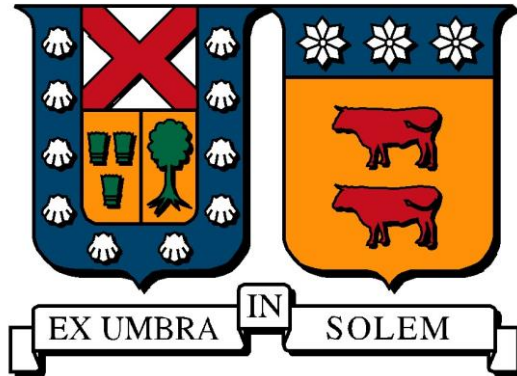


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE AERONÁUTICA
SANTIAGO – CHILE



**Transición a una Vigilancia Basada En Riesgos: Modelo
complementario aplicable a Proveedores de Servicios Aeronáuticos
de Transporte Público.**

Nicolás Leonardo Morgado Maldonado

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA: SR. VÍCTOR POBLETE G.
PROFESOR CORREFERENTE 1: SR. LEONARDO LOBOS F.
PROFESOR COREFERENTE 2: SR. SERGIO ITURRA M.

Julio De 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: TRANSICIÓN A UNA VIGILANCIA BASADA EN RIESGO: modelo complementario para Proveedores de Servicio Aeronáutico de Transporte Público.

Nombre del candidato(a): Nicolás Leonardo Morgado Maldonado

Carrera / Grado: Ingeniería en Aviación Comercial

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** Aeronáutica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Víctor Poblete G., en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

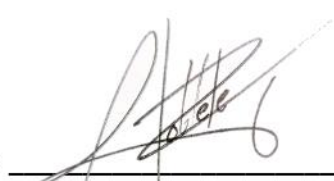
☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 22/07/2026 ; **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 22/07/2026 ; **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

En primer lugar, esta memoria se la dedico a mis padres Cecilia Maldonado y Leonardo Morgado, por brindarme la oportunidad que hoy me permiten alcanzar esta meta y confiar en mí. Todo lo que soy y todo lo que he logrado hasta hoy es, en gran parte, gracias a ustedes. Esta memoria les pertenece.

A mis hermanos, Francisca Morgado y Diego Morgado, por ser mi ejemplo, por estar siempre presentes y acompañarme durante este proceso, aún con distancia de por medio.

A Antonia Huerta, quien representa mi pilar fundamental en este proceso. Una amistad que ha perdurado en el tiempo incondicionalmente.

A Oswaldo Núñez, a quien debo noches enteras de estudio, por su paciencia, comprensión y apoyo durante estos meses de trabajo. Gracias por motivarme incluso cuando el camino parecía más difícil.

A mis amigos Xaviera Collao, Andrés Torres y Daniella Deković, quienes hicieron de esta etapa una experiencia significativa. Por el apoyo, las risas y el apañe durante estos años.

A Almendra Ormeño y Darren Orellana compañeros y amigos desde los primeros años de carrera. Su dedicación y perseverancia fueron constante motivación para mí. Agradezco profundamente su amistad, apoyo y compañía.

A la Dirección General de Aeronáutica Civil, en especial a Sergio Iturra, por su disposición para resolver dudas, compartir experiencias y su visión práctica que me permitió entender el contexto actual de la presente memoria.

A Víctor Poblete, por ser mi guía durante este proceso. Sus observaciones, conocimientos y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de esta memoria y me acompañaron en este proceso, les agradezco desde el corazón.

Resumen Ejecutivo

La supervisión de la seguridad aérea en Chile, liderada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), se ejecuta tradicionalmente a través de planes de vigilancia continuos. Aunque este modelo ha asegurado estándares basales de cumplimiento normativo, posee una estructura rígida que asigna inspecciones basadas principalmente en el tamaño de las empresas y en criterios de calendario. Ante la sostenida expansión del sector aeronáutico nacional, esta homogeneidad genera una asignación ineficiente de los recursos del Estado, provocando la sobrevigilancia de operadores consolidados y la subvigilancia de aquellos que presentan síntomas de deterioro, omitiendo además el uso activo de los datos de seguridad interna de las propias aerolíneas.

El objetivo de esta investigación fue diseñar un modelo de evaluación complementario basado en riesgo para los operadores de transporte público regular en Chile, orientando la fuerza inspectora de manera asimétrica y proactiva. Metodológicamente, se utilizó el Análisis de Brechas (GAP) para diagnosticar el desfase operativo entre el sistema actual y el enfoque de Vigilancia Basada en Riesgos (RBO) promovido por la OACI. El diagnóstico reveló que el esquema vigente procesa los hallazgos bajo una lógica binaria y plana, otorgando el mismo peso estadístico a faltas administrativas menores que a las deficiencias críticas de seguridad operacional.

Para resolver este vacío, se desarrolló un algoritmo de priorización matemática de implementación progresiva. Este modelo pondera las desviaciones según su nivel de gravedad, combinando el desempeño en los vuelos con la probabilidad de exposición y la madurez de los sistemas de gestión interna de los operadores. Como resultado, el sistema genera un ranking dinámico de prioridad inspectora, permitiendo a la autoridad contraer o expandir los ciclos de vigilancia según el perfil de riesgo real de cada aerolínea.

Las simulaciones validaron la capacidad del modelo para discriminar la gravedad de las faltas, mientras que la evaluación de costos confirmó su viabilidad económica al optimizar el capital humano disponible sin exigir presupuestos adicionales. En conclusión, esta memoria provee una solución de ingeniería costo-eficiente que alinea al país con las metas globales del Plan Global para la Seguridad Operacional de la Aviación (GASP) de la OACI, demostrando que para absorber el crecimiento de la industria se requiere la optimización analítica de los recursos fiscalizadores existentes.

Abstract

Civil aviation safety oversight in Chile, managed by the Directorate General of Civil Aviation (DGAC), is traditionally executed through continuous surveillance plans. Although this framework has historically ensured baseline regulatory compliance, its rigid structure assigns inspection frequencies based primarily on organizational size and chronological criteria. Driven by the sustained expansion of the national aviation sector, this lack of flexibility leads to an inefficient allocation of state resources, causing the over-surveillance of mature operators and the under-surveillance of those showing operational degradation, while failing to integrate data from the airlines' internal safety management systems.

The primary objective of this research was to design a risk-based complementary evaluation model for regular public transport operators in Chile to optimize inspection resources in an asymmetric and proactive manner. Methodologically, a GAP Analysis was utilized to diagnose the operational variance between the current framework and the Risk-Based Oversight (RBO) approach promoted globally by ICAO. The assessment revealed that the current system processes non-compliances under a flat, binary methodology, assigning identical statistical weight to minor administrative omissions and critical safety violations.

To bridge this operational void, the proposed solution consists of a mathematical prioritization algorithm engineered for progressive implementation. This model weights deficiencies based on their severity, coupling flight performance with operational exposure and the organizational health of the operators' management systems. Consequently, the framework generates a dynamic inspection priority ranking, allowing the authority to contract or expand oversight cycles based on the actual risk profile of each airline.

Numerical simulations validated the model's capability to accurately discriminate the severity of field findings, while the cost analysis confirmed its economic viability by optimizing available human capital without demanding additional budgets. In conclusion, this thesis provides a cost-effective engineering solution that aligns national practices with the strategic targets of ICAO's Global Aviation Safety Plan (GASP), proving that absorbing industry growth relies on the analytical optimization of existing oversight resources.

