

Diagnóstico de seguridad operacional de sucesos Aeronáuticos en argentina: Propuesta metodológica para la aplicación de una matriz de riesgo basada en la taxonomía ADREP

Safety diagnosis of aeronautical events in Argentina:
Methodological proposal for the application of a risk matrix based on the ADREP taxonomy

Presentación: 00/00/2023

Carlos Mario Carbonel

Junta de Seguridad del Transporte, Argentina
ccarbonel@jst.gob.ar

Ezequiel Rubén Ayala

Junta de Seguridad del Transporte, Argentina
eayala@jst.gob.ar

Resumen

El presente documento tiene como fin diseñar de una metodología de análisis para la ponderación de los factores de riesgo en sucesos aeronáuticos. Mediante un enfoque estadístico se generará un listado de categorías¹ de sucesos según el nivel de riesgo, considerando para ello tanto la frecuencia de ocurrencia como la gravedad de las consecuencias sufridas por el personal y los materiales involucrados. Dado que la mayor cantidad de operaciones aéreas en Argentina se desarrollan en aeródromos no controlados, resulta inviable la evaluación de indicadores en función de la cantidad de despegues y aterrizajes, es por esto que se decidió realizar el análisis de recurrencia como función de los sucesos registrados por categoría y la cantidad de sucesos. A partir de esto, la metodología propuesta busca ponderar las categorías de sucesos según una evaluación del riesgo que poseen, permitiendo orientar líneas de investigación reactivas², y a su vez contribuir de manera proactiva a la prevención de futuros accidentes e incidentes, fortaleciendo la seguridad operacional. Se aplicará esta metodología a los sucesos en operaciones de trabajo agroaereo en Argentina durante el periodo 2013-2022. Los datos se obtuvieron del sistema ADREP/ECCAIRS³ del repositorio institucional de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST). Como resultados de la aplicación de la metodología propuesta se presentara la evolución anual de los sucesos, destacando las categorías con mayor riesgo ponderando para el tipo de operaciones bajo estudio

¹ Las categorías de sucesos son establecidas por el equipo de seguridad operacional de aviación comercial y el equipo de taxonomía común de OACI (CAST/CICTT): <http://www.intlaviationstandards.org/Documents/OccurrenceCategoryDefinitions.pdf>

² Investigación de accidentes, incidentes graves e incidentes bajo los lineamientos del Anexo 13 de OACI.

³ El ECCAIRS es un sistema desarrollado por la Unión Europea que permite, de manera estandarizada, recolectar, analizar y compartir información acerca de los sucesos (accidentes e incidentes) en un formato compatible con el Sistema de Notificación de Accidentes/Incidentes de Aviación (ADREP).

Palabras clave: JST, SSP, SDCPS, SMS, ADREP/ECCAIRS, matriz de riesgo, operaciones agroaereas.

Introducción

La finalidad de las normas y métodos recomendados (SARPS) del Anexo 19 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es brindar lineamientos generales a los Estados para la gestión de los riesgos de seguridad operacional en la aviación, para lo cual propone como principal herramienta la consolidación de un Sistema de Seguridad Operacional del Estado (SSP).

Así mismo se plantea como requisito para establecer un SSP el contar con un sistema de supervisión de la seguridad operacional. Para ello los Estados deben implementar sistemas de recopilación y procesamiento de datos sobre seguridad operacional (SDCPS) que permitan captar, almacenar, agregar y analizar datos e información sobre seguridad operacional. Este sistema debe incluir datos e información relativos a las investigaciones de accidentes e incidentes.

Una organización gestiona la seguridad operacional asegurando que los riesgos de seguridad, derivados de las consecuencias de los peligros en actividades críticas, estén controlados hasta un nivel tan bajo como sea razonable en la práctica, conocido como ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Para ello, la gestión de riesgos de seguridad operacional comprende dos actividades distintas: la identificación de peligros y la evaluación y mitigación de los riesgos asociados.

