

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“EL RIESGO QUE REPRESENTA LA FAUNA PARA LAS  
OPERACIONES AÉREAS”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

**BIÓLOGO**

**ARTURO FREDERICK LUJÁN RUIZ**

LIMA - PERÚ

2024

<h2>Turnitin Informe de Originalidad</h2> <p>Procesado el: 03-may.-2024 8:49 p. m. -05          Identificador: 2370380398          Número de palabras: 18221          Entregado: 1</p> <p><b>Tesis Arturo Lujan Por Diana QUINTEROS</b></p>		<p>Índice de similitud</p> <p><b>9%</b></p>	<p><b>Similitud según fuente</b></p> <p>Internet Sources: 8%          Publicaciones: 3%          Trabajos del estudiante: 2%</p>
---	--	---	--

<p>1% match (Internet desde 12-dic.-2020)  <a href="https://es.scribd.com/document/421103630/9859-OACI-Cuarta-Edicion-1">https://es.scribd.com/document/421103630/9859-OACI-Cuarta-Edicion-1</a></p>	
<p>1% match (Internet desde 06-jul.-2023)  <a href="https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2023/06/MCIE-4ta-Edicion-Enm-4-2023.pdf">https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2023/06/MCIE-4ta-Edicion-Enm-4-2023.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 29-sept.-2022)  <a href="https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2017/10/CA-DPS-119-002-SMS-en-explotadores-complejos_18MAR2021.pdf">https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2017/10/CA-DPS-119-002-SMS-en-explotadores-complejos_18MAR2021.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 31-may.-2021)  <a href="https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2020/08/Modelo-de-CA-CCM-de-aeronaves-preservadas.pdf">https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2020/08/Modelo-de-CA-CCM-de-aeronaves-preservadas.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 13-oct.-2022)  <a href="https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2018/06/CA-PEL-141_001-Feb-6-2016.pdf">https://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2018/06/CA-PEL-141_001-Feb-6-2016.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 24-mar.-2015)  <a href="http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/circulares/cir_ase_2011.htm">http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/circulares/cir_ase_2011.htm</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 26-nov.-2014)  <a href="http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/circulares/docs/PDF%20CA/2011/dgac/sms/ca_139_200_02_sms_fase2_explotador_aerodrom">http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/circulares/docs/PDF%20CA/2011/dgac/sms/ca_139_200_02_sms_fase2_explotador_aerodrom</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 10-ago.-2007)  <a href="http://www.mtc.gob.pe/indices/B-%20SUB-SECTOR%20TRANSPORTE%20Aereo/B.2.5%20Aeropuertos/D.T.E%2003-2003.pdf">http://www.mtc.gob.pe/indices/B-%20SUB-SECTOR%20TRANSPORTE%20Aereo/B.2.5%20Aeropuertos/D.T.E%2003-2003.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 21-may.-2015)  <a href="http://www.mtc.gob.pe/aereo/circulares/docs/PDF%20CA/2014/C%20A%20ESTUDIOS%20AERONAUTICOS.pdf">http://www.mtc.gob.pe/aereo/circulares/docs/PDF%20CA/2014/C%20A%20ESTUDIOS%20AERONAUTICOS.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 17-abr.-2024)  <a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20_500_12996/6262/palomino-alfaro-mirella-giuliana.pdf?isAllowed=y&amp;sequence=1">http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20_500_12996/6262/palomino-alfaro-mirella-giuliana.pdf?isAllowed=y&amp;sequence=1</a></p>	
<p>&lt; 1% match ()  <a href="#">Vildoso Giesecke, Bruno. "Una metodología de cuantificación de la jerarquía de mitigación del plan de acción de biodiversidad para la construcción del ducto de gas natural del Proyecto Peru LNG". Universidad Nacional Agraria la Molina, 2019</a></p>	
<p>&lt; 1% match ()  <a href="#">Felix Caballero, Antony Cristhian. "Morfología y patrones de muda en poblaciones de Catamenia analis ( Aves: Thraupidae) provenientes de dos localidades". Universidad Nacional Agraria la Molina, 2020</a></p>	
<p>&lt; 1% match (trabajos de los estudiantes desde 10-may.-2023)  <a href="#">Submitted to uniminuto on 2023-05-10</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 23-nov.-2022)  <a href="https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/IF-2021-85774004-apn-dgtyaanac.pdf">https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/IF-2021-85774004-apn-dgtyaanac.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 24-dic.-2022)  <a href="https://1library.co/document/yd7vodgy-t%C3%ADbuloimplicac%C3%B3n-respiratoria-mitocondrial-modulac%C3%B3n-inflamatoria-difunc%C3%B3n-mitocondrial-inflamaci%C3%B3n.html">https://1library.co/document/yd7vodgy-t%C3%ADbuloimplicac%C3%B3n-respiratoria-mitocondrial-modulac%C3%B3n-inflamatoria-difunc%C3%B3n-mitocondrial-inflamaci%C3%B3n.html</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 25-abr.-2024)  <a href="https://www.icao.int/Security/SFP/Documents/Doc.10084.Third%20edition.56.pdf">https://www.icao.int/Security/SFP/Documents/Doc.10084.Third%20edition.56.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 03-may.-2023)  <a href="https://www.icao.int/isbn/lists/publications/isbn.aspx?PageFirstRow=1251&amp;Paged=TRUE&amp;View=%7B5CF139CA-0FFB-4CE0-A9DB-908AF233652C%7D&amp;p_ID=4159&amp;p_ISBN=978-92-9265-132-0">https://www.icao.int/isbn/lists/publications/isbn.aspx?PageFirstRow=1251&amp;Paged=TRUE&amp;View=%7B5CF139CA-0FFB-4CE0-A9DB-908AF233652C%7D&amp;p_ID=4159&amp;p_ISBN=978-92-9265-132-0</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 04-jul.-2023)  <a href="https://www.icao.int/SAM/Documents/2012/LARAGA2011/Modulo%209%20Evaluac%C3%B3n%20de%20SMS%20en%20aer%C3%B3dromos">https://www.icao.int/SAM/Documents/2012/LARAGA2011/Modulo%209%20Evaluac%C3%B3n%20de%20SMS%20en%20aer%C3%B3dromos</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 02-feb.-2023)  <a href="http://www.inac.gob.ni/wp-content/uploads/2017/06/RTA-19_Edicion_1-Marzo-2017-Applicable2019.pdf">http://www.inac.gob.ni/wp-content/uploads/2017/06/RTA-19_Edicion_1-Marzo-2017-Applicable2019.pdf</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 23-abr.-2020)  <a href="http://ahac.gob.hn/Descargas/Biblioteca%20Tecnica/Documentos%20Externos/Doce%20Tecnicos%20Estandares%20de%20Vuelo/0859_cons_4">http://ahac.gob.hn/Descargas/Biblioteca%20Tecnica/Documentos%20Externos/Doce%20Tecnicos%20Estandares%20de%20Vuelo/0859_cons_4</a></p>	
<p>&lt; 1% match (Internet desde 30-oct.-2005)  <a href="http://www.osifran.gob.pe/documentos/R034-2005-CD.pdf">http://www.osifran.gob.pe/documentos/R034-2005-CD.pdf</a></p>	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“EL RIESGO QUE REPRESENTA LA FAUNA PARA LAS  
OPERACIONES AÉREAS”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

**BIÓLOGO**

Presentado por:

**ARTURO FREDERICK LUJÁN RUIZ**

Sustentada y aprobada por el siguiente Jurado:

---

Mg. Sc. Germán Antonio Arellano Cruz  
PRESIDENTE

---

Dra. Claudia Cecilia Caro Vera  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Liz Zaida Castañeda Córdova  
MIEMBRO

---

Ph. D. Diana Zulema Quinteros Carlos  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a:

A D-S, por ser mi guía. A mi amada madre, que recientemente ascendió al Reino de los Cielos, por haberme dado su amor, comprensión y apoyo en todos mis emprendimientos. A mi padre que a pesar que tampoco está, quien me inculcó valores que conducen mi vida. A mi todos mis seres queridos, quienes siempre han demostrado su confianza. A mi querida universidad y a mis profesores, por haberme recibido en sus aulas y darme esta oportunidad de ser un profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los que conformamos la Universidad Nacional Agraria La Molina, en especial a la Facultad de Ciencias, a mis profesores, al personal administrativo y auxiliar.

Asimismo, a los miembros del jurado que me fue asignado, quienes permitieron orientar los conocimientos adquiridos para lograr la presente investigación.

A la Dra. Zulema Quinteros Carlos por todo el tiempo que me brindo para la corrección, presentación del presente trabajo y gracias al cual concluyo y a la vez inicio una nueva etapa de mi vida académica y profesional.

A la Compañía de Bomberos “ROMA” N° 2, donde me forjé como bombero y gracias a ello pude ingresar a laborar como Bombero Aeroportuario al Aeropuerto de Lima, lo cual me abrió las puertas al mundo de la aviación.

A la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. – CORPAC, entidad en la que me inicié en el rubro de aeropuertos, a Lima Airport Partners S. R. L., donde me dieron la oportunidad de desarrollar la aplicación de los conocimientos de Biología, en el área de la gestión del riesgo por fauna.

A la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, donde me desempeñé por 14 años como Inspector de Aeródromos en la especialidad de Gestión del Riesgo por Fauna y una mención especial a todas las personas que dedican sus esfuerzos por hacer de la aviación el medio de transportes más seguro, eficiente y confiable.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Problemática .....	1
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivo general .....	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	8
2.1 Cómo se Define al Peligro Aviario.....	8
2.2 La Seguridad Operacional de la Aviación .....	9
2.3 Gestionando el Riesgo .....	10
2.3.1 Peligros a la Seguridad Operacional .....	11
2.3.2 Gestión de Riesgos de la Seguridad Operacional.....	12
4.3.1.1. Probabilidad de los Riesgos .....	13
4.3.1.2. Severidad de los Riesgos.....	14
4.3.1.3. Tolerabilidad de los Riesgos .....	16
III. DISEÑO DE ESTUDIO Y EXPERIENCIA.....	20
3.1 Enfoque y diseño del estudio .....	20
3.2 Experiencia laboral .....	21
IV. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	23
4.1 Realidad problemática. ....	23
4.1.1 Panorama a nivel internacional .....	24
4.1.2 Panorama a nivel nacional.....	25
4.2 El problema del peligro por fauna en el Aeropuerto F periodo 2017-2022.....	27
4.2.1 Cómo es el problema del peligro aviario en un aeropuerto.....	27
4.2.2 Cómo ha sido la distribución de impactos con fauna.....	27
4.2.3 Cómo ha sido la evolución de las operaciones aéreas.....	28
4.2.4 ¿Qué especies de fauna han sido identificadas en los impactos y cómo han evolucionado dichos impactos?.....	31
4.2.5 ¿Qué impactos negativos han tenido los choques de aeronaves con aves?....	34
4.3 Propuesta de metodología para categorizar a la fauna por su nivel de riesgo. ....	36

4.3.1 La probabilidad .....	39
4.3.1.1. Antecedentes de impactos de la especie en el aeropuerto (AN) .....	41
4.3.1.2. Gregarismo o tendencia a agruparse (GR) .....	42
4.3.1.3. Presencia estimada de la especie (PR) .....	43
4.3.1.4. Lugar de sobrevuelo o tránsitos en relación al espacio empleado por las aeronaves (LU). .....	44
4.3.2 La severidad .....	47
4.3.2.1. Biomasa (BI) .....	48
4.3.2.2. Gregarismo o tendencia a agruparse (GR) .....	49
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
5.1 Valores para la Probabilidad.....	51
5.2 Valores para la severidad.....	52
5.3 Matriz de riesgo y estimación del IRE .....	53
5.4 Matriz de tolerabilidad de los riesgos .....	54
VI. CONCLUSIONES .....	57
VII. RECOMENDACIONES .....	59
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Matriz de Probabilidad .....	14
Tabla 2.	Matriz de Gravedad .....	15
Tabla 3.	Matriz de Riesgos .....	16
Tabla 4.	Ejemplo para la tolerabilidad .....	17
Tabla 5.	Distribución de los impactos en cuatro trimestres del año .....	26
Tabla 6.	Tasa de número de impactos por cantidad de operaciones .....	30
Tabla 7.	Detalle de la fauna identificada en los impactos .....	32
Tabla 8.	Cantidad aproximada de aves visualizadas por la tripulación de mando .....	32
Tabla 9.	Fases de vuelo relacionadas con los impactos .....	34
Tabla 10.	Partes afectadas de las aeronaves .....	35
Tabla 11.	Consecuencias para el vuelo producto de los impactos .....	36
Tabla 12.	Probabilidad resultante que una especie impacte con una aeronave .....	41
Tabla 13.	Cantidad de impactos por especies identificadas periodo 2017-2022.....	41
Tabla 14.	Tabla de probabilidades por antecedentes de impactos (AN) .....	42
Tabla 15.	Tabla de probabilidades por gregarismo o grupo GR .....	42
Tabla 16.	Tabla de probabilidad por presencia estimada de la especie (PR) .....	44
Tabla 17.	Tabla de probabilidad por lugar de tránsito (LU) .....	47
Tabla 18.	Peso de las especies vinculadas a los impactos con fauna .....	49
Tabla 19.	Valores de severidad asociados a biomasa (BR).....	49
Tabla 20.	Valores de severidad asociados al gregarismo (GR).....	50
Tabla 21.	Matriz de severidad por especie .....	50
Tabla 22.	Resultados obtenidos por probabilidad de impacto por especie .....	52
Tabla 23.	Sumatoria para la severidad de cada especie .....	52
Tabla 24.	Resultados obtenidos por severidad de impacto por especie .....	53
Tabla 25.	Valores del IRE obtenidos al asociar la probabilidad con la severidad .....	53
Tabla 26.	Matriz de Riesgos.....	53
Tabla 27.	Tabla de tolerabilidad del índice de riesgo de la especie - IRE .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ave anidando en estructuras de un aeropuerto.....	2
Figura 2.	Aves ( <i>Burhinus superciliaris</i> ) habituadas al rodaje de aeronaves .....	3
Figura 3.	Vista aérea un aeropuerto rodeado por construcciones urbanas .....	4
Figura 4.	Riesgo de Seguridad Operacional .....	9
Figura 5.	Peligro vs Consecuencia.....	11
Figura 6.	Procesos para la Evaluación de Riesgos .....	13
Figura 7.	Impactos acumulados por aeropuerto el periodo 2017-2022. ....	28
Figura 8.	Cantidad de impactos por año periodo 2017-2022.....	28
Figura 9.	Cantidad de operaciones.....	29
Figura 10.	Cantidad de impactos ocurridos y operaciones realizadas. ....	29
Figura 11.	Tasa de impactos ocurridos vs operaciones aéreas realizadas. ....	31
Figura 12.	Distribución de los impactos por meses del año. ....	33
Figura 13.	Impactos por horas del día, gráfico de líneas. ....	33
Figura 14.	Impactos por horas del día, gráfico radial. ....	34
Figura 15.	Impactos con fauna por parte de la aeronave impactada en Aeropuerto F. ....	35
Figura 16.	Altura sobre el terreno a la que ocurrieron los impactos (en pies).....	36
Figura 17.	Zonas de vuelo donde se registraron impactos con fauna.....	45
Figura 18.	Imagen referencial de zonas de aproximación .....	45
Figura 19.	Imagen referencial de la zona de ascenso. ....	46
Figura 20.	Zonas de riesgo de presencia de fauna. ....	46

## RESUMEN

Cuando coexisten en el mismo tiempo y espacio la fauna y las aeronaves, se generan riesgos para las operaciones aéreas, al ser capaces dichas aeronaves de impactar con la fauna, sea en pleno vuelo o durante la carrera de despegue o aterrizaje, pudiendo ocasionarse desperfectos que llegan a provocar riesgos al transporte aéreo. Esta problemática denominada “peligro aviario” (bird strike o bird hazard) y actualmente asociado a “gestión del riesgo por fauna” (wildlife risk management), debe ser abordada por los explotadores de aeropuerto, donde uno de los aspectos más relevantes de la gestión será el determinar anticipadamente el nivel de riesgo que representa cada especie relacionada a los incidentes que ocasiona, los que pueden ocurrir dentro y fuera de los linderos del aeropuerto, posibilitando reducir la incertidumbre, lo cual servirá para que los gestores aeroportuarios dirijan sus esfuerzos y recursos para priorizar medidas de control hacia las especies de mayor riesgo y los factores que ocasionan su presencia. Se desarrolló una metodología para determinar un índice de riesgo de la especie (IRE) basada en (1) la probabilidad de impacto que viene a estar influenciada por los antecedentes de impacto, la tendencia que tiene la especie de agruparse, una estimación de su presencia durante un ciclo anual y su distribución espacial; mientras que (2) la gravedad del impacto, está definida por la masa corporal de la especie y su capacidad de ocasionar múltiples impactos en un solo evento (gregarismo). Se evaluaron 04 especies vinculadas a los impactos ocurridos durante el periodo 2017-2022 en un aeropuerto, resultando que las especies *Coragyps atratus* (gallinazo de cabeza negra) y *Larus spp.* (gaviota) tuvieron un IRE alto sobre la seguridad de las operaciones aéreas.

**Palabras clave:** Impacto con ave, peligro aviario, gestión del riesgo por fauna, índice de riesgo, evaluación del riesgo por fauna.