Índice General

<i>Simbología.....</i>	<i>9</i>
<i>Introducción.....</i>	<i>10</i>
1 ANTECEDENTES GENERALES.....	13
1.1 Justificación del tema	14
1.2 Objetivo	26
1.3 Metodología.....	27
1.4 Alcance.....	28
2 ESTADO DEL ARTE	31
2.1 Antecedentes:	32
2.2 Marco teórico	60
2.3 Propuesta metodológica.	87
3 DESARROLLO.....	90
3.1 Caracterización del modelo actual de vigilancia de la DGAC: Plan de Vigilancia Continua (PVC).	91
3.2 Caracterización del modelo de Vigilancia Basado en Riesgo (RBO).	96
3.3 Análisis GAP en cuatro dimensiones: PVC vs. Modelo RBO.....	98
3.4 Modelo Complementario	105
3.5 Estimación de Costo Operacional.	115
3.6 Propuesta de proceso de implementación estratégica del modelo RBO.	119
3.7 Estimación del tiempo de implementación del modelo (Carta Gantt).....	123
4 CONCLUSIÓN.....	127
ANEXOS.....	136
4.1 Anexos Antecedentes.	137
4.2 Anexos Estado del Arte.	150
4.3 Anexos Desarrollo.....	152

Índice de Gráficos

Gráfico 1.1: Evolución de los accidentes y accidentes fatales de vuelos comerciales programados globales, de aeronaves de más de 5700 [Kg], 2019-2024.	16
Gráfico 1.2: Tasa global de accidentabilidad (accidentes por millón de vuelos) 2019-2024.	17
Gráfico 1.3: Operaciones anuales del SAN.	19
Gráfico 1.4: incidentes graves y accidentes por año del SAN chileno.	20
Gráfico 1.5: Incidentes graves y accidentes de Aeronaves Transporte Aéreo Comercial Chile sobre 5700 [Kg] y 19 pasajeros.	21
Gráfico 1.6: Pasajeros por año LATAM Airlines (Chile + Group), 2022 - 2025	22
Gráfico 1.7: Pasajeros por año SKY Airline, 2022 - 2025.	22
Gráfico 1.8: Pasajeros por año JetSMART, 2022 - 2025.....	23
Gráfico 1.9: Pasajeros por año Aerovías DAP, 2022- 2025.....	23
Gráfico 2.1: Implementación efectiva de los elementos críticos (inglés).....	33
Gráfico 2.2: Porcentaje de implementación por área auditada (inglés).....	34
Gráfico 2.3: Tasa de accidentabilidad de aerolíneas auditadas por IOSA vs NO-IOSA (2005-2025).	39
Gráfico 2.4: Porcentaje de implementación efectiva Chile 2017 (inglés).	50
Gráfico 2.5: Distribución exponencial.....	80
Gráfico 2.6: Distribución Acumulada de la Exponencial	81
Gráfico 2.7: Distribución de Weibull.....	82
Gráfico 2.8: Distribución de Weibull Acumulada	83
Gráfico 2.9: Distribución Normal.....	84
Gráfico 2.10: Distribución Normal acumulada	85
Gráfico 3.1: Radar de brechas por dimensión: PVC vs RBO.....	104
Gráfico 3.2: Carta Gantt: tiempos de implementación del modelo propuesto.	125

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Cumplimiento LV de Análisis de Brechas del SMS desagregado por operadores hipotéticos A y B.....	14
Tabla 2.1: Programa de Validación de Inspecciones (PVI) del TCCA.	43
Tabla 2.2: Intervalo de vigilancia.	43

Tabla 2.3: <i>Civil Aviation Planned Risk-Based Safety Management Systems/ Security Management Systems (SMS/SeMS) Oversight Activities</i>	45
Tabla 2.4: Matriz de riesgos de seguridad operacional.....	47
Tabla 2.5: Escala de madurez actual de la DGAC.....	51
Tabla 2.6: Ranking de Standards and Poor: Chile.	56
Tabla 2.7: Puntuación del riesgo (inglés).	65
Tabla 2.8: Extracto “Cuestionario del perfil de riesgo del explotador de servicios aéreos”.	66
Tabla 2.9: Indicador de Riesgo del explotador de servicios aéreos.	67
Tabla 2.10: Indicador de exposición de explotador de servicios aéreos, sistema de puntaje	67
Tabla 2.11: Determinación del indicador de exposición en letras.	68
Tabla 2.12: Matriz de frecuencia de la RBS.	69
Tabla 2.13: Niveles de madurez P-S-O-E / Herramienta de evaluación del SMS.....	72
Tabla 2.14: Extracto MSAT Issue 2 de la EASA.....	74
Tabla 2.15: Estructura del estudio para creación del modelo.	89
Tabla 3.1: Cadena de Responsabilidad de 5 niveles del sistema de vigilancia chileno. .	91
Tabla 3.2: Fases de evaluación por sección de la LV de Ruta IOA.	95
Tabla 3.3: Análisis GAP dimensión normativa.....	98
Tabla 3.4: Análisis GAP dimensión operacional.	99
Tabla 3.5: Análisis GAP dimensión tecnológica	101
Tabla 3.6: Transición a RBO relativo del SAN chileno.	102
Tabla 3.7: Brechas dimensión institucional.	103
Tabla 3.8: Clasificación según nivel de criticidad de los ítems de la LV Inspección en Ruta IOA.	105
Tabla 3.9: Resumen clasificación según nivel de criticidad de los ítems de la LV “Inspección en Ruta IOA”.	106
Tabla 3.10: Puntaje ítem según cumplimiento parcial de criterios de LV Ruta.....	107
Tabla 3.11: COP hipotéticos representativos de cada PSA TP	107
Tabla 3.12: Probabilidad de falla por cantidad de operaciones	109
Tabla 3.13: Pasajeros transportados promedio anual por PSA TP.....	109
Tabla 3.14: Índice de Exposición normalizada.....	109
Tabla 3.15: Resultados de Indicador de Riesgo Operacional primario por PSA TP.	110
Tabla 3.16: Homologación LV Análisis de Brechas según MSAT de la EASA.	111

Tabla 3.17: Escala cuaternaria de cumplimiento de LV de Análisis de Brechas del SMS.	112
Tabla 3.18: Resultados de los MS de cada PSA TP.	113
Tabla 3.19: Resultado de los Índices de Riesgo de los PSA TP.	114
Tabla 3.20: Supuestos declarados para la estimación del costo de implementación del modelo complementario.	115
Tabla 3.21: Calculo del costo de capacitación MSAT a inspectores.	116
Tabla 3.22: Costo de capacitación MSAT según modalidad y cantidad de inspectores.	116
Tabla 3.23: Costo hora-inspector de rediseño de LV de Brechas SMS según modalidad y n° de inspectores.	117
Tabla 3.24: Costo horas-inspector de validación de la clasificación C/R/A.	117
Tabla 3.25: Costo adicional total de implementación del modelo complementario.	117
Tabla 3.26: Distribución recurso económico bajo modelo actual PVC.	118
Tabla 3.27: Distribución de recursos económicos bajo modelo propuesto Etapa 1.	118
Tabla 3.28: Brechas cerradas por dimensión.	121