El presente documento detalla la implementación de una metodología para evaluar, ponderando probabilidad y gravedad, las consecuencias de los peligros que han ocurrido y sido registrados durante el periodo que se desea estudiar, basándose en la base de datos de accidentes e incidentes. Esta metodología permitirá obtener una matriz para la evaluación del riesgo basada en categorías ADREP, lo cual servirá como herramienta para la toma de decisiones y la determinación de acciones de mitigación a fin de lograr una mejora continua de la seguridad operacional de manera proactiva.

Asimismo, la metodología presentada es la adoptada por el organismo AIG de Argentina como método de evaluación continua de la seguridad operacional. Esto permitirá establecer prioridades en las líneas de investigación, y generar un listado de las categorías de sucesos que se le dará un tratamiento especial como temas de observación parmente.

Desarrollo

Para el presente trabajo se utilizó la base de datos de seguridad operacional del sistema ADREP/ECCAIRS del repositorio institucional de la JST. La exportación de la información base necesaria para ponderar la probabilidad y gravedad fue realizada con el proceso Data Manager del sistema ECCAIRS. Se seleccionaron y filtraron los datos a través de consultas (query) para conformar los registros exportados a una hoja de cálculo (MS-Excel) para análisis posterior.

Con el fin de determinar el grado de aceptabilidad del riesgo de cada categoría (probabilidad de que ocurra y severidad que puede producir) se realizó un análisis para establecer una escala de gravedad y otra de frecuencia para integrarlas en una matriz de riesgo.

Se determinó la gravedad de cada suceso considerando en particular la severidad en función de los daños a la aeronave y lesiones al personal. Se adoptó una escala discreta con niveles del 1 al 5, tomando como modelos los ejemplos en el Doc. 9859 Manual de gestión de la seguridad operacional de OACI, y la ORDER 5200.11 FAA Airports (ARP) Safety Management System (SMS).

Gravedad del suceso	Daños a la aeronave	Lesiones a las personas	Valor
Catastrófico	Destrucción completa o pérdida de la aeronave (inaccesible)	Fallecidos	5
Peligroso	Daños severos	Heridos de gravedad	4
Mayor	Daños mayores	Heridas leves	3
Menor	Daños menores	N/A	2
Insignificante	Ninguno	N/A	1

Tabla 1. Nivel de gravedad del suceso. Fuente: elaboración propia.

Así, la clasificación según los datos cargados en el sistema ECCAIRS, fue expresada de la siguiente manera

Daño a la aeronave	Nivel	Lesiones	Nivel
Destruida	5	Fatal	5
De importancia	3	Serio	4
Menor	2	Menor	3
Ninguno	1	Ninguna	1
Desconocido	1	Desconocidas	1
S/D	1	S/D	1

Tabla 2. Nivel de gravedad del suceso con relación a los daños a la aeronave (a) y a las lesiones a las personas (b). Fuente: elaboración propia.

De esta forma, se pudo determinar la gravedad de cada suceso como el producto de ambos niveles:

$$\text{Gravedad del suceso} = \text{Nivel de daño a la aeronave} * \text{Nivel de lesiones}$$

Como paso posterior, se halló la gravedad promedio de cada categoría, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Gravedad promedio de la categoría} = \frac{\Sigma \text{gravedad de cada suceso de una misma categoría}}{\text{total de ocurrencia de la categoría}}$$

Con esto, se determinó un rango de gravedad, en función de la media \bar{X}_g , la desviación estándar σ_g , el valor máximo x_{max} y el mínimo x_{min} . La escala de este rango de gravedad es también del 1 al 5, siendo 1 la situación más leve y 5 la más grave.

Rango de Gravedad		
Nivel	Gravedad promedio	Formula
1	Insignificante	El mayor de: $x < \bar{X}_g - \sigma_g$ ó x_{gmin}
2	Menor	$\bar{X}_g - \sigma_g \leq x < \text{Nivel } 1 + \frac{\text{Nivel } 5 - \text{Nivel } 1}{3}$
3	Mayor	$\text{Nivel } 1 + \frac{\text{Nivel } 5 - \text{Nivel } 1}{3} \leq x < \text{Nivel } 2 + \frac{\text{Nivel } 5 - \text{Nivel } 1}{3}$

4	Peligroso	$Nivel 2 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3} \leq x < Nivel 3 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3}$
5	Catastrófico	El menor de: $x \geq \bar{X}_g + \sigma_g$ ó x_{gmax}

Tabla 3. Rango de gravedad. Fuente: elaboración propia.