## ABSTRACT

When wildlife and aircraft coexist in the same time and space, risks are generated for air operations, as these aircraft are capable of impacting wildlife, either in mid-flight or during the take-off or landing, potentially causing damage that They cause risks to air transport. This problem called “bird strike or bird hazard” and currently associated with “wildlife risk management” must be addressed by airport operators, where one of the most relevant aspects of management will be to determine in advance the level of risk that each species represents related to the incidents it causes, which can occur inside and outside the boundaries of the airport, making it possible to reduce uncertainty, which will help airport managers direct their efforts and resources. to prioritize control measures towards the highest risk species and the factors that cause their presence. The study developed a methodology to determine a species risk index (IRE) based on (1) the probability of impact that is influenced by impact history, the tendency of the species to group together, an estimate of its presence during an annual cycle and its spatial distribution; while (2) the severity of the impact is defined by the body mass of the species and its ability to cause multiple impacts in a single event (gregariousness). 04 species linked to the impacts that occurred during the period 2017-2022 at an airport were evaluated, resulting in the species *Coragyps atratus* (black-headed chicken) and *Larus* spp. (seagull) had a high IRE on the safety of air operations.

**Key words:** Bird strike, bird hazard, wildlife risk management, bird strike risk index, bird strike risk assessment.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problemática

El emplazamiento o espacio físico que ocupa un aeropuerto, generalmente es elegido sobre una extensión de terreno relativamente nivelado y geográficamente alejado de la población y de obstáculos naturales, para lo cual se evalúan las condiciones que permitan a futuro, un desarrollo seguro para la navegación aérea y un crecimiento o ampliación posterior, en caso esté por alcanzar su máxima capacidad.

Asimismo, será necesario considerar que un proyecto aeroportuario será parte de un determinado ecosistema con fauna propia del lugar, lo cual, durante su construcción, se modificará o alterará, para transformarse en una infraestructura cercada y controlada. Su construcción, dependiendo del tipo de aeronaves a operar (aeronave de diseño), tendrá una implicancia distrital, provincial, regional y hasta nacional o internacional.

La Organización de Aviación Civil Internacional - OACI, indica que las obras destinadas al transporte aéreo son de gran porte, cuya operación interfiere con el ambiente y la planificación urbana, así como con las relaciones con la sociedad y la economía local (OACI, 1999).

Estas interferencias pueden ir desde el aeropuerto hacia su entorno (ruido, emisiones, vibraciones, etc.) y también desde el entorno hacia el aeropuerto (focos de atracción de aves, luces no aeronáuticas, interferencias a las comunicaciones aeronáuticas, antenas o estructuras elevadas en la zona de aproximación o ascenso de las aeronaves, etc.).

Durante la fase de adecuación de los terrenos para las obras, se generarán impactos directos sobre el ambiente que terminan al finalizar los trabajos, sin embargo, durante la operación de un aeropuerto, se genera otro tipo de impactos, los cuales serán permanentes y dependiendo de la evolución del número de las operaciones aéreas, podrían ir en aumento.

La OACI indica que el uso del suelo para los aeropuertos también altera la flora y la fauna. La construcción de un aeropuerto a menudo requiere el corte o extracción de especies, modificando

la topografía y en algunos casos, alterando las vías o cursos fluviales naturales. Por lo tanto, los aeropuertos pueden llegar a destruir hábitats naturales y zonas de alimentación de la vida silvestre, así como cierta flora que es vital para el equilibrio ecológico del lugar (OACI, 2018).

Adicionalmente, para que pueda operar un aeropuerto, se requerirá la implantación de e equipos e infraestructuras de servicios aeroportuarios y dependiendo del cumplimiento de las regulaciones aeronáuticas pertinentes, entonces las autoridades pertinentes del Estado, podrán autoriza el movimiento (aterrizajes y despegues) de las aeronaves.

El diseño y la operación de aeropuertos, se encuentra normado en el Estado Peruano en base al cumplimiento del Convenio Sobre Aviación Civil Internacional (suscrito el año 1944) donde el Perú es un Estado contratante y por ende, responsable de la administración de las actividades de Aviación Civil, en base a los estándares que se encuentran estipulados en los anexos al referido convenio.

Un aeropuerto, como parte de su equipamiento, requerirá contar con antenas (radioayudas), postes de iluminación, estructuras que portan cables eléctricos y otros, los que a la postre, pueden servir de lugar de descanso (percha) a algunas especies de aves, precisamente dentro del aeropuerto. Si se realizan operaciones nocturnas, se requerirá de un sistema de ayudas luminosas (luces aeronáuticas) para guiar a las aeronaves (luces de pista, banco de luces de aproximación, luces de destello, etc.). Esta iluminación puede atraer a ciertos insectos nocturnos que a su vez atraen fauna insectívora como los caprimúlidos (chotacabras). Asimismo, el aeropuerto requerirá de un sistema de drenaje (en zonas lluviosas), centro de tratamiento de restos líquidos, centros de acopio de restos sólidos, hangares, almacenes u otras estructuras aeroportuarias, donde algunas especies de aves pueden encontrar refugio, pernoctar y hasta anidar. Ver Figura 1.



**Figura 1.** Ave anidando en estructuras de un aeropuerto.  
FOTO: Arturo Luján, 2014

Si a esto se suma que, en zonas contiguas a la pista puede contarse con una cobertura vegetal (flores, semillas, frutos, follaje), el aeropuerto puede llegar a ofertar recursos para algunas especies (invertebrados y pequeños mamíferos como roedores) para alimentación, pernocte y reproducción, situación que estaría generando ciclos de vida dentro de la misma infraestructura aeroportuaria.

Bajo este enfoque, sin una clasificación de la fauna que anticipe mediante un indicador, cuál o cuáles de las especies representan mayor riesgo o que resulta ser más “nociva” para la seguridad de las operaciones aéreas, sumado a una necesaria gestión sobre los factores que atraen o favorecen la presencia esas especies identificadas como más peligrosas, con el pasar del tiempo, puede llegarse a una convivencia con el riesgo y precisamente especies que pueden resultar ser más riesgosas, estar habituadas al aeropuerto e incluso familiarizarse con los métodos de control de fauna, toda vez que dicha fauna y desde su nacimiento, estaría “acostumbrada” al paso de aeronaves, al ruido y otras emisiones. Ver figura 2.



**Figura 2.** Aves (*Burhinus superciliaris*) habituadas al rodaje de aeronaves  
FOTO: Arturo Luján, 2008

De otro lado, un aeropuerto llega a concebirse como un eje de desarrollo para una localidad, la cual se conecta por vía aérea con otras ciudades del interior de una región o país. La afluencia continua de trabajadores del aeropuerto, empresas de servicios aeroportuarios, turistas, pasajeros y tripulaciones, fomentan la creación de actividades humanas como restaurantes, hospedajes, hoteles, tiendas, paraderos de vehículos, grifos, generando residuos que no necesariamente son vertidos o tratados adecuadamente.

Debido a que para la operación de un aeropuerto se requiere una acometida de energía eléctrica en una zona donde por lo general no lo había, el valor de los terrenos se incrementa y de lo que eran espacios destinados a actividades agrícolas o ganaderas, modifican su zonificación a

terrenos comerciales y hasta residenciales, llegando a evolucionar en nuevos núcleos urbanos, abrazando a la infraestructura del aeropuerto y en algunos casos, limitando su crecimiento o desarrollo, ocasionando así un cambio inevitable, pudiéndose generar conflictos en cuanto a los usos de los terrenos adyacentes a los aeropuertos y la operación propia del aeropuerto.

La seguridad de las operaciones de vuelos requiere que no aparezcan nuevos riesgos para las aeronaves, en este caso, atrayentes para la fauna como por ejemplo, palomares o granjas de producción animal.

Similar situación se podría encontrar en la incompatibilidad de la ubicación de un relleno sanitario o granja de cerdos, respecto al emplazamiento de un hospital o un colegio.

En la figura 3 se puede apreciar cómo el crecimiento urbano puede llegar a rodear un aeropuerto por completo. Bajo este enfoque, las áreas naturales se reducen o degradan por la pérdida de sus elementos naturales, donde el aeropuerto pasa a ser un espacio rectangular amplio y libre. Visto de otro modo, los espacios naturales fueron “invadidos” por una urbe creciente y el aeropuerto pasa a constituir un refugio, donde la fauna puede encontrar en el aeropuerto, un lugar alejado de las personas, depredadores terrestres o de vehículos automotores que cruzan constantemente la ciudad. Los canales de drenaje del aeropuerto se convierten en un “oasis” en medio de una zona impermeabilizada (pista, calles de rodaje y plataformas).



**Figura 3.** Vista aérea un aeropuerto rodeado por construcciones urbanas  
**FOTO:** Arturo Luján, 2020

La Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos, informó que el 04 de octubre del año 1960, una aeronave tipo Lockheed L-188 Electra, operada por una empresa que cubría el vuelo 375 (matrícula N5533), despegó a las 17:40 (hora local) del Aeropuerto Internacional Logan de Boston con 72 ocupantes (67 pasajeros) con destino al Aeropuerto Internacional de Philadelphia. 06 segundos luego del despegue, la aeronave se cruza con una bandada de estorninos (FAA, 2022). A una altura de unos 120 pies, los motores succionaron pequeños pájaros, lo que provocó que la hélice del motor 1 se debilitara y se apagara. Los motores 2 y 4 perdieron empuje momentáneamente, pero se recuperaron. A una altura de 200 pies, el avión giró nuevamente a la izquierda y se hundió hasta unos 100 pies de altitud. Luego giró hacia la izquierda, el morro cayó y el avión se estrelló contra el puerto de Winthrop (CAB, 1962).

El análisis de la FAA indica que Antes del accidente no existían normas explícitas relativas a la amenaza de las aves para los aviones o los motores. Históricamente, las aves no habían demostrado ser una amenaza particularmente importante... El efecto general fue que la ingestión de aves no parecía ser una amenaza para la capacidad del motor de experimentar un evento de ingestión de aves y continuar funcionando (FAA, 2022).

Para que las operaciones de aeronaves sean seguras, se requiere que cada uno de los procedimientos que se realizan las aeronaves en tierra o aire, también sean seguros, como por ejemplo, no encontrarse con aves en su ruta de ascenso después del despegue.

En lo que respecta al riesgo que representa la fauna, la regulación aeronáutica exige al gestor aeroportuario realizar las gestiones que sean necesarias para que las fases de carrera de despegue, ascenso, aproximación al aeropuerto y aterrizaje, estén libres de fauna o que se pueda alertarse oportunamente a los tripulantes que tomen precauciones como sobre la existencia de animales en un sector de la pista o de la aproximación y reducir la posibilidad de impactar (MTC,2021).

Para gestionar el riesgo ocasionado por la presencia de fauna, se requiere de un método para clasificarla por el nivel de riesgo que esta implica. En el ejemplo presentado (CAB, 1962), los estorninos tienen un comportamiento gregario que lo hace más riesgoso, a pesar que el peso por individuo no supera de 0.1 kg (CornellLab, 2024).

Vinculado a los aeropuertos, también se encuentra la interrelación del aeropuerto con su entorno (zona de influencia) y en relación con la prevención del peligro aviario, la tarea de

impedir la formación de focos de atracción de aves en las proximidades de los aeropuertos, genera esfuerzos al gestor aeroportuario, incluso más allá de los límites de propiedad del aeropuerto.

En tal sentido, la OACI precisa que, en las áreas de los alrededores de los aeropuertos, no se deberían crear actividades atractivas para la vida silvestre (OACI, 2020).

Para enfrentar la problemática de los atractivos para la fauna en zonas externas a los aeropuertos, el operador aeroportuario debe realizar todas las acciones que se necesiten ante los representantes del Estado que tienen jurisdicción sobre la prohibición formación de comercios o industrias próximos a los aeropuertos que son atrayentes algunas especies, las que resultan siendo incompatibles o peligrosas respecto a la seguridad operacional del aeropuerto.

Por su parte, Estado debe reglamentar las distancias que prohíban el establecimiento de actividades que atraigan a la fauna, para que su ubicación sea alejada del aeropuerto, con la finalidad evitar que los aeropuertos puedan tener problemas de seguridad operacional, que no solo involucra pérdidas a los explotadores aéreos en reparación de la estructura de sus aeronaves, si no también que se coloca en grave en riesgo a los pasajeros y tripulantes que son transportados.

En tal sentido, como parte de las labores realizadas asumidas en la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), durante el periodo 2010 al 2023, se formuló dentro de la regulación aeronáutica, exigencias aplicables a los gestores aeroportuarios, a fin de que implementen un “Sistema para la Gestión del Riesgo por Fauna”. Dicho sistema debería incluir:

- a. Una evaluación de la fauna vinculada con el riesgo que esta genera a las operaciones aéreas en el aeropuerto,
- b. Una Planificación para Controlar la Fauna basado en los resultados de dicha evaluación,
- c. Un Comité para el Control de Fauna del Aeropuerto, en el cual los organismos tanto privados como públicos, con injerencia en la problemática del peligro aviario, gestionen dentro del ámbito de sus competencias, la solución a dicha problemática.

Para cumplir los objetivos propuestos y en base a las experiencias adquiridas, la tesis se enfocó en realizar un análisis de la fauna que ha sido identificada en los impactos de aeronaves con aves ocurridos en un aeropuerto del país, únicamente con fines de ejemplificar la metodología,

el cual con fines confidencialidad en el uso de su nombre, se le denominará el Aeropuerto F. Se evaluaron los impactos con fauna durante el período 2017 – 2022, a fin de asignar a las especies un nivel de riesgo de ocasionar daños a las aeronaves, en base a características propias de las especies involucradas, determinando un índice de riesgo de la especie (IRE) discriminando en base a dicha metodología, que especie representa un mayor riesgo para la seguridad operacional.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el riesgo que representa la presencia de la fauna en las operaciones aéreas para prevenir futuros impactos negativos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- i. Describir a las especies de fauna identificada en los impactos con aeronaves ocurridos en un aeropuerto y cómo han evolucionado dichos impactos, durante el periodo 2017 – 2022.
- ii. Describir la evolución de los vuelos en un aeropuerto durante el periodo 2017-2022.
- iii. Describir las consecuencias negativas causadas por la fauna a las operaciones aéreas de un aeropuerto durante el periodo 2017-2022.
- iv. Proponer una metodología para categorizar a la fauna involucrada en los impactos con aeronaves.
- v. Proponer acciones que minimicen los impactos negativos contra la seguridad de los vuelos, que representa las especies identificadas con nivel de riesgo alto para las operaciones aéreas en un aeropuerto.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 Cómo se Define al Peligro Aviario**

Según la OACI, un peligro para la aviación es la presencia fauna silvestre (es decir, aves y otros animales, incluidos animales silvestres y domésticos) (OACI, 2020).

Esta definición, conlleva a analizar las definiciones “fauna silvestre”, contrastado con la reglamentación sobre fauna silvestre y la definición de “peligro” en términos de la Seguridad Operacional en la esfera de la aviación, a fin de definir al peligro aviario dentro del ámbito de su aplicación para efectos de la investigación.

El OSINFOR, define a la fauna silvestre a aquellas especies de animales que no han pasado por un proceso de domesticación, que son nativas o exóticas, sumado a la diversidad genética que poseen, además considera que dichas especies habitan en estado de libertad en el país (OSINFOR, 2020).

En el Anexo – Definiciones de la Ley N° 30407, Ley de Protección y Bienestar Anima, define como especie domestica a aquella en donde el ser humano ha influenciado en su proceso evolutivo, esto con la finalidad de obtener beneficios. De otro lado, define como especie silvestre los animales que no han pasado por un proceso de domesticación por las personas, considerando también a aquellos ejemplares que, habiendo sido domesticados, por motivos de abandono, han retornado a hábitos de la vida silvestre (Congreso de la República, 2016).

En el texto citado de la OACI, menciona que fauna silvestre también puede referirse a animales tanto silvestres como domésticos, lo cual, al amparo de las definiciones antes mencionadas y para fines de la investigación, se empleará el término “fauna” para referirse tanto a la fauna silvestre como a la fauna doméstica y a la asilvestrada.

El Anexo 19 al Convenio Sobre Aviación Civil Internacional, define como peligro a la condición o elemento que puede ocasionar o contribuir a la materialización de un incidente o accidente de aviación (OACI, 2016).

Un ave es capaz de impactar con una aeronave mientras coincida con su paso o trayectoria. De otro modo, si la fauna está en otro lugar, en ese momento, no constituye un peligro para las aeronaves.

La fauna, cuando coexiste en el mismo espacio y tiempo con una operación aérea en el aeropuerto o sus inmediaciones, constituye de manera inevitable, en un objeto potencial de generar un incidente que puede traer consecuencias negativas para el desarrollo seguro del vuelo. En tal caso, si se incrementa el volumen de tránsito de aeronaves o la cantidad de fauna, resulta incrementada esa probabilidad.

Estas consecuencias adversas pueden gestionarse mediante un conjunto de estrategias de reducción dirigidas a minimizar la posibilidad (probabilidad) que el peligro llegue a degenerar en un incidente o de aviación.

En este punto, es necesario sea precisada la definición de riesgo. La OACI define como riesgo de Seguridad Operacional “*La probabilidad y la severidad previstas de las consecuencias o resultados de un peligro*” (OACI, 2016).

Entonces, el riesgo de seguridad se definirá como la probabilidad de una colisión con una especie particular de fauna multiplicada por la gravedad del daño que razonablemente podría esperarse que dicha especie pueda causar a la aeronave (OACI, 2020).

$$\text{Riesgo de Seguridad Operacional} = (\text{probabilidad de choque}) \times (\text{gravedad de daño})$$

**Figura 4.** Riesgo de Seguridad Operacional

Bajo lo indicado, la literatura indica que se debería evaluar el riesgo de incidentes por fauna, en términos de la “*probabilidad y severidad previstas*”, toda vez que disminuyendo la probabilidad que ocurra un peligro y disminuyendo la severidad de sus consecuencias, se minimiza el riesgo.