Índice de Ilustraciones

Ilustración 2.1: Esquema relacional documental OACI.	32
Ilustración 2.2: Beneficios de implementación del enfoque RBO.	38
Ilustración 2.3: Ejemplo ilustrado de Análisis “Bow-tie” aplicado en modelo BARS.	40
Ilustración 2.4: Actividades de consulta de los operadores del modelo canadiense.	44
Ilustración 2.5: Ciclo anual del PVC.	50
Ilustración 2.6: principales riesgos de la industria financiera.	55
Ilustración 2.7: Portada Anexo 19, Segunda Edición, 2016	60
Ilustración 2.8: Portada Doc. 9859, Cuarta Edición, 2018.	61
Ilustración 2.9: Portada Doc. 9734, Parte B, Segunda edición.	62
Ilustración 2.10: Portada Doc. 10004, 2019.	63
Ilustración 2.11: Criterio del Riesgo (inglés).	65
Ilustración 2.12: Ocho Elementos Críticos.	70
Ilustración 2.13: Recomendaciones de EASA para la adopción de un enfoque de vigilancia basado en riesgo (inglés).	75
Ilustración 2.14: Sectores aeronáuticos que disponen de OA Tool (inglés).	77

Simbología

AFAC: Agencia Federal de Aviación Civil

AMC: Medios Aceptables de Cumplimiento

ANO: Orden de Navegación Aérea

BARS: Estándar Básico de Riesgo en Aviación

CARAC: Consejo Consultivo de Regulación de Aviación Canadiense

CAR: Regulaciones de Aviación Canadiense

CE: Elementos Críticos

CAA: Autoridad de Aviación Civil

CMA: Enfoque de Monitoreo Continuo

DGAC : Dirección General de Aeronáutica Civil

EASA: Agencia de Seguridad Aérea de la Unión Europea

EPT: Herramienta de Desempeño de Entidades

FAA: Administración Federal de Aviación

FDM: Monitoreo de Datos de Vuelo

GANP: Mundial de Navegación Aérea

GADM: Gestión Global de Datos de Aviación

GASP: Global de Seguridad Operacional de la Aviación

GMP: Buenas Prácticas de Manufactura

GNSS: Sistema Global de Navegación por Satélite

HRO: Organizaciones de Alta Confiabilidad

IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo

ICAO: Organización de Aviación Civil Internacional

IOSA: Auditoría Operacional de Seguridad de IATA

LV: Lista de Verificación

NOM: Norma Oficial Mexicana

NRC: Comisión Reguladora Nuclear

NSP: Plan Nacional de Supervisión

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

PBO: Vigilancia Basada en Desempeño

PSA: Proveedores de Servicios Aeronáuticos

PVC: Programa de Vigilancia Continua

RBO: Vigilancia Basada en Riesgo

RBS: Vigilancia Basada en Riesgo

ROM: Gestión de Supervisión Basada en Riesgo

SARP: Normas y Métodos Recomendados

SDCPS: Sistema de Recopilación y Procesamiento de Datos de Seguridad

SMS: Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional

SSO: Sistema de Seguridad Operacional

SRM: Gestión del Riesgo de Seguridad Operacional

SRVSOP: Sistema Regional de cooperación para la Vigilancia de Seguridad Operacional

SSP: Programa Estatal de Seguridad Operacional

TCCA: Aviación Civil de Transporte Canadá

UK CAA: *United Kingdom Civil Aviation Authority*

USOAP: *Universal Safety Oversight Audit Programme*

WTW: *Willis Towers Watson*

Introducción

La seguridad operacional en la aviación civil depende de la capacidad del Estado para supervisar que los Proveedores de Servicios Aeronáuticos (PSA) cumplan permanente con los estándares establecidos. En Chile, quien cumple estos requisitos es la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), el cual ejerce su función fiscalizadora a través del Plan de Vigilancia Continua (PVC), modelo homologado por el Estado a partir del manual

USOAP *Continuous Monitoring Approach* (CMA)¹ de la OACI, de carácter homogéneo y prescriptivo que aplica ciclos de inspección uniformes a todos los proveedores de servicios, independientemente de la complejidad de sus operaciones o perfil de riesgo.

Este modelo ha permitido sostener un estándar mínimo de supervisión. Sin embargo, la industria aeronáutica nacional ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, aumentando tanto el número de operaciones como la cantidad de operadores certificados que entran en el PVC. Este escenario tensiona la capacidad del PVC a mantener la misma profundidad de fiscalización al creciente parque aeronáutico nacional. Este modelo prescriptivo presenta dos limitaciones estructurales que se agravan ante el crecimiento del sistema: el riesgo de sobrecargar de inspecciones a proveedores de bajo riesgo, y a su vez, subvigilar a proveedores de alto riesgo que requieren de mayor atención.

En paralelo, la normativa nacional exige a los PSA la implementación de un Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS)², conforme al Anexo 19 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la DAN 19 de la DGAC. Sin embargo, el PVC no incorpora esa información como variable de planificación de la vigilancia. En consecuencia, dos operadores con niveles de riesgo radicalmente distintos reciben el mismo tratamiento fiscalizador. En este marco, el Programa Estatal de Seguridad (SSP)³ como el SMS no constituyen el objeto central de análisis de esta memoria, sino el marco habilitador dentro del cual la transición hacia una vigilancia basada en riesgo debe ocurrir: el SSP define las obligaciones del Estado en materia de vigilancia, y el SMS provee la información operacional que un modelo basado en riesgo necesita para construir perfiles diferenciados por operador.

Frente a este contexto, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) promueve la adopción de la Vigilancia Basada en Riesgo (RBO), enfoque que adapta la planificación y la intensidad de la supervisión según el perfil de riesgo de cada operador, permitiendo concentrar los recursos de fiscalización donde el riesgo operacional es mayor. Cabe

¹ En el contexto del Doc 9735 y el USOAP, CMA significa *Continuous Monitoring Approach* — Enfoque de Observación Continua. Esta sigla no debe confundirse con CMA — Centros de Mantenimiento Aeronáutico (PSA), que corresponde a otra categoría del sistema aeronáutico chileno.

² Sistema mediante el cual cada organización identifica peligros, evalúa riesgos y gestiona su seguridad de manera sistemática.

³ Marco institucional mediante el cual el Estado gestiona sus responsabilidades de seguridad, incluyendo políticas, objetivos e indicadores de desempeño.

destacar que CMA no es una contradicción de RBO: la primera define el qué, mediante vigilancias permanentes, mientras que la segunda define el cómo, concentrando recursos donde el riesgo es mayor. Esta distinción es importante al momento de comprender que la transición no implica abandonar la vigilancia continua, sino enriquecerla con criterios de riesgo que permitan una asignación más eficiente de los recursos de fiscalización.

Esta memoria propone un modelo de evaluación complementario basado en riesgo, orientado específicamente a PSA de Transporte Público bajo certificación AOC⁴, integrando el nivel de cumplimiento normativo, madurez del SMS y exposición al riesgo, con el fin de identificar brechas y generar índices de riesgo que apoye a la transición de la DGAC hacia una vigilancia más eficiente y focalizada. Este estudio mantiene un enfoque normativo y metodológico, basado en el análisis documental y comparativo de las Listas de Verificación (LV) actuales, sin intervención directa en los procesos operacionales de los PSA, ni acceso a los datos operacionales protegidos.

En coherencia con lo anterior, esta memoria busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo puede complementarse el modelo de vigilancia prescriptivo actual de la DGAC mediante un instrumento de evaluación basado en riesgo que incorpore la madurez del SMS de los operadores de transporte aéreo público, permitiendo identificar brechas y priorizar la fiscalización de manera más eficiente?