Respecto a la recurrencia de los sucesos se analizó de forma análoga a la gravedad estos.

Recurrencia	Significado	Valor
Frecuente	Probable que ocurra muchas veces (ha ocurrido con frecuencia)	5
Ocasional	Probable que ocurra algunas veces (ha ocurrido infrecuentemente)	4
Remoto	Improbable, pero posible que corra (ha ocurrido raramente)	3
Improbable	Muy improbable que ocurra	2
Extremadamente improbable	Casi inconcebible que el suceso ocurra	1

Tabla 4. Nivel de recurrencia del suceso. Fuente: elaboración propia.

La frecuencia de una determinada categoría en función de la cantidad de sucesos totales está dada por la siguiente formula:

$$Frecuencia\ de\ una\ categoria = \frac{Cantidad\ de\ sucesos\ de\ una\ categoria}{Sucesos\ totales}$$

Con esto, se determinó un rango de frecuencia, en función de la media \bar{X}_f , y el desvío estándar σ_g .

Rango de Frecuencia		
Nivel	Recurrencia	Formula
1	Extremadamente improbable	El mayor de: $x < \bar{X}_f - \sigma_f$ ó x_{fmin}
2	Improbable	$\bar{x}_f - D_f \leq x < Nivel 1 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3}$
3	Remoto	$Nivel 1 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3} \leq x < Nivel 2 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3}$
4	Ocasional	$Nivel 2 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3} \leq x < Nivel 3 + \frac{Nivel 5 - Nivel 1}{3}$
5	Frecuente	El menor de: $x \geq \bar{X}_f + \sigma_f$ ó x_{fmax}

Tabla 5. Rango de frecuencias. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se ponderó cada categoría considerando tanto su probabilidad como su gravedad de ocurrencia. Esta ponderación permitió obtener una valoración más completa de los riesgos asociados a cada categoría.

Por último, se integraron los valores (niveles) obtenidos de probabilidad y gravedad en una matriz de evaluación de los riesgos.

Probabilidad del riesgo	Gravedad del riesgo				
	Insignificante	Menor	Mayor	Peligroso	Castastrofico
Frecuente	5	10	15	20	25
Ocasional	4	8	12	16	20
Remoto	3	6	9	12	15
Improbable	2	4	6	8	10
Extremadamente improbable	1	2	3	4	5

Figura 1. Matriz de riesgo ensamblada. Fuente: elaboración propia.

Aplicación de la metodología a las operaciones de trabajo agroaéreo

Las operaciones agroaéreas comprenden aquellas actividades en las que se utilizan aeronaves para la aspersión o lanzamiento de sustancias destinadas a la producción agrícola. Estas operaciones incluyen la aplicación aérea de fertilizantes, semillas y productos para la protección de cultivos, la preservación de los bosques o el control de plagas, malezas y hongos que afectan a la agricultura y la horticultura.

Durante el periodo 2013-2022 la JST registro un total de 67 eventos relacionados con estas operaciones.