## 2.2 La Seguridad Operacional de la Aviación

La OACI define como Seguridad Operacional al estado donde los riesgos vinculados con las operaciones de aeronaves o las actividades de aviación que apoyan directamente dichas operaciones, están limitados y controlados a un nivel aceptable (OACI, 2018).

### 2.3 Gestionando el Riesgo

El Documento OACI 9859 “Manual de Gestión de la Seguridad Operacional”, precisa que la administración de los riesgos en el ámbito de la seguridad, es la parte esencial e involucra la identificación de los peligros, la evaluación de cada uno de los riesgos, su mitigación y finalmente aceptar las medidas identificadas para mitigar el riesgo resultante (OACI, 2018).

Entonces, si se evalúa adecuadamente el riesgo, se evalúan las medidas viables para controlar la presencia de fauna y se adoptan acciones para reducir los lugares o actividades que atraen fauna, se determinan procedimientos, planes de acción y se proveen recursos, entonces se estará gestionando el riesgo, haciéndolo menos probable que ocurra y por otra, que sus consecuencias sean mínimas o llevándolas a un nivel de tolerabilidad o de ser el caso, un nivel aceptable.

Para ejemplificar lo mencionado, imaginemos un aeropuerto que tiene reportes de impactos con gallinazos de cabeza negra (*Coragyps atratus*). En este caso, conceptualizamos al peligro identificado como la especie de ave que viene ocasionando impactos con aeronaves, concepto que está alineado con la definición de la OACI de peligro aviario.

Un enfoque que considere únicamente el peligro materializado en una especie de fauna problema, podría inducir a un sesgo en la evaluación, debiendo considerarse de manera complementaria, a los factores que contribuyen a determinar o definir la razón para que dicha especie sea más o menos riesgosa. De no considerarse dichos factores, podrían permanecer subyacentes.

En tal situación, el enfoque propuesto se basa en gestionar del riesgo por especie, en función a la probabilidad y severidad, identificando cual o cuales son las especies más riesgosas. Bajo esta mirada, al definirse distintos criterios técnicos para determinar la probabilidad y la severidad, se abre un abanico de posibilidades para disminuir el riesgo que representa cada especie, lo cual permitirá dirigir o destinar recursos y esfuerzos para las labores de control de esa o esas especies más riesgosas, en beneficio de la seguridad operacional de los vuelos.

A continuación y en línea con el concepto de “riesgo” establecido en la Circular de Asesoramiento N° 139-200-2 de la DGAC, es necesario revisar la siguiente definición de riesgo aplicado a la seguridad operacional: una evaluación de los posibles resultados de materializarse un peligro identificado en razón a que tan probable es y la gravedad de sus consecuencias, con referencia a la peor situación esperada (DGAC, 2011).

Asimismo, el mencionado documento muestra una estructura que consta de las siguientes partes:

- Peligros a la Seguridad las Operaciones
- Gestión de Riesgos de la Seguridad de las Operaciones

### 2.3.1 Peligros a la Seguridad Operacional

La OACI indica que la evaluación de cada peligro, debe previamente realizarse un análisis de los escenarios u objetos que puedan causar o ser factores contributivos a la falta de seguridad de las operaciones de vuelo (OACI, 2018).

En este sentido, el peligro identificado correspondería a la fauna, sin embargo, es necesario diferenciar el peligro de su consecuencia, ya que es posible confundir la aplicación de ambos términos y llegar a conclusiones erróneas.

Si se considera como peligro a la consecuencia, puede perderse la posibilidad de detectar las consecuencias de un real peligro.



**Figura 5.** Peligro vs Consecuencia  
FOTOS: Arturo Luján, 2020

La identificación de peligros asociados a la presencia de fauna, debería realizarse por personal con demostrada experiencia en la gestión de riesgos por fauna en aeropuertos y conocimientos de operaciones de aeropuertos, toda vez que un peligro mal identificado puede ser como una

enfermedad mal diagnosticada, por mejores medicamentos o tratamientos que puedan indicarse, la dolencia no identificada permanecerá, pudiéndose agravar.

Los factores que atraen o contribuyen a que la fauna esté presente, no necesariamente son generados por la actividad de aeronaves, pudiendo ser formados por actividades humanas o por atractivos naturales ubicados dentro del propio aeropuerto (por ejemplo, la cobertura vegetal) o fuera de los límites del aeropuerto en la proyección de los ejes de las pistas.

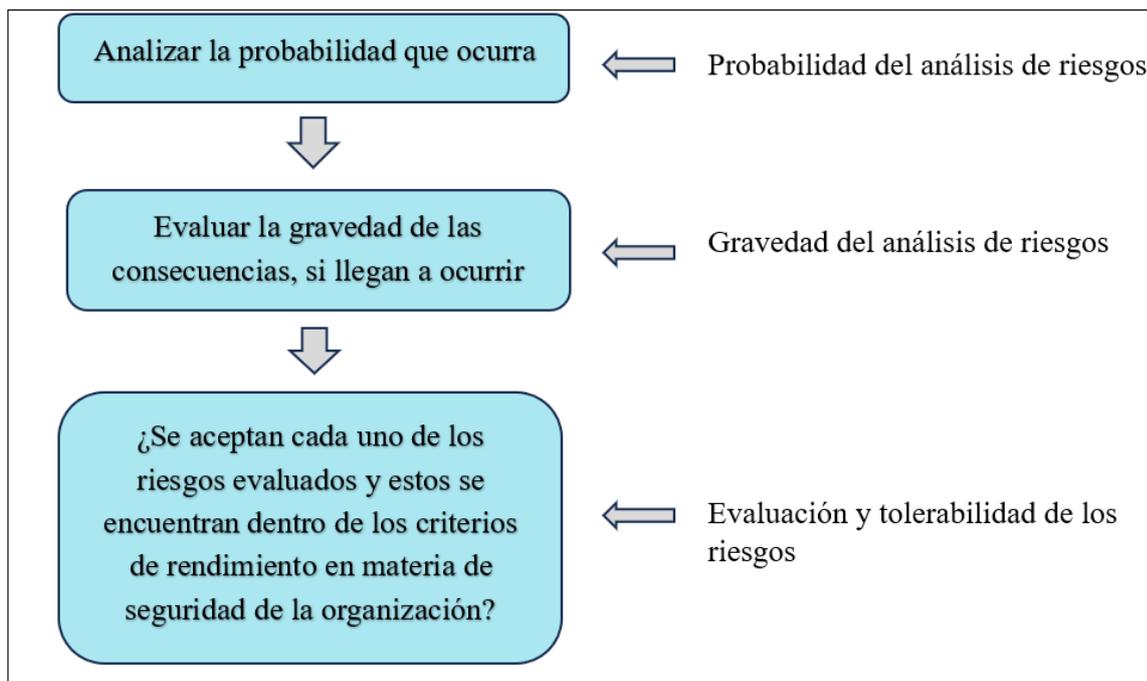
Los factores vinculados a la utilización de los terrenos circundantes a un aeropuerto y la falta de una normativa que prohíba el funcionamiento de actividades que pueden resultar en la conformación de espacios atractivos para algunas especies de fauna, puede ser considerado también como un peligro para la navegación aérea, siendo en este caso, el atractivo para la fauna como origen del peligro y la presencia de fauna una consecuencia de esta problemática.

Paralelamente, puede presentarse la situación que, si existe una normativa nacional o regional respecto a prohibir algunas actividades que resultan atractivas para algunos animales, pero que, en el contexto geográfico o territorial donde se ubica el aeropuerto, no se cumple con lo dispuesto. Entonces será necesario una vigilancia del cumplimiento normativo aplicable, imposición de denuncias ambientales si es que corresponde, así como de un manejo conjunto de la problemática planteada, con el acompañamiento de organizaciones estatales y privadas, involucradas en la solución del problema planteado, a fin que se contribuya con la identificación de los incumplimientos legales y la adecuación a la normativa hasta su pleno cumplimiento.

### **2.3.2 Gestión de Riesgos de la Seguridad Operacional**

La OACI indica que una matriz de riesgos, permite que se puedan expresar dichos riesgos de seguridad en una relación con los peligros identificados en forma cuantitativa. Esto admite comparar directamente la magnitud de cada riesgo de seguridad operacional (OACI, 2018).

Asimismo, el citado organismo precisa que una evaluación de la gestión de riesgos requiere una consideración inicial del análisis de probabilidad y gravedad (o criticidad), tal como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6.** Procesos para la Evaluación de Riesgos  
**FUENTE:** Doc. 9859-OACI

#### 4.3.1.1. Probabilidad de los Riesgos

Cuanto más datos históricos se cuente, se podrá realizar una evaluación de que tan probable puede ser un evento, considerando la casuística de aquellos incidentes de los cuales se tenga registros y sean ocasionados por la presencia de animales en el aeropuerto o sus proximidades.

La DGAC indica que hay que tener en cuenta que la probabilidad que ocurra un evento está en una relación directa a la exposición (veces) de ese evento (DGAC, 2011).

De otro lado y debido al grado de subjetividad que puede implicar la asignación de las consecuencias de un peligro determinado, como ya se mencionó, se requerirá que para el desarrollo de la asignación de consecuencias, la participación de personal experimentado de diversas áreas operativas del aeropuerto y otros especialistas del rubro de la aviación.

La OACI en el Documento 9859 propone clasificar la posibilidad que ocurra el riesgo para las operaciones, la misma que asigna 05 categorías, las cuales, según al juicio de las partes interesadas, puede ser ampliado o acotado a fin de tener una evaluación dirigida o enfocada a sus propias necesidades o riesgos presentes en cada aeropuerto, siendo susceptible de incorporar criterios acordes a la evaluación que se quisiera realizar.

**Tabla 1.** Matriz de Probabilidad

Probabilidad	Significa	Valor
Frecuente	Probablemente sucede mucho	5
Ocasional	Probable que suceda a veces	4
Remoto	Esto es poco probable, pero no imposible	3
Improbable	No se sabe que haya sucedido	2
Sumamente improbable	Es casi inconcebible	1

**FUENTE:** Documento OACI 9859 (p.36), 2018.

En la tabla 1, se valora la probabilidad cualitativamente, cuyo significado se atribuye a los antecedentes de incidentes ocurridos a consecuencia del peligro identificado en el aeropuerto o en otros aeropuertos, así como del criterio de los expertos en asignarlo. Esta designación se traduce finalmente, un valor cuantitativo, que en la tabla 1 tiene un rango de valores desde el 1 al 5.

#### **4.3.1.2. Severidad de los Riesgos.**

El siguiente paso será efectuar una evaluación respecto a la gravedad o severidad del riesgo.

Se deberán considerar posibles consecuencias vinculadas con la materialización de peligro y el grado de daño que podría ocurrir, siempre considerando las peores consecuencias o el peor escenario posible. Ver la tabla 2.

**Tabla 2.** Matriz de Gravedad

Gravedad	Significado	Valor
Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente o equipamiento destrozado</li> <li>• Pérdidas humanas</li> </ul>	A
Peligroso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La situación no es confiable para las personas que realizan labores operativas, existe agotamiento o las labores se reducen significativamente.</li> <li>• Heridas de gravedad</li> <li>• Desperfectos considerables</li> </ul>	B
Grave	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un acortamiento en la capacidad de la persona de la operación del aeropuerto para soportar condiciones adversas como resultado de márgenes de seguridad significativamente reducidos, mayores cargas de trabajo o condiciones que reducen la capacidad laboral</li> <li>• Evento catalogado como incidente</li> <li>• Daños personales</li> </ul>	C
Leve	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molestias</li> <li>• Operaciones limitadas</li> <li>• Empleo de criterios o protocolos</li> <li>• Evento catalogado de leve incidencia</li> </ul>	D
Insignificante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las consecuencias son pequeñas</li> </ul>	E

FUENTE: Documento OACI 9859 (p.37 y 38) OACI, 2018.

En el caso de la tabla 2, la OACI la muestra un modelo referencial, el cual es factible de ser adaptable a la realidad de cada aeropuerto o de los riesgos que se quieran evaluar. En similar situación, para la evaluación de la severidad, es recomendable que un grupo de expertos de distintas disciplinas, son los mismos quienes tendrían que discutir y aceptar las consideraciones para la asignación de la gravedad vinculada a una valoración, ya que es un proceso que, pasa por lo subjetivo, por ello se reitera que las personas que participen de esta valoración, tengan experiencia en sus ámbitos de acción.

En este punto, se hace hincapié que un representante de la administración de las finanzas del aeropuerto, pueda opinar sobre las valoraciones durante la asignación de la gravedad, toda vez que los resultados de dichas evaluaciones, tendrán que contar con un respaldo económico o financiero para proponer la adopción de mecanismos de respuesta, considerando la viabilidad y equilibrio de los resultados respecto a las medidas a ser adoptadas.

### 4.3.1.3. Tolerabilidad de los Riesgos

Hasta el momento, se han evaluado los riesgos obtenidos de las consecuencias de cada uno de los peligros identificados, en base a una valoración de su probabilidad y severidad.

Ahora debemos determinar qué nivel de riesgo tienen dichas consecuencias, para lo cual la OACI propone elaborar una matriz de riesgos, que para el ejemplo que venimos siguiendo será de 5x5, es decir de 5 valores numéricos (del 1 al 5) de probabilidad del riesgo y 5 valores alfabéticos (de la A hasta la E) para la severidad del riesgo.

Producto de la intersección de los valores obtenidos en que tan probable y severo son los riesgos, se tendrá como resultado una combinación de valores alfanuméricos de probabilidad versus severidad, que a su vez resultará en un nivel de riesgo determinado, al que se le puede agrupar en tres regiones:

- La región verde (aceptable),
- Amarillo (tolerable) o
- Rojo (inaceptable) en términos de la Seguridad Operacional.

De esta manera, se determina que tan tolerable o intolerable es el nivel de riesgo de Seguridad Operacional para cada uno de los peligros previamente identificados.

En la tabla 3, se aprecian las posibilidades de los niveles de riesgo que se obtienen en la tabla 5x5.

**Tabla 3.** Matriz de Riesgos

Matriz	Gravedad				
	Catastrófico A	Peligroso B	Importante C	Leve D	Insignificante E
Frecuente 5	5A	5B	5C	5D	5E
Ocasional 4	4A	4B	4C	4D	4E
Remoto 3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable 2	2A	2B	2C	2D	2E
Sumamente improbable 1	1A	1B	1C	1D	1E

**FUENTE:** Documento OACI 9859, 2018.

La matriz presentada, es factible de aplicarla para hallar la tolerabilidad o intolerabilidad del riesgo presente en el peor escenario donde un peligro se materialice en su mayor dimensión de daños.

En la tabla 4, se muestran todas las posibilidades de combinación del índice de riesgo, su descripción y las medidas a ser recomendadas, en razón a las medidas de mitigación que pueden ser adoptadas en base a los riesgos a los que se les expone a las aeronaves o en general a la actividad a la se quisiera aplicar lo propuesto por la OACI.

**Tabla 4.** Ejemplo para la tolerabilidad

Rango del índice de riesgo	Descripción	Medida
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	INTOLERABLE	Tomar acciones rápidas a fin de la reducción de los riesgos o paralizar las actividades. Se realiza la disminución de los riesgos operacionales para la garantía que existan controles proactivos, dirigidos a bajar el cociente de riesgos a un nivel aceptable.
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	TOLERABLE	Puede aceptarse considerando las medidas mitigadoras. Aceptar el riesgo puede ser necesario adoptar decisiones para la mitigación
3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	ACEPTABLE	Se acepta tal cual. No se requiere más mitigación.

**FUENTE:** Documento OACI 9859, 2018.

Para una organización y en este ejemplo, que tan aceptable puede ser un nivel de riesgo, dependerá de la probabilidad que ocurra y al mismo tiempo de la severidad de sus consecuencias. Sin embargo, si bien el aeropuerto es el gestor a cargo de controlar y mitigar los riesgos presentes durante la operación del aeropuerto, un impacto de una aeronave con fauna, no representa en sí mismo un riesgo propio para el gestor aeroportuario, siendo los afectados directamente los explotadores de aeronaves (partes interesadas o *stakeholders*), que no precisamente son los encargados de mitigar los riesgos que ocurren en el aeropuerto, pero sí constituye una parte interesada en que los riesgos sean mitigados y de alguna manera sea directa o indirectamente, sufren el impacto de las decisiones o indecisiones de los gestores aeroportuarios respecto a las medidas de mitigación aplicadas.

Por ello, se resalta que los *stakeholders* o partes involucradas en el sistema, deben participar durante la formulación de la identificación de cada uno de los riesgos presentes en el aeropuerto y en proponer los medios o mecanismos que sean necesarios para reducir los riesgos, así como realizar el seguimiento correspondiente mediante el comité de seguridad para las operaciones, comité de grupos de seguridad en pista y comité de peligro aviario del aeropuerto.

Que el nivel de riesgo caiga en la región aceptable (verde), no implica o no garantiza que, a futuro, no haya incidentes con consecuencias graves.

Mientras se realicen operaciones aéreas, las aeronaves estarán expuestas a múltiples riesgos. Visto de otro modo, el aeropuerto más seguro puede resultar ser el aeropuerto que no tiene operaciones aéreas.