⁴ : LATAM Airlines, SKY, JetSMART y Aerovías DAP

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Justificación del tema

Chile, en materia de seguridad operacional, implementa un Plan de Vigilancia Continua (PVC), establecido bajo los lineamientos OACI (USOAP CMA), el cual aplica criterios uniformes de fiscalización, con independencia al perfil de riesgo que cada operador representa, generando una brecha estructural entre la intensidad de la vigilancia y la exposición operacional efectiva de cada PSA. En un sistema aeronáutico en expansión, esta homogeneidad produce dos efectos simultáneos y opuestos: la sobrevigilancia de operadores de bajo riesgo, que concentra recursos en actividades de menor impacto para la seguridad operacional, y la subvigilancia de los operadores de alto riesgo, cuya exposición solo activa una respuesta de fiscalización ante hallazgos, es decir, de manera reactiva. La presente sección desarrolla la evidencia que fundamenta por qué este problema es un punto de estudio importante para la seguridad aérea en Chile, y por qué requiere una solución metodológica que el sistema actual no provee.

Con la finalidad de ejemplificar esta limitación, considérese el siguiente ejemplo hipotético. Suponiendo dos PSA, que, al ser fiscalizados mediante la LV de Análisis de Brechas al SMS, obtienen un 85% de cumplimiento de la siguiente manera:

Tabla 1.1: Cumplimiento LV de Análisis de Brechas del SMS desagregado por operadores hipotéticos A y B

Componente DAN 19	Proveedor A		Proveedor B	
	Si	No	Si	No
Política y Objetivos	30/40	10/40	40/40	0/40
Gestión de Riesgos	21/21	0/21	10/21	11/21
Garantía de la Seguridad Operacional	38/38	0/38	33/38	5/38
Promoción de la Seguridad Operacional	3/9	6/9	9/9	0/9
Porcentaje total	92/108 (85,2%)	16/108 (14,8%)	92/108 (85,2%)	16/108 (14,8%)

(Fuente: Elaboración propia)

Bajo el modelo prescriptivo actual, ambos recibirían el mismo tratamiento fiscalizador, es decir, un ciclo de inspección estándar, con la misma frecuencia y profundidad, sin distinción alguna.

Sin embargo, el análisis de cumplimiento indica que la naturaleza de las no conformidades difiere radicalmente entre ellos. En el operador A, los hallazgos corresponden a deficiencias de carácter administrativo, dícese de falta de recurso

económico y/o de tiempo para el desarrollo del plan de implementación del SMS, o que no existe una publicación ni distribución de los objetivos de seguridad operacional, cuya ausencia no compromete la capacidad del operador de identificar peligros o gestionar riesgos en tiempo real. Mientras que el operador B, los hallazgos recaen directamente sobre el núcleo del SMS, como la falta de persona responsable de la ejecución y mantenimiento del SMS, o que el PSA no tiene procedimientos reactivos para la captura de información relevante a la seguridad operacional y la gestión del riesgo⁵. En otros términos, el operador B pierde temporalmente su capacidad de gestionar la seguridad operacional de forma proactiva.

Cabe destacar que la comparación hipotética de los operadores no considera dos proveedores de servicios idénticos, ya que, dada la naturaleza de sus operaciones, estos enfrentan un riesgo distinto. Continuando con el escenario planteado, se establece que el tamaño del Operador B es mayor en cantidad de operaciones que el Operador A, lo que resulta instintivo definir que el riesgo de exposición de ambos es completamente distinto.

Frente a esta problemática, esta memoria propone un modelo complementario al PVC que incorpora el riesgo como variable explícita dentro de la logística de las LV existentes. Este modelo no busca reemplazar las LV actuales ni el PVC, sino enriquecerlos a partir del cumplimiento observado en cada ítem de la lista, la integración de criterios de criticidad del hallazgo y madurez del SMS del operador para generar un índice de riesgo diferenciado.

Esta problemática no solo ocurre en el Estado chileno, sino a nivel global. Es por ello que la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) ha recomendado y promovido cambios que se adecúan a los tiempos modernos de la industria mediante los documentos rectores: Manual de Vigilancia de la Seguridad Operacional (Doc 9734), el Manual de observación continua (Doc 9735), y el Manual de la gestión de la Seguridad Operacional (Doc 9859) (ICAO, 2013; ICAO, 2018). Estos documentos motivan al desarrollo de modelos de fiscalización a empresas que ejecutan trabajos relacionados con la operación aérea, con metodologías más dinámicas y adaptadas al nivel de riesgo real que representa cada empresa, destacando la importancia de integrar datos y análisis de seguridad que permitan priorizar las actividades de supervisión, asignando recursos de forma eficiente, lo que permite lograr un Programa Estatal de Seguridad (SSP) más maduro y eficiente

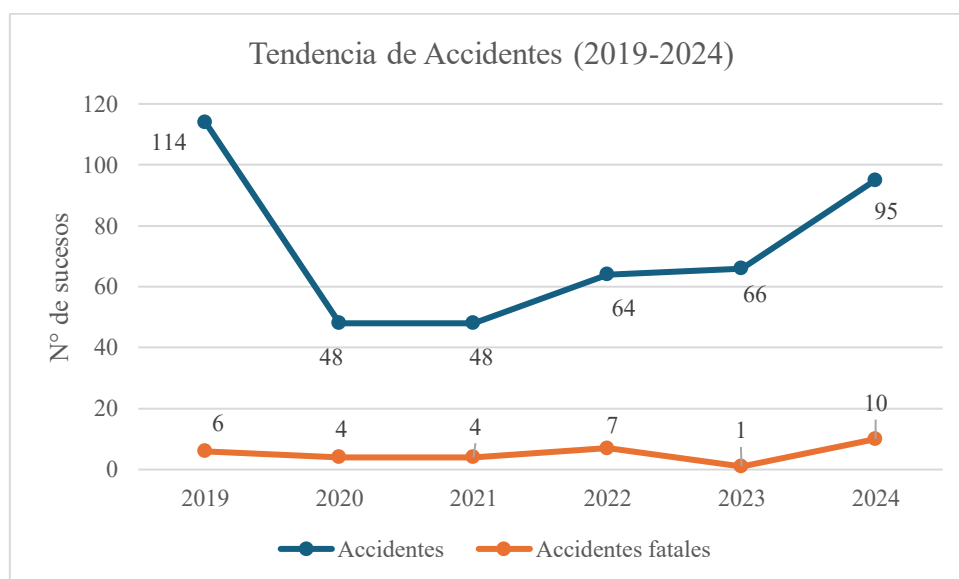
⁵ Estos criterios se encuentran en la Lista de Verificación de Análisis de Brechas de la DGAC.

(ICAO, 2018). Si bien la OACI no promueve un único modelo de fiscalización a implementar, sí establece como expectativa que el desarrollo de estos tenga un enfoque que evolucione de lo prescriptivo a metodologías que consideren riesgo y desempeño operacional (ICAO, 2013; ICAO, 2018).

Esta propuesta de la evolución de enfoque se relaciona directamente con el Plan Mundial de Seguridad Aérea (GASP) de la OACI, que tiene como objetivo fundamental reducir continuamente las muertes y riesgos de accidentes en la aviación comercial, hasta llegar al objetivo final: *Zero fatalities in commercial aviation operation by 2030 and beyond* (ICAO, 2019). Esta reducción se logra por una serie de acciones que recaen directamente en las categorías globales de alto riesgo (G-HRC)⁶.

Sin embargo, las publicaciones de la OACI en cuanto al número de accidentes indican:

Gráfico 1.1: Evolución de los accidentes y accidentes fatales de vuelos comerciales programados globales, de aeronaves de más de 5700 [Kg], 2019-2024.