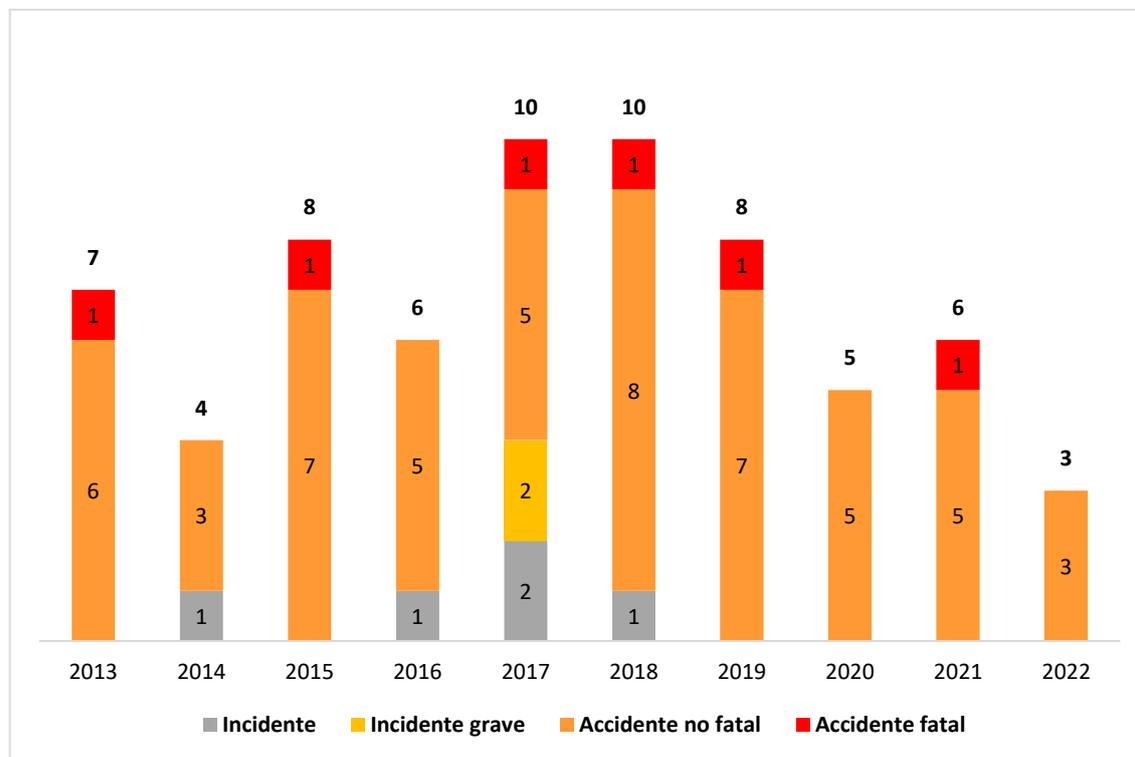


Gráfico 1. Serie anual de sucesos relacionados en operaciones de aeroplación en Argentina en el periodo 2013-2022. Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST.

En cuanto a las categorías de sucesos, las dos que presentan mayor recurrencia y que a su vez, poseen la mayor cantidad de accidentes, son las operaciones a baja altitud (LALT) y el fallo o mal funcionamiento del motor (SCF-PP).

Le siguen otras 3 categorías con menos cantidad de ocurrencia: relacionados con el combustible (FUEL), excursiones de pista (RE) y fuego/humo después del impacto (F-POST).

En un mismo suceso pueden existir múltiples factores contribuyentes y, por lo tanto, es común que un suceso posea más de una categoría. Por esta razón, en el siguiente gráfico, la cantidad de sucesos registrados no coincide con la cantidad de sucesos por categoría.