La Circular de Asesoramiento N° 139-200-02 de la DGAC, propone un listado de medidas de mitigación de riesgos, entre las cuales se mencionan la revisión de los métodos de control, actualización de procedimientos, modificar la manera de organización, la capacitación para hacer frente a los peligros, desarrollar respuestas y planes de emergencia y contingencia y en última instancia, evaluar el cerrar las operaciones (DGAC, 2011).

Asimismo, el citado documento, prescribe planes de mitigación genéricos para enfrentar los riesgos. En dichos planes de mitigación, se propone:

- El responsable y responsable de aprobar el plan y el responsable de implementar y monitorear el plan.
- Horarios, incluidos calendarios y horarios.
- Beneficios esperados.
- Recursos necesarios (presupuesto).
- Revisión de mediciones de desempeño, restricciones y procesos implementados.
- Acciones.

- Mecanismos para evaluar y realizar el seguimiento a las medidas de disminución de riesgos.
- El proceso de seguimiento de los planes de mitigación basados en puntos de control definidos durante la implementación de la mitigación.
- Documentar cómo se implementarán los criterios para mitigar los riesgos seleccionados (DGAC, 2011).

### **III. DISEÑO DE ESTUDIO Y EXPERIENCIA**

#### **3.1 Enfoque y diseño del estudio**

La presente investigación tiene un enfoque metodológico mixto (Ñaupas, 2018), pues combina elementos cualitativos y cuantitativos para proporcionar una evaluación más completa de lo investigado. Toma de la evaluación cualitativa para identificar los principales riesgos y luego se complementa con análisis cuantitativo para cuantificar estos riesgos en términos de asignación de niveles numéricos o alfanuméricos. Este enfoque aprovecha las fortalezas de ambos enfoques y proporcionar una perspectiva más equilibrada.

En cuanto al diseño de investigación, es del tipo documental monográfica (Arias, 2006), fundamentada en el empleo de datos o cifras numéricas (impactos) registradas previamente por organismos oficiales (autoridad aeronáutica del Estado), con la finalidad de formular conclusiones, que para el presente caso, es el comportamiento de los niveles de riesgo por especies identificadas en los impactos con aeronaves en un aeropuerto.

Para procesar los datos obtenidos, la investigación basó su análisis en los lineamientos generales recomendados por la OACI, adaptándola al peligro que representa la fauna para las operaciones aéreas, a fin de elaborar una matriz de riesgos de seguridad de doble entrada, donde se asocian el componente de la probabilidad que una especie de ave impacte con una aeronave y el componente la severidad que puede tener dicho impacto, basado en algunas características propias de cada especie, para finalmente determinar una clasificación de la fauna, asignándole un nivel de riesgo alto, tolerable o aceptable, denominándolo en la presente investigación, índice de riesgo de la especie (IRE) en basado en características que precisamente hacen de que cada especie, pueda ser considerada más o menos riesgosa para las operaciones aéreas.

Para el ingreso de datos, se analizaron los impactos ocurridos de un aeropuerto, denominado Aeropuerto F, evaluando la fauna y las consecuencias de los impactos con aeronaves, suscitados durante el periodo de años desde el 2017 al 2022.

Como referencia del número de operaciones aéreas, se tomaron los datos publicados en el portal de acceso público del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Como datos de incidentes con fauna, se solicitó con fines académicos y de investigación, mediante la Plataforma para Acceder a la Información de Dominio Público del MTC, información que contiene los impactos con aves ocurridos, a fin de poder contar con evidencias documentarias que pueda servir de insumo para ejemplificar la aplicación del método propuesto, considerando el periodo 2017-2022.

### **3.2 Experiencia laboral**

Antes de obtener el grado de Bachiller, se cumplieron funciones como miembro del Servicio Contra Incendios del Aeropuerto de Lima, desde el 18.01.2020 hasta el 31.12.2004. En funciones en el cargo de bombero del aeropuerto y pre grado de Biología, cuando las aves se posaban sobre la pista, la torre de control solicitaba al Servicio SEI que una unidad contra incendios acuda y disperse las aves con chorros de agua del camión de bomberos, a la vez que se accionaban las sirenas, labor que recaía como parte adicional a mis funciones asignadas.

El año 2004 se abre una plaza en el mencionado aeropuerto para ocupar el cargo de “Oficial de Peligro Aviario”, desde el 01 de enero de 2005 hasta el 14 de enero de 2010. Durante ese periodo, se aplicaron distintos métodos para que la fauna se mantenga alejada de la pista del aeropuerto y sus inmediaciones.

El 15 de enero del del 2010, se desarrollaron funciones en el MTC como Inspector de Aeródromos de la DGAC y con funciones de formular normativas de cumplimiento para los aeropuertos, armonizado con las normativa internacional, así como de implementando requisitos normativos propios de la experiencia en el campo de la biología, para que los explotadores de aeropuertos, mediante su personal, ejecuten acciones para minimizar el riesgo de impactos de aeronaves con aves, incluso acciones a ser realizadas fuera del perímetro del aeropuerto, como dentro de la propia infraestructura aeroportuaria. Asimismo, se dirigían acciones para monitorear la gestión realizada por los explotadores de aeropuerto sobre el peligro de la fauna e interactuar con otras entidades del Estado para la solución de problemas originados fuera de los aeropuertos y que constituían atractivos para la fauna que generaban situaciones de riesgo para la navegación aérea.

Desde el grado otorgado por la UNALM de bachiller, 25 de abril del 2013, se han ejecutado durante más de 10 años ininterrumpidos labores de Inspector de Aeródromos como Autoridad de Aviación en la especialidad de peligro aviario, donde base a la aplicación de conocimientos impartidos por la UNALM y experiencia en la Autoridad Aeronáutica, se ha formulado la presente investigación.

## **IV. DESARROLLO DEL TRABAJO**

La identificación de los peligros identificados para la aviación derivados de la presencia de fauna y sus consecuencias (choques o colisiones con aeronaves), implica no solamente conocimientos en biología, también tener conocimiento de la operación de aeropuertos, reglas de vuelo de las aeronaves, de la normativa aplicable, así como la manera de clasificar dichos riesgos. Una vez identificados, será necesario la adopción de medidas conducentes a que los mencionados riesgos sean controlados, disminuidos y en algunos casos, eliminados.

Con la finalidad de que se conozca la evolución de los impactos con fauna, se tomó como referencia un aeropuerto, al que se le denominará Aeropuerto F para fines de ejemplificar la metodología propuesta, considerando el periodo de impactos con fauna ocurridos desde el año 2017 al 2022, y poder clasificar a las especies de fauna en base a su nivel de riesgo, con el objetivo de prevenir futuros impactos o consecuencias negativas para la navegación aérea. Se abordaron los siguientes temas:

- Realidad Problemática,
- El problema del peligro por fauna en un Aeropuerto,
- Cómo evolucionan los efectos o consecuencias del peligro aviario en un aeropuerto,
- Propuesta de metodología para categorizar a la fauna por su nivel de riesgo.

### **4.1 Realidad problemática.**

La fauna ha estado involucrada en incidentes o accidentes desde el inicio de la aviación. A continuación, se verá un panorama sobre los impactos de aeronaves con aves a nivel internacional y nacional.

#### 4.1.1 Panorama a nivel internacional

Perry Rogers fue la primera persona en volar de Este a Oeste los Estados Unidos y la primera persona en morir cuando su avión fue golpeado por una gaviota ocasionando que se estrellara su aeronave, ocurrido un 3 de marzo de 2012 (Cleary, 2005).

Este lamentable hecho y otros accidentes ponen de manifiesto uno de los grandes retos para la los gestores de los aeropuertos, es brindar seguridad a las operaciones de aeronaves frente al peligro que representa la fauna.

Esta situación puede explicarse por un incremento constante del número de vuelos y de fauna, motivado por una parte, por la aparición de empresa de bajo coste (*low cost*), la facilidad para la compra de pasajes por medios digitales, el ahorro de tiempo de viaje con respecto al medio de transporte terrestre, así como por otra parte, la conciencia social y las leyes existentes sobre la protección a la naturaleza y en especial a los animales silvestres.

Un estudio reciente publicado en la revista turca “Revista Internacional de Ciencia y Tecnología” indica que, en Estados Unidos se registró un aumento de un 33 por ciento de vuelos en el año 2021 respecto al año 2020. También indica que el año 2021, el costo anual de los choques con aves para la industria de la aviación civil de EE. UU. fue de aproximadamente 328 millones de dólares en pérdidas financieras. Se estima que este costo excede los mil millones de dólares anuales a nivel mundial (Boyacı, 2023).

Un reciente boletín publicado por la OACI (EB 2023/30), señala que se realizó un análisis sobre los choques con aves a nivel mundial, correspondiente a estados y territorios de todo el mundo, los cuales los ha dividido en los siguientes tres bloques:

Primer bloque: 2001-2007

Segundo bloque: 2008-2015

Tercer bloque: 2016-2021

Se muestra que si bien el tercer bloque (además de tener en cuenta el año de la pandemia) tiene un número de años más corto, hay un aumento significativo en el número de colisiones en comparación con los dos anteriores. La tasa de aumento respecto al segundo bloque, es de aproximadamente del 280% (OACI, 2023).

El mencionado boletín revela que de las fases de vuelo durante las cuales ocurrieron choques: el 74% ocurrieron en o cerca de los aeródromos. De ellos, el 24% se produjo durante la fase de despegue y el 46% durante la aproximación y el aterrizaje. Las etapas de vuelo clasificadas como “desconocidas” cubrieron el 21% (OACI, 2023). También se menciona en el documento que las aves impactadas con mayor frecuencia, fueron los halcones, águilas y buitres, representadas en un 28% del total de choques donde se logró identificar a la especie.

Las piezas más impactadas, según se informó, fueron los motores con un 17%, seguidos por el radomo, el parabrisas y el ala/rotor con un 14 % cada uno, y luego por el fuselaje con un 12%. Un 3% de los informes indicaron daños a la aeronave, siendo los motores las partes más dañadas con un 34%, seguido del ala/rotor con 18 y el radomo con 11%.

#### **4.1.2 Panorama a nivel nacional**

La DGAC mediante la Regulación 314, exige que los operadores de aeródromos deben informar a la DGAC los impactos que ocurran durante las operaciones del aeródromo. (RAP314, 2021).

Bajo la regulación antes indicada y como parte de la investigación realizada, se solicitó a la DGAC datos históricos de impactos ocurridos, teniendo acceso a información de los impactos con aves, de la cual se menciona: Se reportaron 1,134 impactos desde el año 2010 al 2022. El año en el que ocurrieron la mayor cantidad de impactos, fue el año 2019, con 140 impactos. Cabe indicar que históricamente, el año 2019 también fue el año en el que ocurrieron la mayor cantidad de operaciones aéreas (388,183).

Considerándose dos bloques de años, primer bloque 2010 – 2016 y segundo bloque 2017- 2022, en el primer bloque ocurrieron 469 impactos, frente al segundo bloque donde ocurrieron 665 impactos. Vale decir que, hubo un incremento del 142% de impactos.

En relación a los impactos ocurridos de día o de noche, se tiene que un 60% de impactos ocurrieron en horario diurno y un 40 % nocturno.

Considerándose el periodo 2010 a 2022 y distribuyendo la cantidad de impactos en cuatro trimestres del año, vinculados a los cambios de estación, tenemos cuatro periodos con la cantidad de impactos ocurridos:

**Tabla 5.** Distribución de los impactos en cuatro trimestres del año

Periodo	Trimestre	Impactos
Primer periodo:	Diciembre -febrero	275
Segundo periodo:	Marzo-mayo	313
Tercer periodo:	Junio-agosto	275
Cuarto periodo:	Setiembre-noviembre	271

**FUENTE:** DGAC 2023

De la Tabla 5 se aprecia que la mayor cantidad de impactos, corresponde al periodo que más se aproxima a la estación otoñal, frente a las otras estaciones del año donde los impactos tienen cantidades similares.

El mes del año donde ocurrieron los impactos en mayor cantidad, fue el mes de marzo (119 eventos) y el de menor cantidad de impactos el mes de noviembre (81 casos).

De las fases de vuelo identificadas en los reportes, se tiene que la mayor proporción de impactos fue durante la aproximación con 37.9% y el aterrizaje con un 44.41%.

Si se consideran las fases terrestres: Aterrizaje (44.41%), despegue (5.84%) y rodaje (0.83%), tenemos un 51.08%.

Si se consideran las fases aéreas: Ascenso (5.84%), en ruta (0.17%), descenso (1.17%) y aproximación (37.9%), tenemos un 45.08%.

En esta información, un 3.84% de impactos el piloto no pudo precisar la fase de vuelo donde ocurrió el impacto. Estos casos se encuentran asociados cuando la tripulación verifica la aeronave en tierra (inspección 360°) y observa signos de haber impactado con fauna, no precisando la fase de vuelo en que ocurrió.

Respecto a la fauna impactada (2010-2022) y donde se pudo identificarla, de las cinco especies que tienen mayores registros de impactos, se tiene que el gallinazo (*Coragyps atratus*) es el ave que ha impactado más (82 choques), seguido de distintas especies de palomas (56 impactos),

distintas especies de gaviotas (35 impactos), también el huerequeque (*Burhinus superciliaris*) con 30 impactos y distintas especies de golondrinas con 27 impactos.

Algunas especies de mamíferos estuvieron presentes en los impactos, con un 5.45% del total de impactos registrados.

## **4.2 El problema del peligro por fauna en el Aeropuerto F periodo 2017-2022**

Se abordará el problema del peligro por fauna en Aeropuerto F como un ejemplo aplicable a cualquier aeropuerto, para lo cual se analizarán las estadísticas de impactos ocurridos, fauna involucrada, evolución de las operaciones aéreas y daños que ha podido ocasionar la fauna a las aeronaves durante los años del 2017 al 2022.

### **4.2.1 Cómo es el problema del peligro aviario en un aeropuerto**

La problemática de fauna que enfrenta un aeropuerto en particular, es dependiente de algunas variables, como la intensidad de los vuelos, las características de las comunidades de fauna registradas en el aeropuerto, así como las condiciones de oferta de hábitat local. Este último es un aspecto reviste especial importancia, toda vez que determina la aparición de una especie o grupo de aves y su abundancia. (Cleary & Dolbeer 2001).

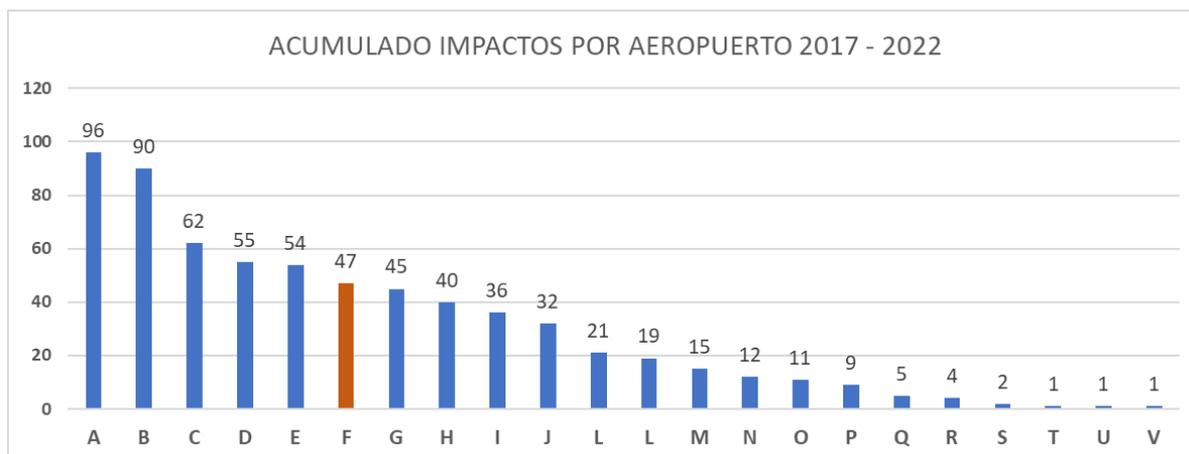
En el Aeropuerto F, durante el periodo de años 2017-2022, se identificaron 04 especies vinculadas a 15 de los 47 impactos reportados en un total de 844,098 operaciones aéreas. En 32 reportes, no pudo identificarse la fauna impactada. Los datos sobre incidentes debido a la presencia de fauna, se desarrollarán en los siguientes apartados.

### **4.2.2 Cómo ha sido la distribución de impactos con fauna**

En relación a los impactos o choques con fauna, el Aeropuerto F no es el aeropuerto que haya presentado más impactos a nivel nacional, a pesar de ser un aeropuerto con un importante número de movimientos de aeronaves.

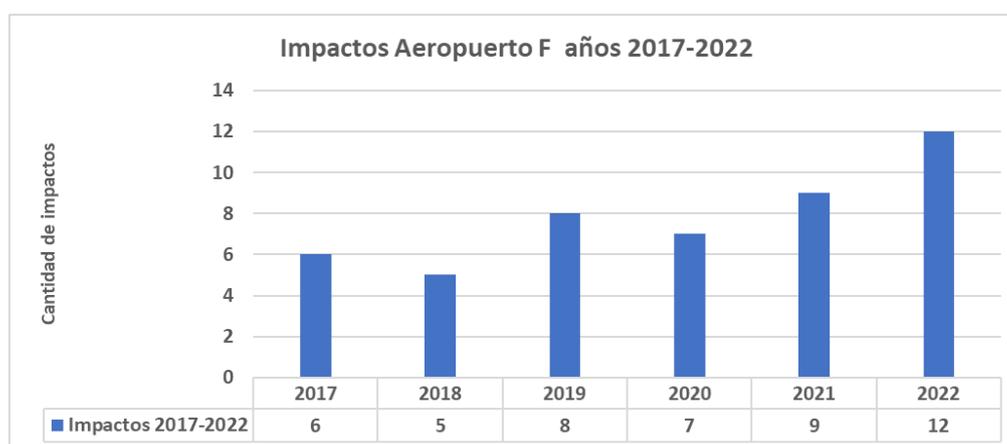
Durante el periodo 2017-2022 y nivel nacional, el Aeropuerto F ocupa el sexto lugar en impactos acumulados con 47 impactos de un total de 658, lo que representa un 7.14 % de dicho total, tal como se aprecia en la Figura 7.

