes Aéreos de la Aviación Civil en Colombia Para los Últimos Diez Años*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Aeronáutica, Universidad San Buenaventura. 2007
  26. Federal Aviation Administration. *Ground vehicle operations on airports*. - Advisory Circular; No. 150/5210-20; June 21, 2002.
  27. Li G. *Pilot-related factors in aircraft crashes: a review of epidemiologic studies*. Aviat Space Environ Med 1994; 65:944 -52.
  28. U.S. Department of Transportation. *Bureau of Transportation statistics*. Retrieved August 11, 2005, <http://www.bts.gov>
  29. Antuñano MJ, Mohler SR, Gosbee JW. *Geographical disorientation: approaching and landing at the wrong airport*. Aviat Space Environ Med 1989; 60:996 -1004.

**Anexos:****Tabla 7.1. Accidentalidad por modelo de aeronave.**

MODELO DE AERONAVE	n	PORCENTAJE	MODELO DE AERONAVE	n	PORCENTAJE
CESSNA 206	45	12%	BEECHCRAFT SUPERKING	2	1%
PIPER 28	27	7%	CESSNA 404	2	1%
CESSNA 188	23	6%	CESSNA 441	2	1%
BELL 206	21	5%	CURTISS C46	2	1%
CESSNA 172	21	5%	MCDONELL DC10	2	1%
CESSNA 182	18	5%	DEHAVILLAND TWIN OTTER	2	1%
CESSNA 185	16	4%	DEHAVILLAND DASH	2	1%
HUGHES 500	14	4%	SCHWEIZER AGCAT	2	1%
PIPER 25	12	3%	KAMOV 32	2	1%
MCDONELL DC3	11	3%	PIPER 60	2	1%
MIL M18	10	3%	FOURNIER RF	2	1%
CESSNA402	8	2%	AYRES SS2T	2	1%
ANTONOV 32	7	2%	SWEARINGEN SW	2	1%
AIR TRACTOR AT3P	7	2%	ANTONOV 26	1	MENOS DE 1%
CESSNA 152	7	2%	ATR 42	1	MENOS DE 1%
COMMANDER SS2P	7	2%	BEECHCRAFT BONANZA	1	MENOS DE 1%
CESSNA 210	6	2%	BOEING 747	1	MENOS DE 1%
DROMEDARIO M18	6	2%	BEECHCRAFT QUEEN	1	MENOS DE 1%
PIPER 31	6	2%	BELLANCA SUPERVIKING	1	MENOS DE 1%
PIPER 32	6	2%	CESSNA 320	1	MENOS DE 1%
PIPER 34	6	2%	CESSNA337	1	MENOS DE 1%
BOEING 727	5	1%	CESSNA340	1	MENOS DE 1%
CESSNA 180	5	1%	CESSNA CITATION	1	MENOS DE 1%
AEROCOMANDER	4	1%	HELIO COURRIER	1	MENOS DE 1%
EUROCOPTER AS350	4	1%	CONVAIR CVLT	1	MENOS DE 1%
BELL 47G	4	1%	MCDONELL DC6	1	MENOS DE 1%
CESSNA 150	4	1%	DEHAVILLAND BEAVER	1	MENOS DE 1%
CESSNA 303	4	1%	EMBRAER BANDEIRANTE	1	MENOS DE 1%
DORNIER D28D	4	1%	EMBRAER 190	1	MENOS DE 1%
MCDONELL DC9	4	1%	PIPER 22	1	MENOS DE 1%
LET 410	4	1%	PIPER 23	1	MENOS DE 1%
GAVILAN	3	1%	PIPER 24	1	MENOS DE 1%
PIPER 36	3	1%	PIPER 26	1	MENOS DE 1%
PIPER 38	3	1%	PIPER 30	1	MENOS DE 1%
ROBINSON R22	3	1%	AEROSPATIALE CARAVELLE	1	MENOS DE 1%
BELL212	2	1%	BOEING ST75	1	MENOS DE 1%
BOEING 757	2	1%	<b>TOTAL</b>	388	100%

**Tabla 7.2. Accidentalidad en Aeródromo.**

<b>Aerodromo</b>	<b>n</b>
AGUABLANCA	1
ALBERTO LEON BENTLEY MITU	1
ALFONSO BONILLA ARAGON CALI	5
ALI JERONIMO URRAO	1
BAHIA SOLANO	1
BASE FASCA AGUAZUL	1
BECERRIL	1
BENITO SALAS NEIVA	1
CAPURGAN	1
CARAÑO QUIBDO	3
COALCESAR AGUACHICA	1
EL CARAÑO QUIBDO	3
EL CONVENTO POMPEYA	1
EL DORADO BOGOTA	12
EL EDEN ARMENIA	1
EL EMBRUJO PROVIDENCIA	2
ERNESTO CORTSISOZ BARRANQUILLA	4
FARFAN TULUA	1
GONZALEZ TORRES SAN JOSE	4
GUAYMARAL	8
GUILERMO LEON VALENCIA POPAYÁN	1

<b>Aerodromo</b>	<b>n</b>
JOSE CELESTINO MUTIS BAHIA SOLANO	1
JOSE MARIA CORDOBA RIONEGRO	3
LA AURORA PARATEBUENO	1
LA HERRERA	1
LA MACARENA	1
LA NUBIA MANIZALES	2
LA PROVIDENCIA ITUANGO	1
LOS CEDROS CAREPA	1
LOS COLONIZADORES SARAVERENA	1
MALAGA	1
MATECAÑA PEREIRA	4
MIRAFLORES	1
MUZO	1
NECOCLI	1
OLAYA HERRERA MEDELLIN	7
PALONEGRO BUCARAMANGA	1
PERALES IBAGUE	1
PISTA ACARICUARA MITU	1
PISTA INDRA TURBO	1
PISTA LA FLORA NUNCHIA	1
PISTA LA GAVIOTA PUERTO CAREÑO	1

<b>Aerodromo</b>	<b>n</b>
PISTA LA HERRERA	1
PISTA LA PLATA	1
PISTA SAN JERONIMO	1
PISTA SAN LUIS PALERMO	1
PISTA TOMANCHIPAN	1
PIZARRO	1
PLANADAS	1
PTO WILCHES	1
RAFAEL NUÑEZ CARTAGENA	2
SAN JOSE OCUNE	1
SAN VICENTE CHUCURI	1
SANTIAGO VILA FLANDES	5
SIMON BOLIVAR SANTA MARTA	1
TARAIRA	1
TRES ESQUINAS	1
URRAO	1
VANGUARDIA VILLAVICENCIO	8
VASQUEZ COBO LETICIA	1
VIGIA DEL FUERTE	2
VILLA GLADYS PACOA	1
<b>Total</b>	<b>120</b>

## Causas de Accidentalidad por periodos de 5 años.