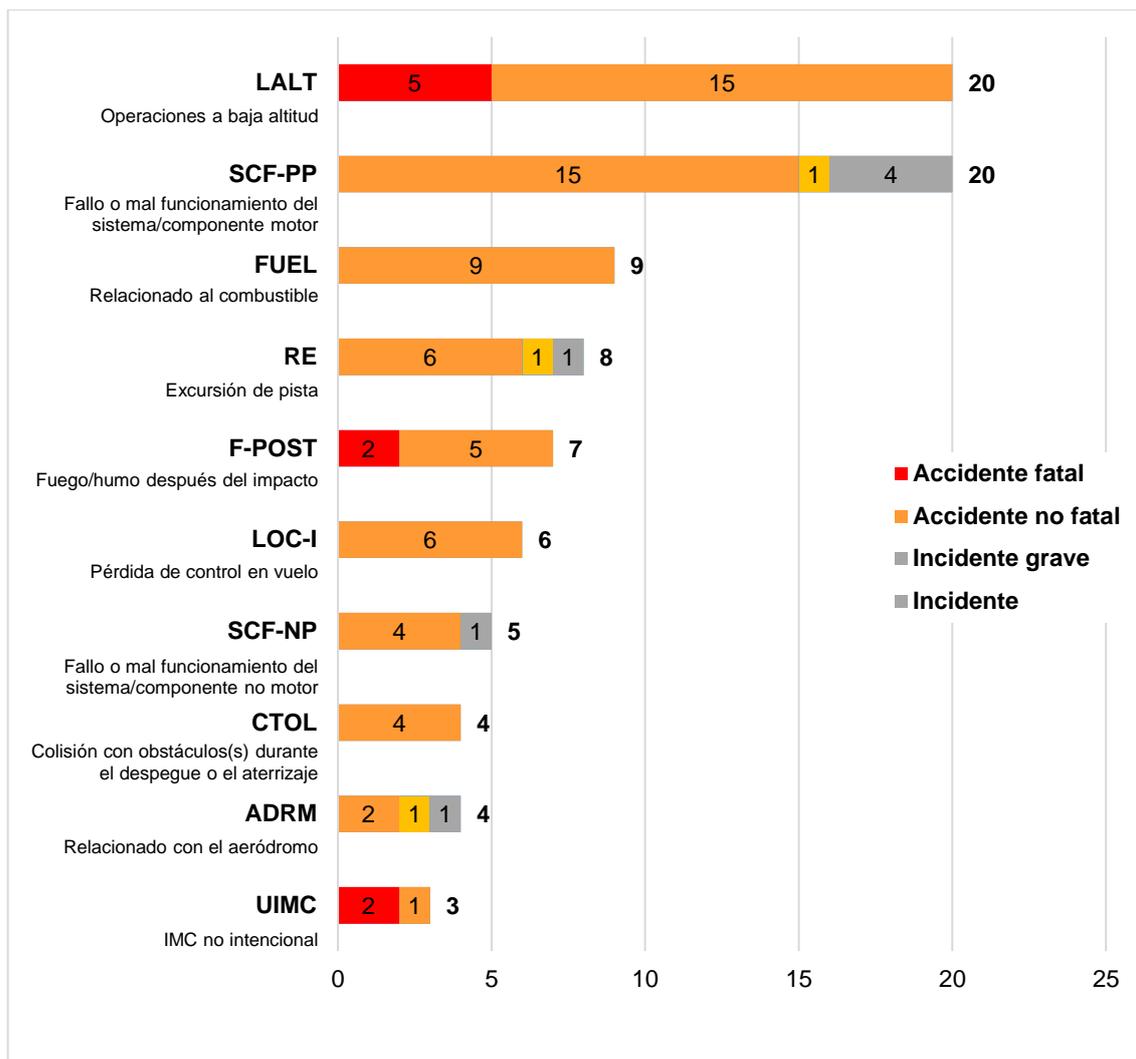


Gráfico 3. Distribución por categorías de sucesos en operaciones de aeroaplicación en Argentina en el período 2013-2022. Fuente: Sistema ADREP/ECCAIRS, repositorio de la JST

Aplicando el método anteriormente descrito, se pudo confeccionar la siguiente matriz de riesgo en función de la gravedad y frecuencia:

Probabilidad del riesgo	Gravedad del riesgo				
	Insignificante	Menor	Mayor	Peligroso	Catastrófico
Frecuente		SCF-PP		LALT	
Ocasional		FUEL RE			
Remoto		SCF-NP	LOC-I	F-POST	
Improbable	ADRM	ARC CTOL LOC-G		UIMC	
Extremadamente improbable		AMAN OTHR WILD			CFIT F-NI WSTRW

Figura 2. Matriz de riesgo aplicada a las operaciones de aeroaplicación. Fuente: elaboración propia.

Aplicando la matriz de riesgo a las áreas previamente definidas, se determinó el nivel de riesgo acumulado de cada categoría de suceso, en función de su gravedad y frecuencia, obteniendo como resultado las siguientes categorías en niveles rojo y amarillo:

Categoría	Rango de Gravedad	Rango de Frecuencia	Nivel de Riesgo
LALT	4	5	20
F-POST	4	3	12
SCF-PP	2	5	10
LOC-I	3	3	9
UIMC	4	2	8
FUEL	2	4	8
RE	2	4	8
SCF-NP	2	3	6
CFIT	5	1	5
WSTRW	5	1	5
F-NI	5	1	5

Tabla 6. Categorías con mayor nivel de riesgo. Fuente: elaboración propia.