Cinco aeropuertos tuvieron más impactos en el mismo rango de años que el Aeropuerto F.



**Figura 7.** Impactos acumulados por aeropuerto el periodo 2017-2022.  
**FUENTE DGAC**

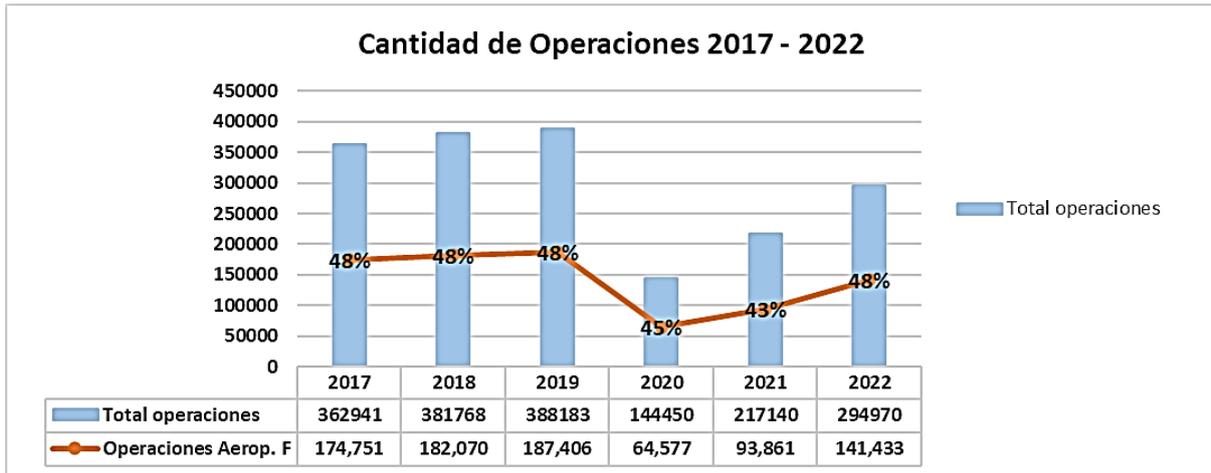
La distribución de los impactos con fauna del año 2017 al 2022 se aprecia en la figura 8.



**Figura 8.** Cantidad de impactos por año periodo 2017-2022.  
**FUENTE DGAC**

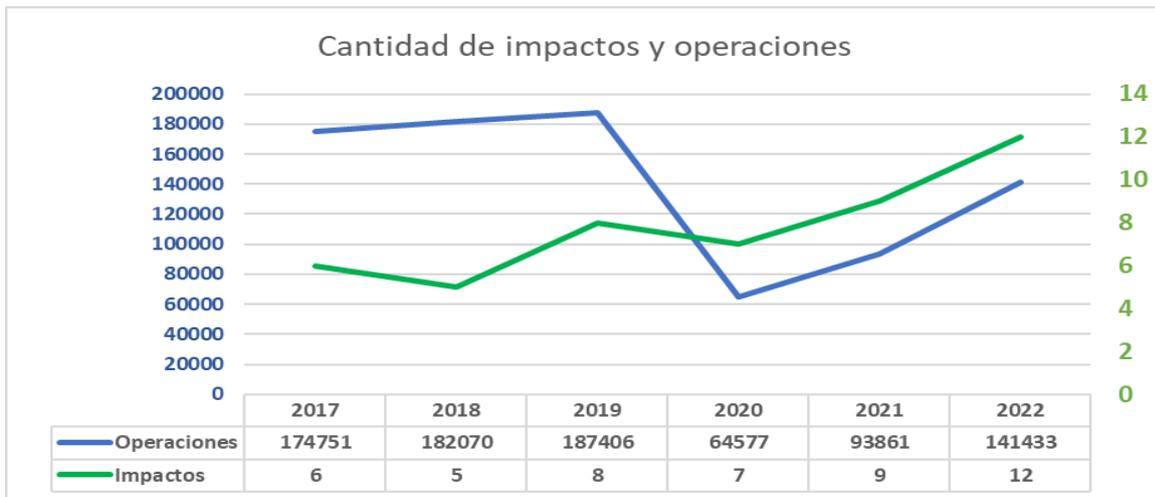
### 4.2.3 Cómo ha sido la evolución de las operaciones aéreas

Acorde a la información de la cantidad total de operaciones de aeronaves realizadas en el periodo 2017-2022, en la figura 11, se aprecia que en el Aeropuerto F tiene en promedio, un 47% de las operaciones realizadas a nivel nacional. Esta suma incluye los vuelos internacionales, nacionales o domésticos y los vuelos de turismo realizados en la red de aeropuertos.



**Figura 9.** Cantidad de operaciones.  
**FUENTE:** Portal web MTC

Del gráfico de operaciones aéreas realizadas en el Aeropuerto F con la cantidad de impactos ocurridos, se aprecia que las operaciones disminuyeron aproximadamente un 65.05% para el año 2020 versus el año 2019. En ese mismo periodo y en cuanto a la cantidad de impactos, la disminución fue de 12.5%. Ver figura 10.



**Figura 10.** Cantidad de impactos ocurridos y operaciones realizadas.  
**FUENTE:** DGAC - MTC

Cuando se divide el número de operaciones y el número de impactos por año, tenemos una tasa de impactos por operaciones, lo cual se refleja en la tabla 6:

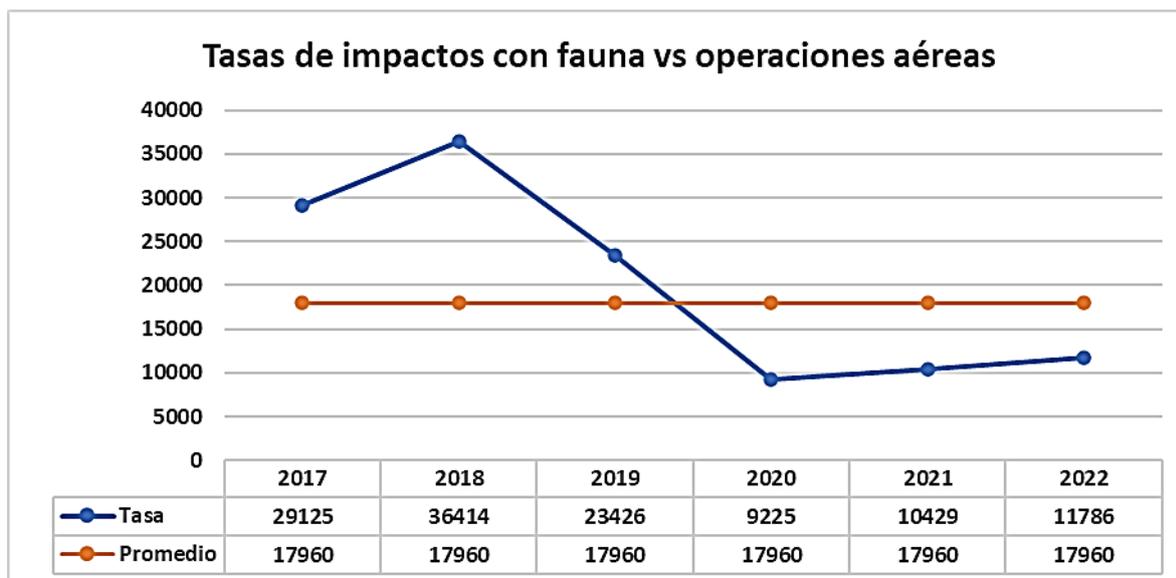
**Tabla 6.** Tasa de número de impactos por cantidad de operaciones

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
Cantidad de operaciones:	174,751	182,070	187,406	64,577	93,861	141,433	844,098
Número de impactos:	6	5	8	7	9	12	47
Cociente:	29,125	36,414	23,426	<b>9,225</b>	10,429	11,786	17,960

**FUENTE:** DGAC - MTC

La tabla 6 muestra que durante los años 2017 a 2022 ocurrieron en promedio, un impacto cada 17,970 operaciones, siendo la menor tasa para el año 2020 con un impacto cada 9,225 operaciones y la mayor tasa el año 2018 con un impacto cada 36,414 operaciones. Esta variación en la cantidad de impactos por número de operaciones, se ha podido deber a que el año 2020 fue afectado por la imposición de restricciones en los vuelos y el resguardo o aislamiento del personal operativo del aeropuerto por el COVID 19, lo que ocasionó que la fauna retome sus posiciones en el emplazamiento del aeropuerto y una menor intervención en las acciones de control por la obligación de confinamiento domiciliario, frente a un número reducido de operaciones aéreas, principalmente de vuelos cargueros y de operaciones de aeronaves del estado, vuelos de repatriación y ambulancias aéreas, lo cual se refleja en una menor tasa de operaciones aéreas realizadas respecto a los impactos ocurridos. En la figura 11 se aprecia la distribución de las tasas anuales de impactos vs operaciones aéreas.

En este análisis, una menor tasa, implica un mayor riesgo, por lo que en este caso y en base al análisis mencionado, con la disminución de las medidas de control se incrementa inmediatamente el riesgo de impactos de aeronaves con aves, lo a su vez reviste importancia en cuanto a que, en los aeropuertos, debe contarse con un servicio de control de fauna durante los horarios de operación, a fin de obtener mejores ratios de cantidad de impactos versus cantidad de operaciones aéreas. Ver figura 11.



**Figura 11.** Tasa de impactos ocurridos vs operaciones aéreas realizadas.  
**FUENTE:** DGAC - MTC

#### 4.2.4 ¿Qué especies de fauna han sido identificadas en los impactos y cómo han evolucionado dichos impactos?

En relación a la fauna involucrada en los impactos ocurridos durante los años 2017-2022, se han identificado 04 especies vinculadas a 15 de los 47 impactos reportados, es decir que, en 32 registros, no se llegó a identificar a la especie de fauna impactada, lo cual representa un 32% de identificación frente a un 68% de impactos no identificados.

Es posible sea identificada una especie, cuando se tienen restos que ayude a relacionarlos con la especie a la que pertenece, sin embargo, algunos impactos ocurren durante las trayectorias de vuelo fuera de los límites del aeropuerto, no llegándose a encontrar evidencias físicas de la fauna, más si se pueden encontrar partes afectadas de las aeronaves a consecuencia del impacto o la visualización del piloto que un objeto (ave) impactó durante el vuelo, quien por la velocidad del impacto y concentración en el procedimiento de vuelo, no necesariamente llega a percatarse a que especie pertenece la fauna.

Al respecto, la tabla 7 detalla a las especies reportadas.

**Tabla 7.** Detalle de la fauna identificada en los impactos

Año	Nombre común de especie reportada			
	Gallinazo	Gaviota	Cernícalo	Pelícano
2017	1			
2018				
2019	3	1		
2020	1	1	1	
2021	1	1		
2022	2	2		1
Sub total	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
TOTAL			<b>15</b>	

FUENTE: DGAC

De la fauna identificada, la mayor proporción impactos se atribuye a la especie *Coragyps atratus* (gallinazo de cabeza negra) con un 53%, seguido de la gaviota (*Larus spp.*) que representa a un 33 % de impactos, finalmente el *Falco sparverius* (cernícalo americano) y el pelícano (*Pelecanus spp.*) con un 7% en ambos casos.

Existen antecedentes en el Aeropuerto F se han registrado impactos con otras especies de aves y mamíferos.

En relación a la cantidad de aves (grupo) que las tripulaciones pudieron reportar antes que ocurriera el impacto, la tabla 8 muestra por especie, un número aproximado de aves visualizadas desde la cabina de los pilotos.

**Tabla 8.** Cantidad aproximada de aves visualizadas por la tripulación de mando

Especie	Aves observadas antes del impacto			
	0	1	2-10	11-100
Gallinazo	0	2	3	2
Gaviota	0	2	2	1
Cernícalo	1			
Pelícano	0			
TOTAL	1	4	5	3

FUENTE: DGAC

La tabla 8 revela que, si bien ocurrió un impacto con pelícano, sin embargo, la tripulación no pudo percatarse del ave antes del choque. Asimismo, la tabla 8 indica que, en mayor proporción, se observaron a grupos de aves que van entre 2 a 10 (gallinazos y gaviotas), así como en 03 eventos se observaron grupos más grandes entre 11 y 100 individuos (gallinazos y gaviotas).

En cuanto a los meses del año, la figura 12 muestra que durante noviembre a enero, fueron los meses donde sucedieron más impactos, por el contrario, en febrero, abril, julio y agosto, la menor ocurrencia de choques.



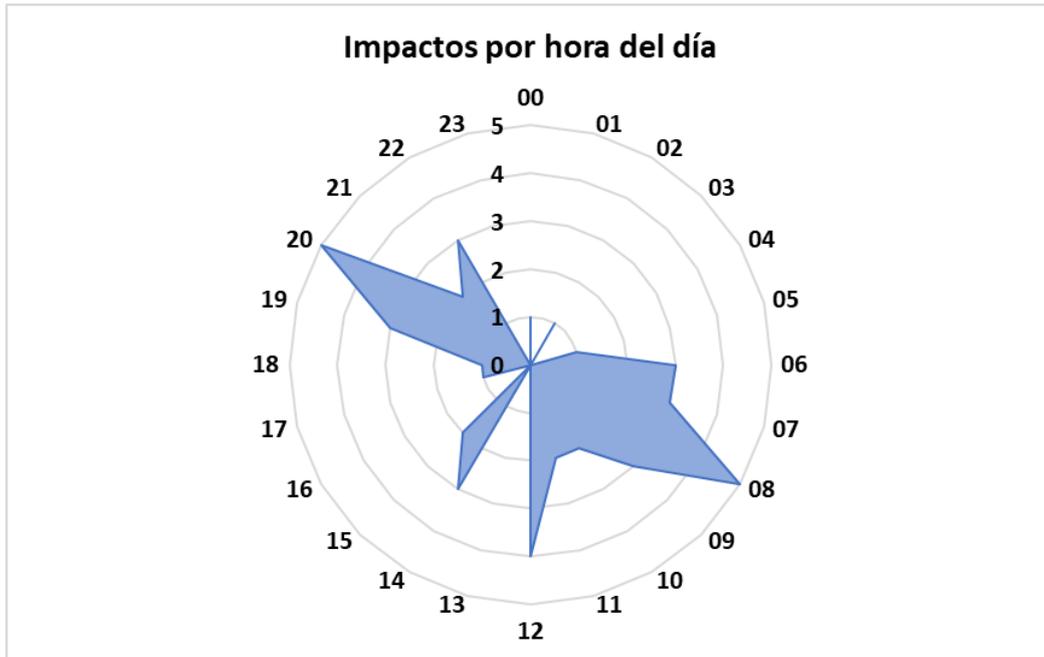
**Figura 12.** Distribución de los impactos por meses del año.  
**FUENTE:** DGAC

La figura 13 muestra dos picos de mayor cantidad de impactos, el primero diurno, entre las 06 horas y las 09 horas y el segundo pico nocturno, desde las 18 horas hasta las 22 horas.



**Figura 13.** Impactos por horas del día, gráfico de líneas.  
**FUENTE:** DGAC

La figura 14 muestra un gráfico radial, con picos son diametrales separados por 12 horas, el diurno a las 08 horas y el nocturno a las 20 horas.



**Figura 14.** Impactos por horas del día, gráfico radial.  
**FUENTE:** DGAC

#### 4.2.5 ¿Qué impactos negativos han tenido los choques de aeronaves con aves?

De las fases de vuelo en las cuales ocurrieron los impactos, la tabla 9 muestra las partes afectadas de las aeronaves, como consecuencia de los choques ocurridos (2017-2022).

**Tabla 9.** Fases de vuelo relacionadas con los impactos

Fase de vuelo	Impactos	Porcentaje
Aproximación	18	38%
Aterrizaje	11	23%
Despegue	3	6%
Ascenso	8	17%
Rodaje	2	4%
Sin información	5	12%
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>100%</b>

**FUENTE:** DGAC

La mayor proporción de impactos, ocurrió en la fase de aproximación al aeropuerto, con un 38%, seguido del aterrizaje con un 23%.