(Fuente: OACI, 2025).

Este gráfico indica la cantidad de accidentes y accidentes fatales que han ocurrido en la industria a nivel global. Definiendo un aumento de accidentes en los años 2023 y 2024, siendo resultados con tendencia positiva, contrarrestando los objetivos del GASP.

En términos de tendencia general, el número total de accidentes ha aumentado desde el año 2020 y 2021, período en que la drástica reducción del tráfico aéreo global por la

⁶ Pérdida de control en vuelo (LOC-I), impacto controlado contra el terreno (CFIT), excursión de pista (RE), incursión en pista (RI) y colisión en vuelo (MAC).

pandemia del COVID-19 explica directamente la caída en los valores. A partir del 2022, con la normalización de las operaciones, los accidentes retoman una tendencia positiva, alcanzando los 95 sucesos el año 2024, lo que representa un aumento del 43,9% respecto al año anterior. En cuanto a los accidentes fatales, el año 2023 presenta el mejor desempeño histórico del segmento con solo 1 evento fatal, sin embargo, el año siguiente plasma un retroceso significativo con 10 accidentes fatales, incremento del 900% en un solo año, demostrando fragilidad en los avances y la volatilidad del indicador.

Sin embargo, interpretar esta tendencia exclusivamente a partir de valores absolutos tiene una limitación metodológica relevante: si el número de vuelos también aumentó, es esperable que los accidentes nominales suban, aunque la seguridad haya mejorado. Para una lectura más precisa, es necesario normalizar los accidentes por volumen de operaciones, lo que entrega la tasa de accidentabilidad por millón de vuelos:

Gráfico 1.2: Tasa global de accidentabilidad (accidentes por millón de vuelos) 2019-2024.



(Fuente: OACI, 2025)⁷.

El gráfico 2 presenta este indicador para el mismo segmento operacional. La tasa descendió desde 2,94 accidentes por millón de vuelos en 2019 hasta un mínimo histórico de 1,87 en 2023, representando una mejora real de 36,4% en eficiencia de seguridad durante ese periodo. Sin embargo, en 2024 la tasa alcanza 2,56 accidentes por millón de vuelos, disminuyendo el progreso acumulado en los cinco años anteriores y situándose

⁷ La tasa de accidentes está basada en vuelos comerciales programados de aviones de ala fija con un Peso Máximo de Despegue mayor a 5700 [Kg].

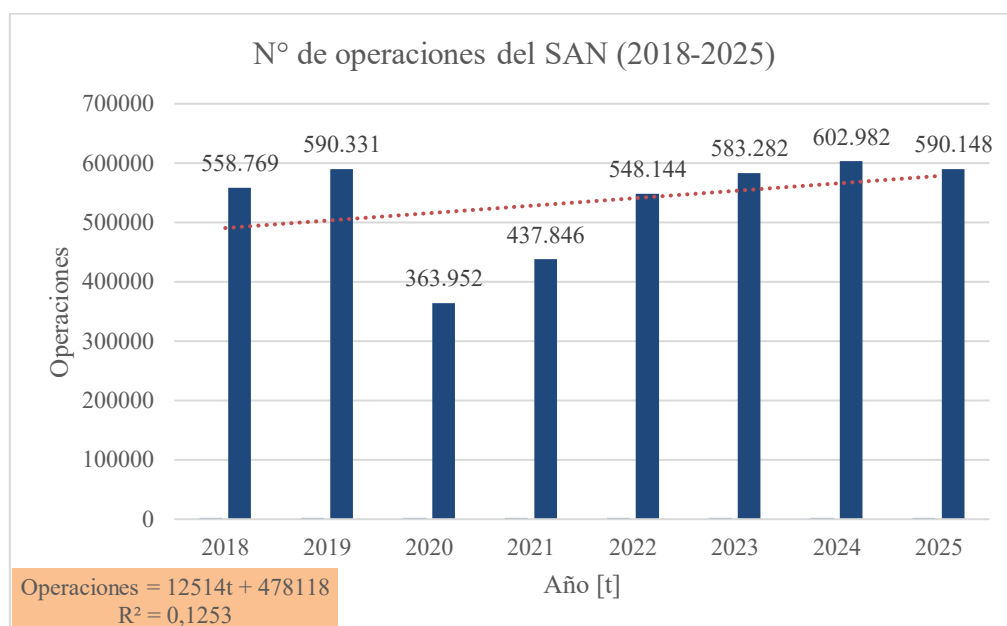
apenas un 12,9% por debajo del valor del 2019. Este retroceso es significativo dada su ocurrencia en contexto de crecimiento aeronáutico. Indicando que el aumento de accidentes en 2024 no es solo un efecto del aumento de operaciones, sino una degradación del desempeño de seguridad del sistema.

Ambos gráficos 1 y 2 convergen al mismo diagnóstico: el crecimiento sostenido del tráfico aéreo comercial global no ha sido acompañado de una mejora proporcional en la gestión del riesgo operacional. En este contexto, el objetivo del GASP se ve tensionada por la simultaneidad entre el crecimiento exponencial del tráfico aéreo y la exigencia de reducir las fatalidades a cero, demandando un esfuerzo intensificado de la comunidad aeronáutica internacional, el cual, según la tendencia actual, es insuficiente. Esta brecha no se resolverá intensificando inspecciones uniformes sobre un universo creciente de operadores, sino evolucionando hacia modelos de vigilancia que concentren los recursos donde el riesgo operacional es efectivamente mayor.

Chile no es ajeno a esta tendencia. El Sistema Aeronáutico Nacional (SAN) ha experimentado un crecimiento sostenido en operaciones y el número de PSA certificados, replicando a escala local la presión que el crecimiento global ejerce sobre los sistemas de vigilancia. Sin embargo, el modelo con el cual la DGAC responde a este escenario (PVC, descrito en el Manual del Inspector de Operaciones (MIO)) es basado en ciclos de inspección homogéneos para todo PSA, altamente independientemente de su complejidad, historial de seguridad y desempeño (DGAC, 2016). Un sistema que crece en diversidad y volumen, supervisado con el mismo instrumento prescriptivo para todos sus operadores (no solo PSA TP), enfrente inevitablemente las mismas limitaciones estructurales que la evidencia internacional ya ha documentado. Bajo esta premisa, la documentación disponible no evidencia un plan formal que diferencie la profundidad o prioridad de vigilancia según niveles de riesgo (ICAO, 2023; ICAO 2018).

En el ámbito del SAN, la industria ha experimentado un crecimiento sostenido durante la última década, ilustrado en el siguiente esquema:

Gráfico 1.3: Operaciones anuales del SAN.



(Fuente: DGAC, 2025).

El Gráfico 3, información rescatada de Cuentas Públicas de la DGAC, indica que el número total de operaciones de tráfico aéreo (comerciales y no comerciales) marca un valor mínimo en el año 2020, atribuible a la pandemia COVID-19 sobre el tráfico aéreo nacional e internacional. La recuperación sostenida y acelerada marca el aumento del 93% del nivel prepandémico, siendo 2024 el máximo histórico con 602.982 operaciones, representando el incremento del 37,7% respecto al mínimo alcanzado el 2020, y un 7,8% por sobre el nivel del 2019. El año 2025 muestra una leve contracción con respecto al año anterior, sin embargo, aún se posiciona como un máximo histórico del sistema, lo que sugiere una estabilización en niveles de alta actividad más que un retroceso estructural.