Analizando estas categorías en detalle, suceso a suceso, se puede observar que las categorías LOC-I y LALT presentan escenarios coincidentes, es decir, la mayoría de los sucesos LALT involucran LOC-I. A su vez, los sucesos F-POST son resultado de los anteriores. Por tal motivo, y a los fines de presentación de la metodología

expuesta, se determinó hacer principal énfasis en la categoría LALT por contener los escenarios con mayor nivel riesgo. La categoría SCF-PP también merece ser evaluada, aunque para los fines demostrativos de aplicabilidad de la metodología expuesta, basta con analizar únicamente la categoría LALT.

Esta categoría de suceso se define como la colisión o casi colisión con obstáculos, objetos o el terreno durante la operación intencional cerca de la superficie, excluyendo las fases de despegue y aterrizaje. Incluye diversas operaciones tales como, exhibiciones aéreas, maniobras a baja altura, vuelos panorámicos y turísticos, inspección aérea, aplicación aérea, operaciones de búsqueda y salvamento, entre otras.

En el caso de las operaciones de trabajo agroaéreo registradas por la JST en los últimos 10 años, esta categoría representa aproximadamente el 33% de los sucesos, y en su mayoría, han resultado en accidentes. Los pilotos agrícolas deben operar su equipo dispensador y ajustar sus recorridos, mientras monitorean los recursos en la cabina, para garantizar una cobertura eficiente. También deben monitorear en el exterior una variedad de consideraciones como: fenómenos meteorológicos (que pueden afectar la visibilidad o la liberación del producto), los límites del área de trabajo, la presencia de obstáculos y las zonas que deben evitarse debido a la presencia de población, restricciones de ruido, presencia de ganado u otras medidas de seguridad. Estos factores, ya sea por separado o en combinación, pueden contribuir a la fatiga del piloto y otros efectos que podrían degradar su rendimiento.