Cuando se consideran las fases aéreas y terrestres, se tiene que la fase aérea (aproximación y ascenso después del despegue) representa un 55% de los eventos, mientras que la fase terrestre (aterrizaje, despegue y rodaje) tienen un 33%, un 11% de los reportes no consideró la fase en la que ocurrió el impacto. Esto último puede ser explicado cuando la tripulación, durante su

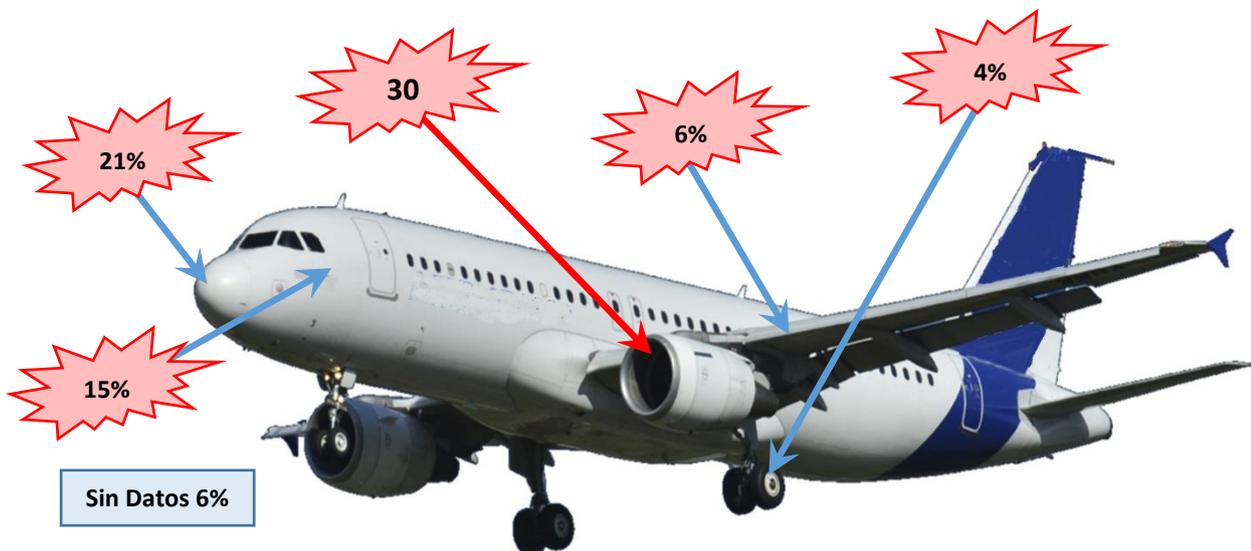
inspección en tierra, observa signos de haber sido impactado con fauna, no percatándose en qué fase de vuelo ocurrió dicho impacto.

**Tabla 10.** Partes afectadas de las aeronaves

Parte afectada	Impactos	Porcentaje
Motor	14	30%
Fuselaje	7	15%
Ala	3	6%
Parabrisas	1	2%
Tren	4	9%
Radomo / nariz	10	21%
Otras partes	1	2%
Sin información	7	15%

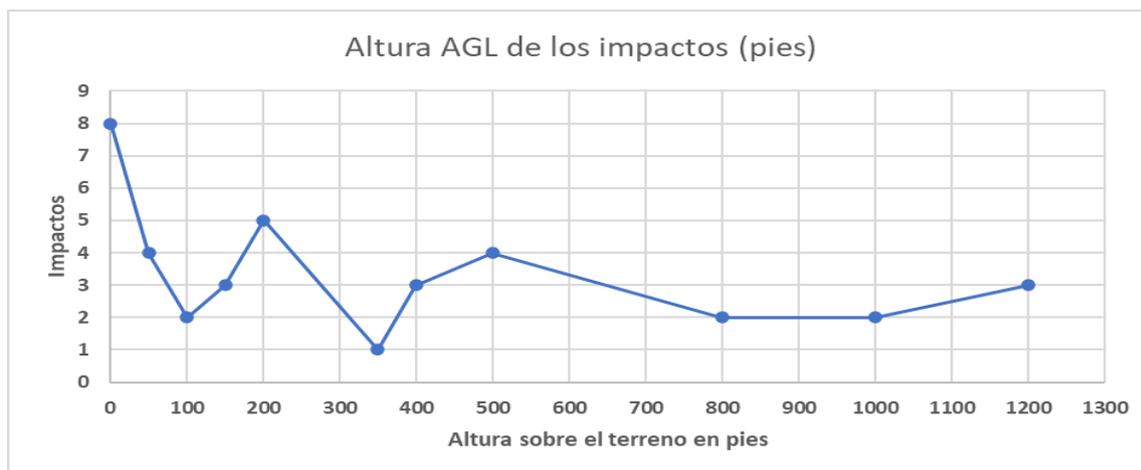
FUENTE: DGAC

La tabla 10 muestra que la parte afectada por los impactos con fauna, en mayor proporción fue uno de los motores, con un 30% de los eventos, seguido del radomo/nariz con un 21% y el fuselaje con un 15%. El ala, el parabrisas, el tren de aterrizaje y otras partes afectadas, en conjunto, suman un 19%. Una de las partes más sensibles para el vuelo de una aeronave, constituyen los motores, que dan el empuje necesario para que una aeronave pueda sustentarse en el aire y volar. Ver figura 15.



**Figura 15.** Impactos con fauna por parte de la aeronave impactada en Aeropuerto F.  
FUENTE: Elaboración propia

Respecto a las alturas de vuelo, en la figura 16 se indica la altura en la que las tripulaciones reportaron que ocurrieron los impactos.



**Figura 16.** Altura sobre el terreno a la que ocurrieron los impactos (en pies).

Nota: AGL es altura sobre el terreno (Above ground level)

FUENTE: DGAC.

De la figura 16, entre el nivel del terreno 100 pies (30.48m) se presentaron 14 impactos, mayor a 100 pies hasta 350 pies (106.38 m) 11 impactos, mayor a 350 pies hasta 800 pies 09 impactos, más de 800 pies 5 impactos.

En relación a las consecuencias directas para los vuelos, la tabla 11 revela que 06 impactos ocasionaron alguna consecuencia para el vuelo, lo que representa un 13% de los impactos ocurridos. En un 87% de los casos, los impactos no produjeron consecuencia alguna. En ningún caso hubo lesiones a las personas (tripulantes).

**Tabla 11.** Consecuencias para el vuelo producto de los impactos

Consecuencias para el vuelo	Impactos
Ninguna	41
Aterrizaje por precaución	4
Despegue interrumpido	1
Se apaga motor	1

FUENTE: DGAC

### 4.3 Propuesta de metodología para categorizar a la fauna por su nivel de riesgo.

Una evaluación de riesgos por fauna determina precisamente el nivel de riesgo que presenta cada especie identificada en el aeropuerto, para lo cual se propone aplicar un método que combine una probabilidad que la especie sea impactada por una aeronave y la gravedad o severidad del choque ocurrido a consecuencia del impacto con dicha especie, determinando un índice de riesgo de la especie (IRE).

De la revisión de investigaciones realizadas sobre evaluación del riesgo de choques con aves, se encontraron diversas metodologías, como la propuesta por el Dr. Nicholas Carter (USA) quien basa su estudio empleando una escala logarítmica obtenido de 10 factores descriptivos de cada especie, entre probabilísticos y de severidad, los cuales se clasifican proporcionalmente en una escala de 1 a 100, correspondiendo un 100% a la amenaza más significativa en el aeropuerto, expresando a las demás especies como un porcentaje de la especie de mayor riesgo (Carter, 2001).

Por su parte, el Dr. John Allan (UK) propuso un método de evaluación del riesgo de choques con aves que multiplica la probabilidad y la gravedad de los choques basándose en los archivos nacionales de choques con aves en aeropuertos ingleses. Esta probabilidad la calculó a partir de la frecuencia de colisión de diferentes tipos de aves en el mismo aeropuerto durante un período de cinco años y la gravedad resultante es función de la magnitud de los daños sufridos por las aeronaves (Allan, 2015).

De otro lado, la Dra. Cecilia Soldatini (Italia) propone el método BRI2 (Bridstrike Risk Index 2) donde define el valor del riesgo para las especies que ha identificado. Su evaluación consideró características de las especies como patrones de presencia, los hábitos individuales o de agregación, las características del entorno por las que son atraídas para forrajear o reproducirse y la media de vuelos anuales (Soldatini, 2011).

El Dr. Huansheng Ning (China) propuso un método que utiliza datos de un radar instalado en el aeropuerto para estimar la probabilidad y gravedad de choques con aves, considerando la ubicación relativa de las aves respecto a la pista, la altura de vuelo y la posición de las aeronaves, así como gracias al radar pudo evidenciar que algunas especies de aves eran capaces de evitar las colisiones (Ning, 2014).

El Dr. Sari Alptuğ (Turquía), realizó una investigación en el Aeropuerto Internacional de Trabzon en Turquía, para obtener una clasificación de seguridad aérea y especies de aves, donde estableció un sistema de clasificación de peligro aviario basado en 04 criterios: el tamaño de las aves, su peso, las características de formar bandadas y el comportamiento de vuelo (Alptuğ, 2022).

El Dr. Srinidhi (India), en su investigación sobre colisiones de animales contra aviones en la India, realiza una comparación de especies peligrosas involucradas en diferentes períodos de tiempo, basando su análisis en las especies identificadas en los impactos con aeronaves, el

número de incidentes que involucran daños o víctimas mortales, localización del impacto respecto al aeropuerto y datos económicos de los impactos con fauna (Srinidhi, 2020).

El Dr. Lars Holbech (Dinamarca) realizó una investigación para evaluar el riesgo de colisión con aves de especies específicas en el Aeropuerto Internacional de Kotoka - Ghana, donde propuso una clasificación basada en una recopilación de datos de corto plazo, considerando la multiplicación lineal de los índices obtenidos de la concentración máxima de aves en un momento determinado, la posición de bandadas de aves, el comportamiento peligroso mostrado por las aves (lentitud para retirarse de la pista cuando se acerca una aeronave) y la masa corporal promedio (Holbech, 2015).

En USA, el Edward Zakrajsek propuso utilizar una base de información de choques con fauna de la Fuerza Aérea (USAF) para identificar a las especies que habían sido identificadas y a su vez habían ocasionado daños a las aeronaves de la USAF, clasificando a las aves en 03 criterios, en base a los costos estimados, lesiones y fallecimiento de personas: clase A aquellos donde los daños superaron el millón de dólares, pérdida de aeronave, pérdida de vidas humanas o discapacidad total permanente, clase B con costos entre 200,000 y 1 millón de dólares, incapacidad parcial permanente u hospitalización, clase C con costos entre 10,000 y 200,000 dólares o una lesión que resultó en una jornada laboral. Los daños menores a 10,000 dólares y sin lesiones, no se consideraron dañinos (Zakrajsek, 2005).

Las consecuencias de la materialización de un choque con fauna dependen de características que son únicas o específicas atribuibles a una especie en particular. En la esfera de la aviación, son pocas las personas con conocimientos científicos como para diferenciar o definir dichos atributos y aquellas personas que están familiarizadas con las características propias de cada especie, se encuentran en rubros que no precisamente incluyen a la aviación, por ello la importancia de aportar criterios que puedan ayudar a una gestión operativa en los aeropuertos para reducir los riesgos de accidentes de aeronaves.

En la presente investigación, a diferencia de las investigaciones antes mencionadas, se propone un método donde se puedan reducir las valoraciones subjetivas, así como el proceso de evaluación pueda ser interpretado y diligenciado de manera sencilla, en la tarea de estimar el índice de riesgo de la especie (IRE) identificada en el aeropuerto, basado en (1) la probabilidad del choque con aves, la cual está determinada por la distribución espacio-temporal de la fauna, el comportamiento gregario, la presencia de la especie en un ciclo anual y los antecedentes de

haber impactado y (2) por la gravedad del impacto, que está compuesta por la masa promedio de la especie adulta y nuevamente la tendencia a agruparse.

La característica a agruparse se emplea en la probabilidad y también atribuida para la severidad. Para el presente estudio, si la especie presenta un comportamiento gregario, es más probable que bajo esta característica una aeronave pueda colisionar con la especie y a su vez, el daño en caso de choque con la especie se incrementa, precisamente por el comportamiento gregario capaz de ocasionar múltiples choques en un mismo evento.

#### **4.3.1 La probabilidad**

La probabilidad que una aeronave choque con una especie es dependiente de que tan probable es que la trayectoria del tránsito del animal se cruce en tiempo y espacio con la trayectoria de una aeronave.

Esta probabilidad de cruce, estará vinculada a factores a los que se puede atribuir como características y hábitos propios de cada especie que nos acerquen a determinar si una u otra especie tiene mayor o menor posibilidad de colisión.

Si una especie sobrevuela precisamente la zona de aproximación de aeronaves o el espacio aéreo empleado para el ascenso luego del despegue, entonces será más probable que impacte con una aeronave en dichas fases de vuelo, por el contrario, que una especie que se encuentre deambulando por un riachuelo fuera del aeropuerto y en sus tránsitos no llega al aeropuerto o a sobrevolar las zonas de vuelos, reduciendo dicha posibilidad.

De igual modo, un animal que ha estado vinculado a impactos con aeronaves en un aeropuerto, por sí mismo, constituye un indicador de probabilístico que nos lleva a definir que, a futuro, impacte nuevamente.

Entonces, se pueden precisar los criterios que valoren la probabilidad del impacto:

- Antecedentes de impacto de la especie en el aeropuerto (AN).
- Gregarismo o tendencia a agruparse (GR).
- Presencia estimada de la especie en un ciclo anual (PR)
- Lugar de sobrevuelo o tránsitos en relación al espacio empleado por las aeronaves (LU).

Como se nota en el precitado listado, los valores a ser obtenidos, dependerán únicamente de los antecedentes de impacto y de características atribuidas a cada especie identificada, independientemente de la cantidad de operaciones que tenga el aeropuerto, aspecto que ha sido valorado en otros estudios de riesgo de impacto. Si bien a mayor cantidad de operaciones aéreas existe una mayor probabilidad de impactar, para fines del presente estudio, no se consideró la cantidad de operaciones, debido a que este factor no ejerce influencia directa sobre el comportamiento de las especies, tal como se vio en el análisis de la tabla 11, en el año 2020, si bien fue atípico, se apreció que disminuyó la cantidad de operaciones, pero se incrementaron los reportes de impacto con fauna. De otro lado, la metodología propuesta al no considerar el volumen de operaciones, podrá ser aplicada en aeropuertos que tienen cantidades de vuelos muy distintas, toda vez que el análisis se enfoca en especie de fauna o grupo de especies similares (por ejemplo, gaviotas) y poder determinar qué especie(s) representa(n) el mayor índice de riesgo (IRE).

El método consiste en asignar valores a cada característica. A cada una de las características listadas: AN, GR, AE y LU, se colocará un valor numérico del 1 al 3, de acuerdo su antecedente o comportamiento. En este método, no existe probabilidad 0 (cero), pues todas las especies vinculadas a los impactos o incidentes con aeronaves, tienen cuanto menos, una probabilidad mínima de impacto.

La probabilidad (P) resultante por especie, se hallará mediante una sumatoria de los valores obtenidos:

$$(P) = \Sigma [(AN) + (GR) + (PR) + (LU)]$$

De esta manera, el valor mínimo obtenible para una especie sería  $(P_{min}) = (1) + (1) + (1) + (1) = 4$ , correspondiendo a muy remoto. El valor máximo obtenible sería  $(P_{max}) = (3) + (3) + (3) + (3) = 12$  que representa la opción más probable obtenible (muy frecuente).

La tabla 12 muestra los rangos de probabilidades, donde finalmente y de acuerdo a la sumatoria obtenida, se les asignará en la matriz presentada, un valor numérico del 1 al 5.

**Tabla 12.** Probabilidad resultante que una especie impacte con una aeronave

Probabilidad	$\Sigma [(AN) + (GR) + (PR) + (LU)]$	Valor
Muy Frecuente	11 -12	5
Frecuente	9 -10	4
Ocasional	7 - 8	3
Remoto	5 - 6	2
Muy remoto	4	1

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.3.1.1. Antecedentes de impactos de la especie en el aeropuerto (AN)

Los hechos históricos ayudan a predecir eventos futuros, por lo que los registros de años anteriores, son de utilidad para poder evaluar los choques con aves en un aeropuerto. Es útil saber qué aves y otros animales han tenido el mayor número de impactos (Carter, 2001).

Para el caso tomado como ejemplo, el Aeropuerto F, durante el periodo 2017-2022 se identificaron 04 especies de aves en 15 impactos, que corresponde a los valores indicados en la tabla 13.

**Tabla 13.** Cantidad de impactos por especies identificadas periodo 2017-2022

	Impactos por nombre común			
	Gallinazo	Gaviota	Cernícalo	Pelícano
Sub total	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>			

FUENTE: Elaboración propia

Acorde a la cantidad máxima (8 impactos para el gallinazo) y mínima (01 impacto para el cernícalo y el pelícano) de especies impactadas, en la tabla 14 se construyen los valores a ser consignados a la probabilidad del criterio antecedentes de impactos.

**Tabla 14.** Tabla de probabilidades por antecedentes de impactos (AN)

Probabilidad	Antecedentes de impactos (AN)	Valor
Frecuente	6-8	3
Media	3-5	2
Baja	1-2	1

**FUENTE:** Elaboración propia

Para este ejemplo, el gallinazo tendrá una alta probabilidad, la gaviota media y el cernícalo y pelícano, bajas probabilidades.

#### **4.3.1.2. Gregarismo o tendencia a agruparse (GR)**

El gregarismo es característica conductual de los individuos de una misma especie, donde se presentan relaciones sociales entre ellos. Esta característica se traduce en una mayor probabilidad de impactar con una aeronave cuanto existen caminos cruzados entre el tránsito de un grupo de animales y una aeronave.

El documento OACI 9332 contiene un formulario de notificación para registrar los impactos con aves, donde se recomienda que las tripulaciones de mando referencien el número de aves observadas vinculadas a un impacto, sugiriendo cuatro niveles: a) 01 individuo, b) 2-10 individuos, c) 11-100 y d) más de 100 (OACI, 1989).

Para la presente investigación, se consideraron 03 niveles. Ver tabla 15.