Este crecimiento operacional también se debe al aumento del parque aeronáutico nacional. Al año 2022, el registro nacional de aeronaves alcanzó 1.962 unidades, crecimiento anual del 12,5% en nuevas inscripciones (DGAC, 2021; 2022; 2023; 2024), reflejando una incorporación activa de nuevos operadores al sistema en todos los segmentos: transporte comercial, trabajos aéreos, CIACs, CMAs y explotadores RPAS.

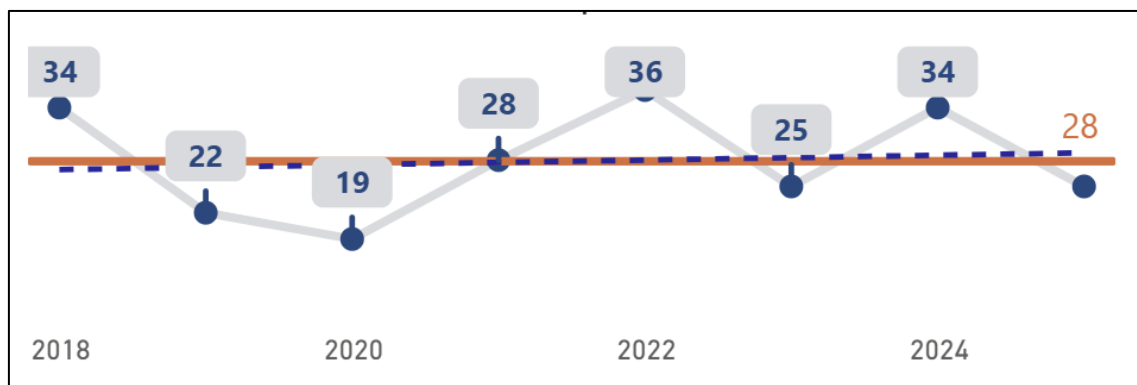
En este contexto, se evidencia un sistema en crecimiento de Proveedores de Servicios Aeronáuticos (PSA)⁸. Un sistema que para el año 2028 fiscalizaba un conjunto

⁸: Dícese de empresas de: transporte comercial, trabajos aéreos, centros de instrucción (CIACs), centros de mantenimiento (CMAs) y explotadores RPAS.

determinado, hoy se debe gestionar un universo significativamente mayor, con mayor densidad operacional, utilizando el mismo sistema de vigilancia prescriptiva y continua. La desagregación de estas operaciones por tipo de operador se presenta en el *Anexo A.1: “Operaciones anuales desglosada por tipo de operación”*, donde se evidencia que el crecimiento no es homogéneo entre segmentos, lo que refuerza la necesidad de un modelo de vigilancia que diferencie la intensidad de la fiscalización según el perfil de riesgo de cada operador.

La tendencia positiva al aumento de las operaciones se relaciona con la misma de los datos publicados por la DGAC bajo el Departamento de Prevención de Accidentes (PREVAC) de la DGAC:

Gráfico 1.4: incidentes graves y accidentes por año del SAN chileno.

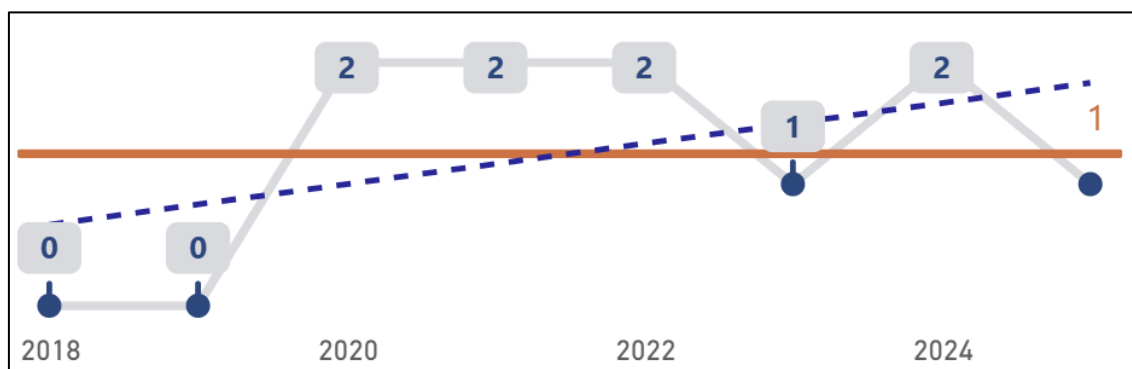


(Fuente: DGAC, 2025).

El gráfico muestra la evolución anual de los incidentes graves y accidentes a nivel nacional entre los años 2018-2025, evidenciando una pendiente positiva con fluctuaciones interanuales. Se observan descensos en el periodo 2019-2020 (COVID-19), seguido de un aumento sostenido hasta alcanzar un máximo en 2022, para luego presentar variaciones sin una reducción clara en los años más recientes. Este contexto indica que la ocurrencia de los eventos no ha logrado estabilizarse a la baja, manteniéndose en niveles variables, pero con inclinación ascendente. (Revisar *Anexo A.2: “Incidentes graves y accidentes del SAN chileno por tipo de operación”*).

Para los aviones con certificación MTOW mayor a 5700 [Kg] y 19 pasajeros, correspondientes a las aeronaves de transporte de pasajeros, se tiene:

Gráfico 1.5: Incidentes graves y accidentes de Aeronaves Transporte Aéreo Comercial Chile sobre 5700 [Kg] y 19 pasajeros.



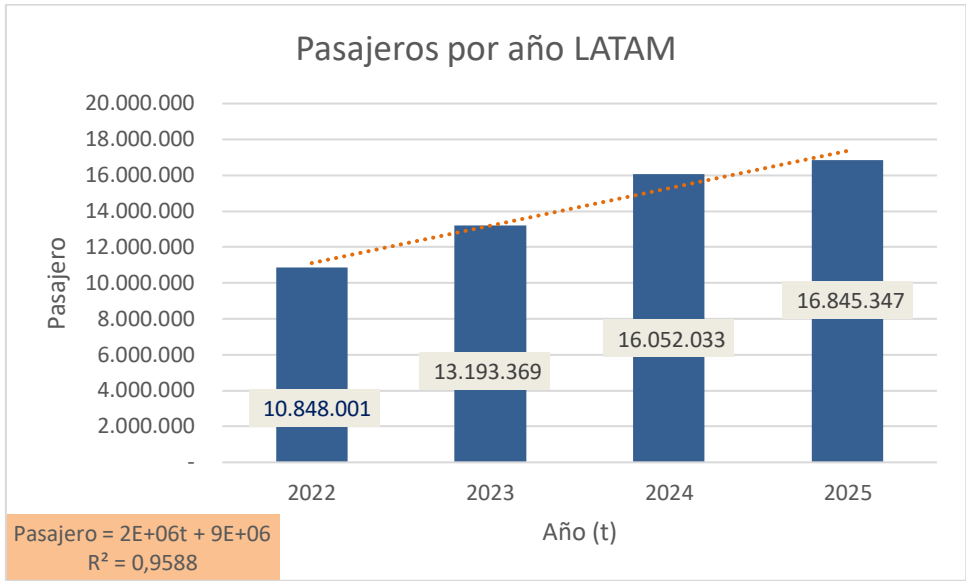
(Fuente: DGAC, 2026).