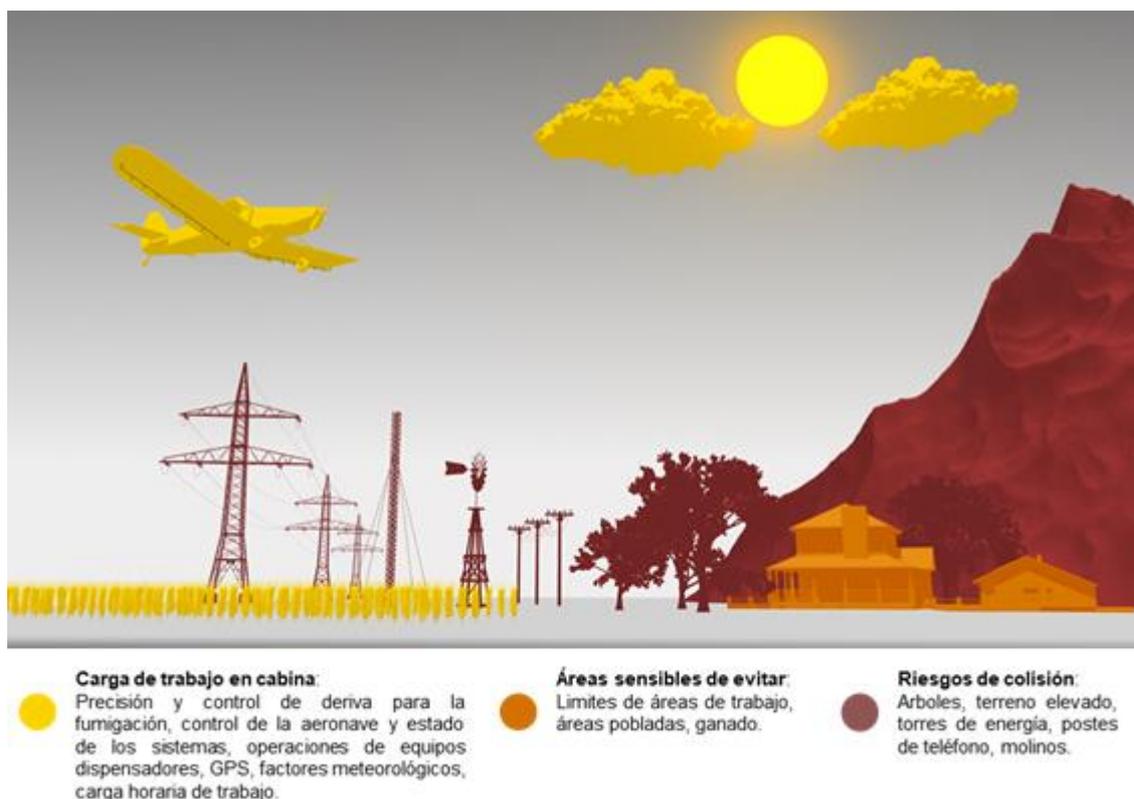


Figura 3. Elementos que demandan la atención del piloto. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, las herramientas derivadas de la metodología presentada son eficientes para la evaluación de riesgos en sucesos aéreos en Argentina. Dicha metodología no solo es eficiente en términos de tiempo y recursos, sino que también ofrece una sensibilidad ajustada a las exigencias operacionales de la investigación, alineándose fielmente con los lineamientos del Anexo 13 de la OACI.

La adecuada gestión y análisis de los datos de seguridad operacional permite canalizar recursos de investigación de forma estratégica, optimizando el impacto en áreas vitales del sistema aéreo. Identificar y priorizar categorías con un riesgo elevado nos brinda una perspectiva clara sobre qué áreas requieren un análisis más detallado en cuanto a barreras defensivas y detección de desviaciones operacionales.

Por último, es esencial intensificar el monitoreo de aquellas categorías que presentan tanto un elevado nivel de riesgo como una alta probabilidad de recurrencia. Para ello, es fundamental establecer temas de vigilancia constante, garantizando así la robustez y efectividad de las barreras defensivas identificadas durante las investigaciones. Este enfoque es coherente y contribuye al logro de los objetivos establecidos por el SSP, en consonancia con el Anexo 19 de la OACI.

Referencias

1. International Civil Aviation Organization (ICAO). (2019). Doc. 9859 - Safety Management Manual. ICAO.
2. International Civil Aviation Organization (ICAO). (2019). Doc. 9766 - Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation. ICAO.
3. Federal Aviation Administration (FAA). (n.d.). FAA Order 5200.11. FAA.
4. International Civil Aviation Organization (ICAO). (2019). ADREP Taxonomy. ICAO.
http://www.intlaviationstandards.org/apex/f?p=240:3:3947114865629::NO::P3_X:OC
5. International Civil Aviation Organization (ICAO). (2010). Annex 13 - Aircraft Accident and Incident Investigation. ICAO.
6. International Civil Aviation Organization (ICAO). (2013). Annex 19 - Safety Management. ICAO.
7. Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). RAAC 119 CERTIFICACION DE EXPLOTADORES DE SERVICIOS AEREOS (4ta edición).
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/raac_parte_119_0.pdf
8. Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). RAAC 137 REQUISITOS DE OPERACIÓN Y CERTIFICACION PARA TRABAJO AGROAEREO (4ta edición).
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parte-137_editada.pdf
9. Federación Argentina de Cámaras Agroaéreas (FEARCA). <https://fearca.org.ar/>
10. National Transportation Safety Board (NTSB). (2014). Special Investigation Report on the Safety of Agricultural Aircraft Operations. <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/documents/sir1401.pdf>
11. Junta de Seguridad en el Transporte (JST). (2018). Alerta de seguridad operacional. Trabajo Agroaereo. <https://www.argentina.gob.ar/jst/aviacion/productos-de-seguridad/alertas/vuelos-agroaereos>
12. Skybrary. <https://skybrary.aero/>