**Tabla 15.** Tabla de probabilidades por gregarismo o grupo GR

Probabilidad	Tendencia a agruparse (GR)	Valor
Alta agrupación	más de 10	3
Grupo mediano	2-10	2
Solitario	1	1

**FUENTE:** Elaboración propia

Bastará que en un evento se haya evidenciado que una especie de ave tiene una agrupación de más de 10 individuos, para asignar a la especie la probabilidad de alta agrupación. Del mismo modo si a una especie se la ve congregada en grupos de 2 a 10 individuos, le corresponderá asignar la probabilidad de grupo mediano.

Para el ejemplo presentado, en la tabla 8, el Aeropuerto F tiene, para el gallinazo 02 eventos de avistamientos de 11 a 100 individuos, correspondiendo a la especie el valor 3, para la gaviota pro presentar 01 evento se le asigna el valor 3, para el cernícalo y pelícano 01 evento.

Se puntualiza que, si bien al cernícalo puede verse de manera solitaria en los aeropuertos, sin embargo, el pelícano tiene un comportamiento natural a agruparse, por lo que a juicio del evaluador y en base a las observaciones realizadas, podrá asignar una mayor valoración a especies evidenciadas con este comportamiento.

#### **4.3.1.3. Presencia estimada de la especie (PR)**

El tránsito de la fauna por el aeropuerto, son datos que deben ser materia de una continua atención por parte del gestor del aeropuerto. Si bien puede contarse con información censal de la cantidad de aves por día, por mes y por estación del año, es necesario que la persona con funciones para controlar a los animales, realice observaciones de aves con la debida regularidad como para percatarse de qué especie es más abundante durante un ciclo anual. Si una especie puede permanecer durante todo el año en el aeropuerto y sus inmediaciones (residente), entonces será más probable que impacte que otra especie que es ocasional. Bajo esta premisa, se elaboró la tabla 16, considerando que puede ser aplicado a criterio del evaluador uno de los dos enfoques propuestos, cuantitativo o cualitativo.

**Tabla 16.** Tabla de probabilidad por presencia estimada de la especie (PR)

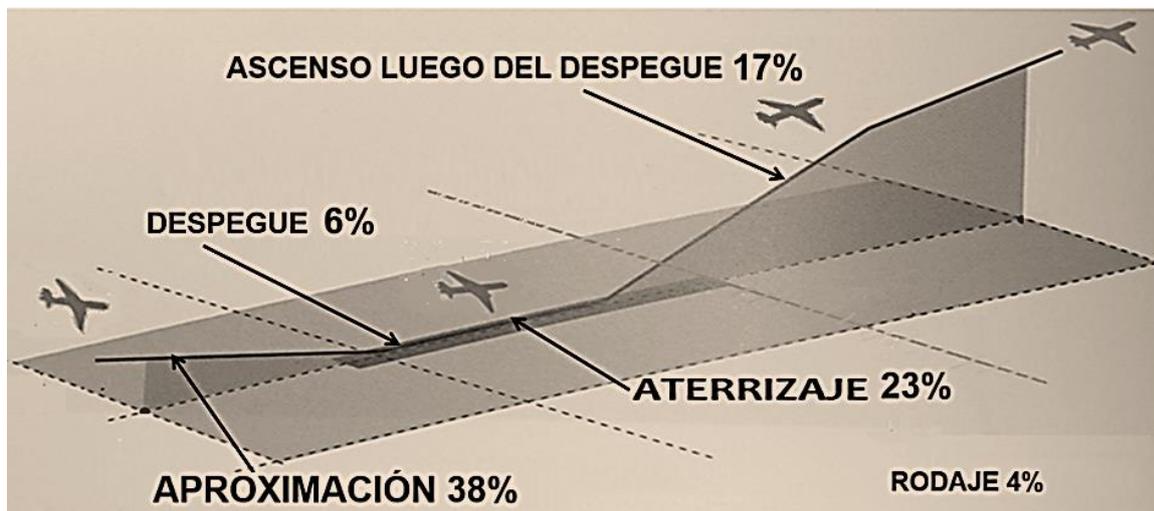
Tipo de enfoque	Abundancia estimada	Valor
	Permanente	3
Cualitativo	Observado en algunos meses	2
	En ocasiones	1
	Más de 6 meses al año	3
Cuantitativo	Entre 4 y 6 meses al año	2
	Hasta 3 meses al año	1

FUENTE: Adaptado de documento OACI 9137 Parte 3

A manera de ejemplo, se va a considerar que el gallinazo y el cernícalo son especies que se las ve en el Aeropuerto F durante todo el año, por lo que corresponderá un valor 3. Para el caso de la gaviota y del pelícano, se asumió vista en ocasiones (menos de 3 meses al año), por lo que le corresponderá el valor de 1.

#### **4.3.1.4. Lugar de sobrevuelo o tránsitos en relación al espacio empleado por las aeronaves (LU).**

La tabla 9 muestra que, en el Aeropuerto F, las fases terrestres de las aeronaves donde ocurrieron impactos (sobre la pista), representaron un 33% del total de choques (despegue, aterrizaje y rodaje). La fase de ascenso luego del despegue obtuvo un 17% y la aproximación un 38%. Esta información indica que, si una especie X se encuentra transitando sobre la pista o sobrevuela los espacios de aproximación y/o de ascenso, será más probable que impacte, en contraposición de una especie Y (p. e. un roedor) que habita el aeropuerto pero que mayormente no emplea dichos espacios durante sus patrones actividad diaria. La figura 17 muestra una distribución de las zonas donde ocurrieron los impactos (2017 – 2022).



**Figura 17.** Zonas de vuelo donde se registraron impactos con fauna.

Nota. Se desconoce la fase de vuelo en 12%.

FUENTE: Elaboración propia

En la figura 17 se aprecia que la aproximación duplica la cantidad de impactos respecto al ascenso. Esto puede explicarse con el hecho que, durante la aproximación, la aeronave se encuentra en un descenso continuo mientras que el ascenso es sostenido. Debido a este hecho, la aproximación atraviesa zonas que generalmente se encuentran fuera del predio aeroportuario, mientras que el ascenso al alejarse cada vez más del terreno, también se aleja de la fauna que pueda estar presente en los alrededores del aeropuerto.

La figura 18 muestra referencialmente las diferencias entre las fases de aproximación y ascenso.



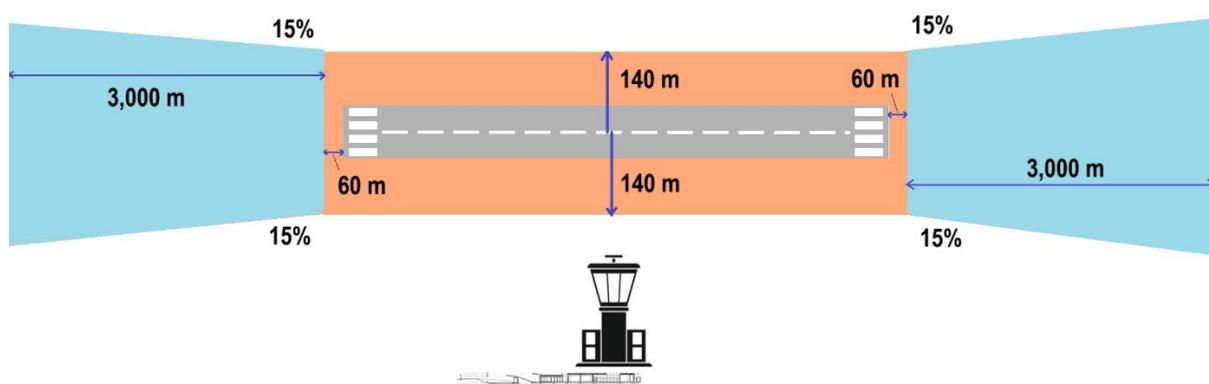
**Figura 18.** Imagen referencial de zonas de aproximación

Nota: Se tomó como referencia imágenes de flightstudy y de FAA-H-8083-3C



**Figura 19.** Imagen referencial de la zona de ascenso.  
 Nota: Se tomó como referencia imágenes de flightstudy y de FAA-H-8083-3C

Para ubicar las zonas de riesgo, se utilizó el criterio de ancho de franja de pista (Anexo 14 OACI 3.4), de 140 m lateralmente a cada lado de la pista en su distancia más restrictiva y 60 metros en la longitud desde los umbrales, a lo que se denominará a efectos de la presente investigación, la franja crítica. Para las zonas ubicadas en la proyección del eje de pista, las que en algunos casos abarcarán espacios ubicados sobre terrenos fuera del aeropuerto, se considerará la proyección sobre el terreno (planta) de primera sección de la superficie de aproximación (por ser más restrictiva) y se tomará la proyección del eje de pista hasta los 3,000 m con una divergencia de 15% (adaptado de la Tabla 4-4 del Anexo 14). Ver figura 19.



**Figura 20.** Zonas de riesgo de presencia de fauna.  
 FUENTE: Elaboración propia

La franja crítica representa la zona terrestre, que se extiende sobre un rectángulo de 280 m de ancho y de largo la longitud de la pista más 120 m. La fauna visualizada en esta zona, se considerará de probabilidad alta por los cruces que pueden darse.

Al área celeste, que representa a las zonas de aproximación (que en este método aplica también al despegue), deberá agregarse el factor altura de vuelo, es decir el componente espacial vertical de las aves, que para el caso del Aeropuerto F, la mayor tasa de choques se realizó entre los 50 y 200 pies, equivalente a un aproximado de 15 a 61 m, con 14 impactos, por lo que las aves que vuelen a más de 15 m sobre el nivel del terreno en la zona de aproximación, serán consideradas de alta probabilidad.

La fauna observada fuera de la franja crítica, pero dentro del predio del aeropuerto, así como la fauna ubicada por debajo de los 15m en la zona de aproximación, podrán ser considerados de mediana probabilidad.

La fauna ubicada fuera de la franja crítica y fuera de la zona de aproximación, serán de baja probabilidad. Ver tabla 17.

**Tabla 17.** Tabla de probabilidad por lugar de tránsito (LU)

Probabilidad	Definición por zonas de vuelo	Valor
Alta	Dentro de la franja crítica y encima de 15 m en	3
Media	Fuera de la franja crítica y bajo 15 m en aprox.	2
Baja	Fuera de franja y fuera del perímetro del aeropuerto	1

**FUENTE:** Elaboración propia

Se consideró al cernícalo, ave de alta probabilidad al frecuentar la franja de pista, en el caso del gallinazo, la gaviota y el pelícano, también de alta probabilidad, por estar en la zona de aproximación con vuelos sobre los 15 m respecto al nivel del terreno.

#### 4.3.2 La severidad

Para determinar la severidad, la OACI considera la evaluación de este componente respecto a la gravedad de los daños que pueden ser ocasionado a las aeronaves, independientemente del origen dichos daños, siendo los valores, desde catastrófico hasta insignificante

A fin de evaluar la mayor o menor capacidad de daño que pueda ocasionar una especie, es necesario ponderar dicho criterio. En tal sentido, se propuso como valoración para la gravedad de los daños ocasionados por cada especie identificada, la masa (biomasa) y su gregarismo. Si

bien el comportamiento gregario de una especie fue considerado para la probabilidad, no exime esta misma característica de ocasionar múltiples impactos, agravando el daño que puede ser ocasionado a la aeronave, lo cual es una característica a ser considerada también en la severidad del impacto por especie.

#### **4.3.2.1. Biomasa (BI)**

La masa del animal impactado, tiene una relación directa con el daño ocasionado. A mayor cantidad de masa corporal, más significativo es el compromiso que podría ocasionar en contra de una aeronave.

Un objeto que choca contra un avión en vuelo tiene lo que se conoce como energía cinética (E), que es en razón directa a su masa (M) y al cuadrado de su velocidad (V). La fórmula es  $E=1/2MV^2$ . El valor de E representa los julios, la masa M en kg y la velocidad V en metros por segundo.

En tal sentido, la consecuencia del impacto de un ave como un gorrión es de distinta consecuencia al de un pelícano o un gallinazo.

Una aeronave en aproximación, puede estar en un punto descendiendo a 145 kts (nudos) o 74.6 m/s y un gallinazo pesa aproximadamente 1.9 kg (ver tabla 19). La energía cinética del impacto de un gallinazo a la velocidad indicada, equivale a 5,286.9 J ( $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ ), eso es gran cantidad de energía. Si aumenta el peso del ave o aumenta la velocidad de la aeronave, aumenta el daño, al igual que si se trata de múltiples impactos en un solo evento. Si la fauna es absorbida por los motores de un avión, pueden provocar fallas catastróficas por la pérdida del empuje necesario para el vuelo.

Para definir los valores adecuados a la severidad ocasionada por la masa de la especie, se consideraron las aves presentes en el aeropuerto y sus alrededores, para asignarse los valores según la masa promedio de los adultos.

Para el ejemplo empleado, en el Aeropuerto F se registraron impactos con aves como el gallinazo y el cernícalo. Para estimar el peso de estas especies, se emplearon registros de masa de aves publicados en los portales web <https://avesdeperu.org>, <https://mundiaves.com/> y <https://birdsoftheworld.org/>.

**Tabla 18.** Peso de las especies vinculadas a los impactos con fauna

Nombre común	Peso $\bar{x}$ kg	FUENTE: Página web
Pelícano peruano	6.15	<a href="https://avesdeperu.org/pelecanidae/pelicano-peruano-pelecanus-thagus/">https://avesdeperu.org/pelecanidae/pelicano-peruano-pelecanus-thagus/</a>
Gallinazo de cabeza negra	1.9	<a href="https://avesdeperu.org/gallinazo-cabeza-negra/">https://avesdeperu.org/gallinazo-cabeza-negra/</a>
Gaviota peruana	0.365	<a href="https://mundiaves.com/gaviota-simeon-larus-belcheri/">https://mundiaves.com/gaviota-simeon-larus-belcheri/</a>
Cernícalo americano	0.12	<a href="https://birdsoftheworld.org/bow/species/amekes/cur/appearance#meas">https://birdsoftheworld.org/bow/species/amekes/cur/appearance#meas</a>

FUENTE: Elaboración propia

Bajo la información detallada, la tabla 19 presenta valores para la severidad por la cantidad de masa de la fauna impactada.

**Tabla 19.** Valores de severidad asociados a biomasa (BR)

Severidad	Tasas por rangos de biomasa (BR)	Valor
Alta	Mayor a 1.0 kg	3
Media	Entre 0.1 – 1.0 kg	2
Baja	Menos de 0.1 kg	1

FUENTE: Elaboración propia

Para el ejemplo del Aeropuerto F, al pelícano y al gallinazo le corresponde la severidad alta, a la gaviota y al cernícalo, una severidad media. Un ejemplo que de un ave de severidad baja es *Pygochelidon cyanoleuca* (golondrina azul y blanca) con un peso promedio de 10.5g o 0.0105kg.

#### 4.3.2.2. Gregarismo o tendencia a agruparse (GR)

Para evaluar el grado de severidad por gregarismo, se emplearán los valores detallados en la tabla 20 (el mismo criterio que la tabla 15), esta vez para la severidad.

**Tabla 20.** Valores de severidad asociados al gregarismo (GR)

Severidad	Tendencia a agruparse (GR)	Valor
Alta agrupación	más de 10	3
Grupo mediano	2-10	2
Solitario	1	1

**FUENTE:** Elaboración propia

La severidad resultante por especie, se obtendrá de la matriz presentada en la tabla 21, considerando que valor asignado es para cada especie.

**Tabla 21.** Matriz de severidad por especie

Severidad	$\Sigma [(BI) + (GR)]$	Valor
Muy alto	6	A
Alto	5	B
Moderado	4	C
Bajo	3	D
Muy bajo	2	E

**FUENTE:** Elaboración propia

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología propuso determinar qué especie o especies representan un riesgo alto para la aeronavegación, el índice de riesgo de la especie (IRE) se ha valorado en función de la probabilidad que la especie impacte con una aeronave y la gravedad o severidad del impacto que pueda ocasionar.

### 5.1 Valores para la Probabilidad

Para la probabilidad, se emplearon 04 criterios que definen de manera práctica y sencilla, si una especie es más propensa a ser impactada, de lo cual se obtuvieron valores representativos en cuanto a antecedentes de impacto (AN), gregarismo o tendencia a agruparse (GR), presencia estimada de la especie (PR) y lugar de sobrevuelo (LU). Estas cuatro variables, se suman y se comparan con un cuadro de asignación de valores de 5 niveles, tal como se muestra en la tabla 12. En el caso del ejemplo, se obtuvieron 04 especies de aves que fueron identificadas en impactos con aeronaves durante el periodo de los años 2017-2022.

Para el cálculo de la probabilidad, se obtuvieron los siguientes valores por especie: gallinazo (Gal), gaviota (Gav), cernícalo (Cer) y pelícano (Pel), siendo necesario construir una matriz para realizar la sumatoria resultante de cada uno de los criterios descritos. Ver tabla 22.