En el caso del transporte aéreo comercial nacional, el gráfico se presenta tendencialmente positivo, aunque con menor variabilidad en términos absolutos. Comenzando con 0 eventos el año 2018, se observa un incremento progresivo hasta alcanzar niveles más constantes. Para poner frente a este fenómeno, la planificación de la vigilancia de la seguridad es de vital importancia en la industria a nivel mundial (ICAO, 2013; ICAO, 2018).

En conjunto ambos gráficos permiten establecer que el aumento y recuperación del SAN no ha sido acompañado por una disminución de sucesos, ni a nivel general ni en el segmento de transporte aéreo comercial. En específico, las empresas de Transporte Público (TP), los cuales representan el 100% de cuota de mercado doméstico de transporte aéreo, los convierte en el principal foco de análisis para evaluar la eficacia del modelo de vigilancia estatal.

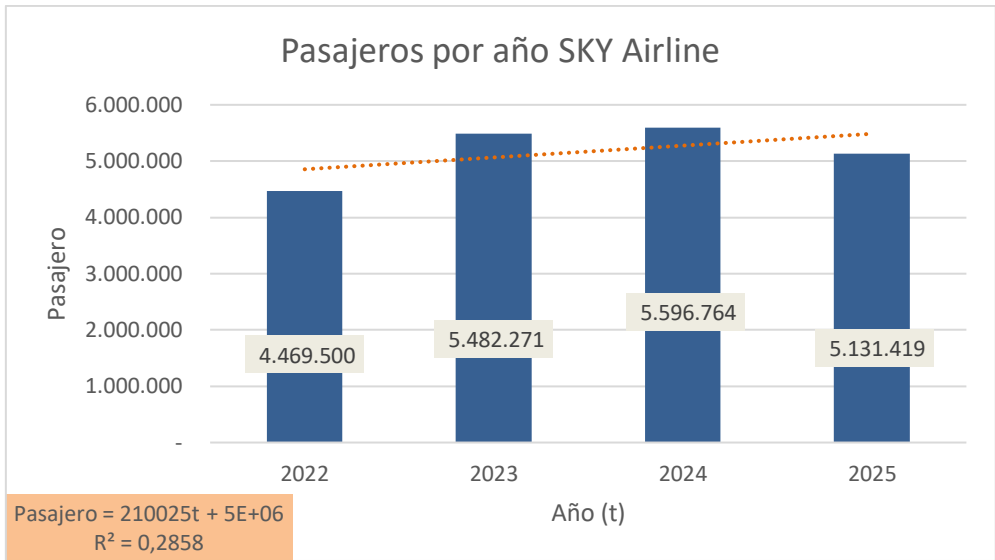
Según datos de la Junta de Aeronáutica Civil (JAC), para estos cuatro PSA TP se tiene:

Gráfico 1.6: Pasajeros por año LATAM Airlines (Chile + Group), 2022 - 2025



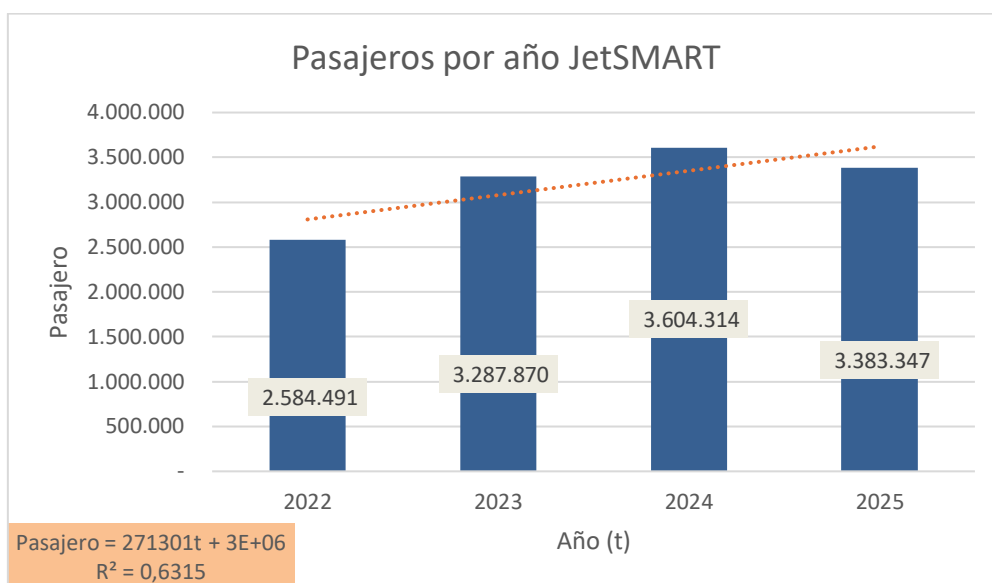
(Fuente: Elaboración propia).

Gráfico 1.7: Pasajeros por año SKY Airline, 2022 - 2025.



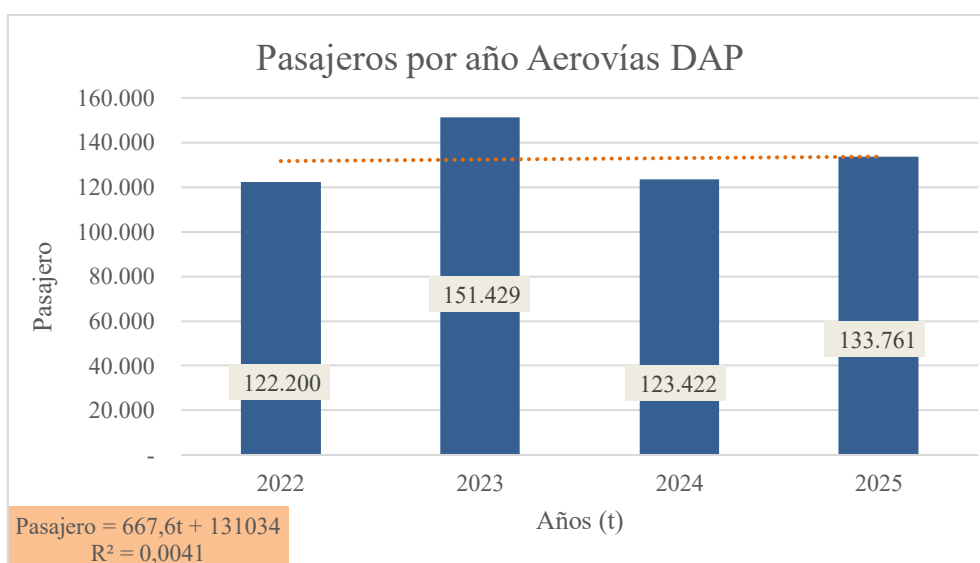
(Fuente: Elaboración propia).

Gráfico 1.8: Pasajeros por año JetSMART, 2022 - 2025.



(Fuente: Elaboración propia).

Gráfico 1.9: Pasajeros por año Aerovías DAP, 2022- 2025.



(Fuente: Elaboración propia).

Esta ilustración nos muestra el número de pasajeros transportados por los cuatro PSA TP con certificación AOC, evidenciando un fuerte crecimiento progresivo del sistema. En particular, las aerolíneas de mayor participación (LATAM y SKY) concentran los mayores volúmenes. Aerovías DAP, por su parte, mantiene una operación estable, pero de igual manera creciente. Cabe destacar que la línea de tendencia de los participantes en estudio se encuentra positiva en todos ellos. Evidenciando cambios en la estructura competitiva del mercado. La principal implicancia de estos datos es el aumento sostenido

de la exposición al riesgo operacional, medido a través de volumen de pasajeros transportados. A medida que el sistema crece y se densifica tanto en operaciones como diversidad de operadores y modelos de negocios, también lo hace la complejidad del entorno operacional.