Sumatoria de valores obtenidos para la probabilidad

Criterio	Codificación de nombre común			
	Gal	Gav	Cer	Pel
AN	3	2	2	1
GR	3	3	1	2
PR	3	1	3	1
LU	3	3	3	3
<b><math>\Sigma</math> (AN+GR+PR+LU)</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>

FUENTE: Elaboración propia

Cuando se realiza asignación de los resultados obtenidos en la tabla 12, se tienen la asignación de la probabilidad de impacto por cada especie. Ver tabla 23

**Tabla 22.** Resultados obtenidos por probabilidad de impacto por especie

Nombre común	$\Sigma$ (AN + GR + PR + LU)	Asignación de probabilidad
Gallinazo	12	<b>5</b>
Gaviota	9	<b>4</b>
Cernícalo	9	<b>4</b>
Pelícano	7	<b>3</b>

FUENTE: Elaboración propia

## 5.2 Valores para la severidad

Que tan severo es un daño, estará definido por dos variables, biomasa (BI) y gregarismo (GR). Del análisis realizado, para calcular la biomasa, se presentaron rangos de peso para asignar valores de severidad. De igual manera, se asignó un valor para la tendencia a agruparse. Acorde a los datos obtenidos, los resultados se reflejan en la tabla 24.

**Tabla 23.** Sumatoria para la severidad de cada especie

Criterio	Codificación de nombre común			
	Gal	Gav	Cer	Pel
BI	3	2	2	3
GR	3	3	1	1
<b><math>\Sigma</math> (MA + GR)</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

FUENTE: Elaboración propia

De la matriz de severidad mostrada en la tabla 21, se obtiene un valor alfabético para la severidad.

**Tabla 24.** Resultados obtenidos por severidad de impacto por especie

Nombre común	$\Sigma$ (BI + GR)	Asignación de probabilidad
Gallinazo	6	<b>A</b>
Gaviota	5	<b>B</b>
Cernícalo	3	<b>D</b>
Pelícano	4	<b>C</b>

FUENTE: Elaboración propia

### 5.3 Matriz de riesgo y estimación del IRE

Luego de obtenerse la información de la probabilidad y severidad, se trasladan los resultados obtenidos a una matriz, para la estimación del índice riesgo de la especie (IRE). Ver tabla 26 y 27.

**Tabla 25.** Valores del IRE obtenidos al asociar la probabilidad con la severidad

Nombre común	IRE	Color
Gallinazo	5A	<b>5A</b>
Gaviota	4B	<b>4B</b>
Cernícalo	4D	<b>4D</b>
Pelícano	3C	<b>3C</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 26.** Matriz de Riesgos

Matriz		Gravedad				
		Muy Alto <b>A</b>	Alto <b>B</b>	Moderado <b>C</b>	Bajo <b>D</b>	Muy bajo <b>E</b>
Probabilidad						
Muy Frecuente	<b>5</b>	<b>5A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	5D	5E
Frecuente	<b>4</b>	4A	<b>4B</b>	4C	<b>4D</b>	4E
Ocasional	<b>3</b>	<b>3A</b>	3B	<b>3C</b>	3D	3E
Remoto	<b>2</b>	2A	2B	2C	2D	2E
Muy remoto	<b>1</b>	1A	1B	1C	1D	1E

FUENTE: Adaptado del Doc. OACI 9859

El riesgo resultante de choques con fauna, no es uniforme en todos los tipos de aeródromos y operaciones de vuelo, aun tratándose de las mismas especies y aeronaves, pudiendo tenerse

escenarios distintos atribuidos al clima del lugar, la vegetación, los atractivos para la fauna y otros factores que hacen que la fauna que impacta en los aeropuertos deba ser analizada de manera independiente.

#### **5.4 Matriz de tolerabilidad de los riesgos**

Las medidas que resultan en un aeropuerto, no necesariamente tendrán el mismo éxito o fracaso en otro aeropuerto, por lo tanto, es esencial que se identifiquen y adopten las medidas más apropiadas para adaptarse a la situación local.

Los valores IRE por especie obtenidos, serán materia de un análisis para definir qué medidas se van a adoptar. La tabla 28 muestra las posibilidades de combinación de probabilidad y severidad, sugiriendo medidas genéricas.

**Tabla 27.** Tabla de tolerabilidad del índice de riesgo de la especie - IRE

Índice del Riesgo de la Especie - IRE	Valoración del IRE	Medida
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	ALTO	Tomar acciones rápidas a fin reducir los riesgos asociados a la fauna asociada al nivel de riesgo. Priorizar las labores de mitigación sobre las especies. Las medidas tradicionales no tienen efectos positivos. Asegurar asignar nuevas medidas de mitigación dirigidas en específico a la especie problema, para disminuir el índice de riesgo a alto a medio o bajo. Si fuese necesario, debería restringirse o cesar la operación de aeronaves en horario de mayor actividad de la especie identificada. Difundir y compartir al interior del Comité de Seguridad Operacional el riesgo obtenido por especies, a fin de que los explotadores de aeronaves tomen precauciones sobre la presencia de dicha fauna, así como el personal de torre de control pueda alertar de la presencia de la fauna con IRE alto a las tripulaciones. Evaluar los atrayentes para la fauna problema dentro y fuera del aeropuerto. Realizar evaluaciones minuciosas sobre la actividad horaria, población, tránsitos, etc. de la fauna de alto riesgo. Hacer de conocimiento a las autoridades del estado y gobernación regional y municipal el alto riesgo al que están expuestas las personas usuarias del transporte aéreo para definir acciones conjuntas sobre los factores que atraen a dicha fauna en el entorno del aeropuerto.
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	TOLERABLE	Se requiere revisar las acciones dirigidas a las especies. Se deberían tomar mecanismos adicionales para bajar el índice de riesgo, de ser posible. Hacer seguimiento a las especies, monitoreo constante.
3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	ACEPTABLE	No es necesario mayor mitigación. Gestionar las medidas de reducción de riesgo ya implantadas

Adaptado del Doc. 9857 OACI

La metodología propuesta difiere de otras metodologías, en cuanto a su simplicidad, ya que para evaluar el riesgo que representa cada especie, se basa en la probabilidad de impacto y en la severidad de las consecuencias de dicho impacto, considerando para el primer criterio, los antecedentes de impactos ocurridos, el comportamiento gregario, la presencia estimada de la especie durante un ciclo anual y el lugar de sobrevuelo o tránsito. El segundo criterio, se sustentó en la cantidad de masa de la especie y nuevamente se empleó el comportamiento gregario como característica de severidad, ya que por una parte una especie que tiene el comportamiento de agruparse es más probable que impacte y a su vez es más severo el impacto por la posibilidad de multiplicidad de daño en un solo evento.

En los casos presentados por distintos autores, se consideran la cantidad de operaciones aéreas, factor que, para la presente investigación, no presenta relevancia al momento de evaluar el comportamiento propio de la fauna en el aeropuerto. Asimismo, uno de los estudios presentados basa su análisis en un radar de detección de aves, lo cual, para los aeropuertos en nuestro medio, por ahora no resulta inviable. De otro lado, el basar los resultados en los costos materiales y de vidas humanas requiere una amplia base de datos con la cual no se cuenta con publicaciones oficiales en nuestra realidad geográfica.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se describieron los choques con fauna ocurridos durante el periodo de años 2017-2022 del Aeropuerto F, donde de los registros obtenidos, se identificaron a 04 especies de aves, *Coragyps atratus* (gallinazo de cabeza negra), *Larus* spp. (gaviota), *Falco sparverius* (cernícalo americano) y el pelícano (*Pelecanus* spp.) con los cuales se ejemplificó la aplicación de la metodología materia de la investigación realizada. Durante los años señalados, ocurrieron en promedio, un impacto cada 17,970 operaciones, registrándose en el año 2020 la tasa más alta de impactos ocurridos, con un impacto cada 9,225 operaciones.
2. En relación a la evolución de los impactos o choques con fauna, el Aeropuerto F no resultó ser el aeropuerto que haya presentado más impactos a nivel nacional, a pesar de ser un aeropuerto con un importante número de movimientos de aeronaves. Durante el periodo 2017-2022 y a nivel nacional, el Aeropuerto F ocupa el sexto lugar en impactos acumulados con 47 impactos de un total de 658, lo que representa un 7.14 % de dicho total, no pudiendo afirmarse, que a mayor cantidad de operaciones se tiene una mayor tasa de incidentes (impactos) con fauna.
3. En cuanto a las consecuencias negativas ocasionadas por la fauna, el Aeropuerto F, durante el periodo de años 2017-2022 se encontró que la parte de la aeronave que resultó con la mayor tasa de impactos fue el motor con un 30%, seguidos del radomo (17%), del fuselaje (15%), el tren de aterrizaje (9%), la nariz de la aeronave (4%) parabrisas y otras partes 4%. No se informó de partes impactadas en un 15% de los eventos.
4. En la propuesta metodológica, se determinó qué especie o especies representan un riesgo alto para la aeronavegación, mediante la formulación de un índice de riesgo de la especie (IRE) basado en la **probabilidad** que la especie impacte con una aeronave y la **gravedad** del impacto que pueda ocasionar. Para hallar la probabilidad, se emplearon 04 criterios: antecedentes de impacto, gregarismo o tendencia a agruparse, presencia estimada de la especie y lugar de sobrevuelo. Para gravedad de los daños se consideraron la biomasa y nuevamente el gregarismo. Luego de tener la información de la probabilidad y severidad,

se trasladan los resultados obtenidos a una matriz de riesgos de seguridad operacional, dando como consecuencia, una estimación del índice riesgo de por especie (IRE).

5. Para la determinación de propuestas de acciones que tiendan a minimizar los impactos negativos que presentaron las especies identificadas por nivel de riesgo alto, se formuló una matriz de tolerabilidad, donde se puntualizó que el aeropuerto debe priorizar labores de mitigación sobre las especies *Coragyps atratus* (gallinazo de cabeza negra) y *Larus spp.* (gaviota), además de analizar nuevas medidas de mitigación dirigidas en específico a las mencionadas especies.
6. En relación al objetivo general, se concluye que la investigación evaluó el nivel de riesgo que representa la presencia de la fauna en las operaciones aéreas de un aeropuerto a efectos de determinar anticipadamente, un índice de riesgo de cada especie (IRE) con la finalidad de que, en base a la obtención de dicho índice, se reduzca la incertidumbre y permita gestor aeroportuario priorizar acciones sobre la fauna que resulte con un IRE alto, con el objetivo de prevenir futuros impactos negativos.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Autoridad Aeronáutica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, elaborar documentación técnica que pueda servir de guía, referencia o asesoramiento, a fin de que los operadores de aeropuertos cuenten con una metodología estándar para ser empleada en la determinación del índice de riesgo por especie (IRE), facilitando que se cuente con una herramienta que permita de manera anticipada, calcular el nivel de riesgo de cada especie, en base a sus características y comportamientos de la fauna implicada en los impactos con aeronaves y al conocimiento de la operación de aeropuertos, disminuyendo las posibilidades de error, evitando valoraciones equivocadas, que pueden ser tan perjudiciales como una enfermedad mal diagnosticada.
2. La metodología propuesta producto de la presente investigación, se basó en evidencias de impactos de aeronaves con aves, sin embargo para un aeropuerto donde se tengan pocos o ningún antecedente de impacto pero se tenga presencia de fauna, el investigador podría basar su análisis considerando la fauna que ha sido identificada en los hallazgos de animales muertos o lastimados en las inmediaciones de la pista a consecuencia de un impacto no reportado, así como también los reportes de las tripulaciones que si bien no llegan a impactar con fauna, pero si se ven en la obligación de realizar maniobras evasivas o frustrar un aterrizaje o un despegue; a fin de contar información relevante para realizar el análisis al momento de evaluar el riesgo que representa cada especie de fauna en el aeropuerto.
3. En cuanto al diseño de un nuevo aeropuerto y la orientación de una nueva pista, se evalúan una serie de requisitos como la dirección del viento, los obstáculos naturales, el perfil del terreno y otros, sin embargo, debería también ser evaluadas las rutas migratorias de las aves, ya que será más fácil reubicar la pista en la fase de diseño, que modificar una ruta o corredor migratorio de aves.
4. La geolocalización de los tránsitos y actividades que realiza la fauna, así como el lugar de donde ocurren los impactos, constituye un aspecto que toma relevancia al momento de

evaluar la actividad de la fauna que representa el mayor riesgo, lo cual se traducirá en mejora de la información procesada y adopción de acciones de mitigación.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J. (2015). El impacto de la variación en las prácticas de preentación de informes sobre la validez de los procesos recomendados de evaluación del riesgo de choques con aves. *Revista de gestión del tránsito aéreo*.
- Alptuğ, S. (2022). Valores de Clasificación de Seguridad Aérea y Especies de Aves. *Acta Zoológica*.
- Arias. (2006). El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica. En Arias. Venezuela: Episteme.
- Boyacı, E. &. (2023). Experimental and Numerical Approach on Bird Strike: A Review . *International Journal of Automotive Science And Technology* , 7 (2) , . 95-103 . DOI: 10.30939/ijastech..1293572.
- CAB. (1962). Civil Aeronautical Board. En I. d. N5533.
- Carter. (2001). All Birds Are Not Created Equal.
- Cleary. (2005). Manejo del Riesgo por Fauna Silvestre en Aeropuertos.
- Congreso. (2000). Ley de Aeronáutica Civil. ley 27261.
- Congreso de la República. (2016). Ley de Protección y Bienestar Animal. En Congreso, Ley de Protección y Bienestar Animal.
- CornellLab. (03 de 2024). Birds of the world. Obtenido de Birds of the World: <https://birdsoftheworld.org/bow/home>
- DGAC. (2011). Implantacion de la Fase 2 Gestion de Riesgos de la Seguridad Operacionl en un Explotador de Aeródromo. En D. G. Civil, C A 139-200-02 (pág. 11). Lima: DGAC.

- DGAC. (2011). Implantación de la fase 2 Gestión de Riesgos de la Seguridad Operacional en un Explotador de Aeródromo. En D. G. Civil, CA 139-200-02 (pág. 18). Lima: DGAC.
- DGAC. (2011). Implantación de la Fase 2 Gestión de Riesgos de la Seguridad Operacional en un Explotdor de Aeródromo. En D. G. Civil, CA 139-200-02 (págs. 22 - 23). Lima.
- DGAC. (2011). Implantación de la fase 2 "Gestión del Riesgos" de la Seguridad Operacional en un Explotador de Aeródromo. En D. G. Civil, CA 139-200-02 (pág. 2). Lima: DGAC.
- FAA. (2022). Eastern Airlines, Inc. Vuelo 375, N5533.  
[https://www.faa.gov/lessons\\_learned/transport\\_airplane/accidents/N5533](https://www.faa.gov/lessons_learned/transport_airplane/accidents/N5533).
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL .
- Holbech, L. (2015). Una evaluación rápida del riesgo de colisión con aves. Departamento de Biología Animal y Ciencias de la Conservación.
- MIDAGRI. (2015). Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre. En M. d. Riego, Decreto Supremo 019-2015-MINAGRI.
- MINAM. (2016). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. En M. d. Ambiente, Decreto Legislativo 1278 (pág. 17).
- MINAM. (2017). Reglamento del Decreto Legislativo 1278. En M. d. Ambiente, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.
- MTC. (2021). Diseño y Operaciones de Aeródromos. En M. d. Comunicaciones, RAP 314 (pág. 183). Lima: MTC.
- MTC. (2021). Diseño y Operaciones de Aeródromos. En D. G. Civil, Apéndice 10 (pág. 313). Lima: MTC.
- Ning, H. (2014). Evaluación del riesgo de colisión con aves. Ingeniería Aeronáutica y tecnología Espacial.

- Ñaupas. (2018). Metodología de la investigación Cualitativa - Cuantitativa y Redacción de tesis. En Ñaupas. mexico: Ediciones de la U.
- OACI. (1989). Manual sobre el Sistema de Notificación de la OACI de los Choques con Aves. Doc 9332-AN/909.
- OACI. (1999). Manual Guia de Protección Ambiental para Aeropuertos. En O. d. Internacional, Proyecto Regional RLA/92/031 (pág. 11). Lima: Proyecto LAR.
- OACI. (2016B). Gestión de la Seguridad Operacional. En O. d. Internacional, Anexo 19 (pág. 17). Montreal: OACI.
- OACI. (2018A). Manual de gestión de la seguridad operacional. En O. d. Internacional, Documento 9859 (pág. 33). Montreal: OACI.
- OACI. (2018). Utilización del Terreno y Gestión del Medio Ambiente. En O. d. Internacional, Manual de Planificación de Aeropuertos Parte II (pág. 21). Montreal: OACI.
- OACI. (2020). Aeródromos. En O. d. Internacional, Doc. 9981 (pág. 207).
- OACI. (2020). Gestión del Peligro que representa la fauna silvestre. 32.
- OACI. (2020). Gestión del Peligro que Representa la Fauna Silvestre. En OACI, Manual de Servicio de Aeropuertos Parte 3 (pág. 14). Montreal: Organización de Aviación Civil Internacional.
- OACI. (2023). Boletín Electrónico EB 2023/30. Análisis de los Choques con Fauna Silvestre 2016-2021.
- OSINFOR. (2020). Fauna Silvestre en el Perú. En O. d. Silvestre, Procesos de Supervisión , Fiscalización y Normativa (pág. 9).
- RAP314. (2021). Regulación Aeronáutica Peruana 314 9.4.2.
- Soldatini, C. (2011). Lecciones de la BRI y una nueva metodología . Departamenteo de Ciencias Ambientales, informáticas y Estadística.

Srinidhi. (2020). Comparación de choques de animales contra aviones en la india: una comparación de especies peligrosas involucradas en diferentes periodos de tiempo. Revista de Defensa.

VIVIENDA. (2016). Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible. En C. y. Ministerio de Vivienda, IDecreto Supremo 022-2016-VIVIENDA.

Zakrajsek, E. (2005). Clasificación del riesgo de especies de vida silvestre peligrosas para los aviones militares. Wildlife Society Bulletin.