En este contexto, un enfoque de vigilancia prescriptivo, basado en criterios uniformes, resulta limitado, ya que no logra distinguirse operadores con alta exposición al riesgo de aquellos con operaciones más estables o acotadas. La variabilidad observada en la demanda y en la participación de mercado refuerza la necesidad de una supervisión capaz de adaptarse a estas diferencias.

La ineficiencia recae en la normativa nacional. Por un lado, esta exige a operadores la identificación de peligros y evaluación de riesgos en el marco de su SMS, donde cada proveedor debe mantener y cumplir estándares que clasifican su nivel de madurez de su manual, establecido por la OACI en su Anexo 19, utilizada para orientar la vigilancia en función del nivel de riesgo y la efectividad del sistema. Este enfoque implica la transición de modelos dinámicos hacia la priorización en función del riesgo, donde Chile la reinventa y reintegra en su documento DAN 19 de la DGAC. Lo anterior genera una brecha estructural a partir de antecedentes técnicos con la autoridad, ya que se evidencia que las LV se presentan prescriptivas. Actualmente, y para la mejora continua de los SMS de los PSA, se aplica una LV que permite analizar las brechas entre lo que se tiene con lo que se quiere llegar. Esta lista evalúa los 4 componentes y 12 elementos del SMS, el cual es directamente proporcional al tamaño del PSA (Revisar *Anexo A.3: “Extracto de LV “análisis de Brechas SMS”*), y a la complejidad y magnitud de sus operaciones o actividades. Sin embargo, al ser completamente prescriptivas con preguntas de Sí/No, no hay evidencia del rol del riesgo en el hallazgo de inconsecuencias.

Un modelo que adecúe esta LV a tomar en consideración el riesgo, en cambio, incorporaría variables (como criticidad el hallazgo, madurez del SMS del PSA y/o su nivel de exposición operacional), que arrojarían un índice de riesgo que permita a la DGAC reorientar sus recursos de forma proporcional a la amenaza real que cada PSA representa para la seguridad operacional (ICAO, 2018; EASA, 2016).

Actualmente, el Modelo de madurez de la vigilancia es basado en Escala OACI/Evaluación de la Implementación del Programa Estatal de la Seguridad Operacional (SSPIA), donde, como dice su nombre, evalúa el nivel de madurez del SSP

del Estado en una escala del 0 a 4 (Prescriptivo, Reactivo, Proactivo y Predictivo). La Vigilancia Continua Basada en Riesgo (VCBR) corresponde a un nivel 3-4, cuya migración es gradual y requiere de condiciones previas. Sin embargo, la data actual posiciona al Estado chileno en el nivel 2, mostrándose reactivo ante eventos, sin el análisis sistemático del riesgo.

La presente memoria busca cubrir ese vacío mediante el diseño de un modelo de evaluación complementario al PVC, basado en el nivel de cumplimiento normativo y la madurez del SMS de los operadores de transporte público con certificación AOC, orientado a generar índices de riesgo diferenciados que apoyen una transición gradual hacia la Vigilancia Basada en Riesgo.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo General

Proponer un modelo de evaluación complementario al Plan de Vigilancia Continua de la DGAC, basado en el nivel de cumplimiento normativo, exposición operacional y probabilidad de falla de los Proveedores de Servicios Aeronáuticos de Transporte Público con certificación AOC en Chile, con el fin de generar índices de riesgo diferenciados que apoyen a una transición gradual hacia la Vigilancia Basada en Riesgo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar el funcionamiento del PVC, describiendo la estructura de sus LV y los criterios que determinan la intensidad y priorización de la fiscalización, con énfasis en su aplicación a los operadores de Transporte Público con certificación AOC.
- b) Identificar las brechas entre el modelo PVC y los principios del enfoque RBO, con énfasis en la ausencia de mecanismos que incorporen sistemáticamente la información del riesgo generada por los SMS de los operadores de Transporte Público con certificación AOC en Chile.
- c) Diseñar un modelo de evaluación complementario que integre el cumplimiento normativo, la madurez del SMS y criterios de exposición operacional aplicable a los principales Proveedores de Servicios Aeronáuticos de Transporte Público con certificación AOC.
- d) Caracterizar rangos de costos y tiempos de implementación del modelo de evaluación complementario propuesto, considerando variables como horas-inspector, frecuencia de aplicación diferenciada por el perfil de riesgo y optimización en la asignación de recursos de fiscalización respecto al modelo PVC actual, acotado a los operadores de Transporte Público con certificación AOC.

1.3 Metodología

El diseño metodológico es orientado a la creación de un modelo complementario al PVC mediante el análisis comparativo entre los modelos de vigilancia prescriptivo aplicado por la DGAC actualmente y los principios del enfoque RBO promovido por la OACI.

La recolección de datos se estructura a partir de fuentes secundarias y primarias, clasificadas de la siguiente manera:

Documentación e información institucional (nacional): Comprende el Manual del Inspector de Operaciones (MIO), Listas de Verificación aplicadas a los Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional, la Norma DAN 19, Volumen 1 de Seguridad Operacional y las cuentas públicas institucionales de la DGAC. Asimismo, se utilizaron datos estadísticos de la Junta Aeronáutica Civil (JAC) y del programa PREVAC de la DGAC para contextualizar el crecimiento del Sistema Aeronáutico Nacional (SAN) y fundamentar la urgencia del problema.

Lineamientos y Literatura nacional: involucrando documentos fundacionales de la OACI (Doc. 9734, Doc. 9735 y Doc. 9859), el documento guía “*Practices for Risk-Based Oversight*” de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), directrices del *Transport Canada Civil Aviation*”, el modelo de la *Civil Aviation Authority* del Reino Unido (UK CAA), y el Manual de Ejemplos para la Metodología RBS del Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRVSOP).

Fuentes Primarias Complementarias: Se consolidaron mediante la realización de reuniones técnicas periódicas y entrevistas semiestructuradas con funcionarios del Subdepartamento de Operaciones de la DGAC, complementadas con solicitudes formales de acceso a la información pública a través del Portal Transparencia.

El análisis se estructura en cinco pasos esenciales:

- 1) Análisis documental: Se examinó la normativa aeronáutica nacional e internacional con el fin de identificar los componentes constitutivos del modelo RBO. Se puso especial énfasis en los criterios que definen el perfil de riesgo de los Proveedores de Servicio Aeronáutico de Transporte Público (PSA TP) que operan en Chile, los mecanismos de priorización y el uso sistemático de la información emanada de sus SMS.

- 2) **Análisis GAP:** se aplicó un análisis de brechas para contrastar el modelo de vigilancia actual de la DGAC frente al estándar ideal RBO. Esta evaluación se estructuró bajo cuatro dimensiones críticas: normativa, operacional, tecnológica y de capacidad institucional.
- 3) **Diseño del Modelo de Evaluación:** Se formuló la estructura del modelo complementario, integrando de manera ponderada el cumplimiento tradicional de las listas de verificación con los criterios de madurez del SMS (enfoque PSOE) y los niveles de exposición operacional y probabilidad de falla de cada PSA TP. Esto permitió la construcción teórica de un índice de riesgo diferenciado.
- 4) **Desarrollo del Algoritmo de Priorización:** Se diseñó la matriz de decisión y la lógica matemática para cruzar el índice de riesgo con la complejidad del operador. Este paso permitió automatizar la determinación de la frecuencia, profundidad y asignación de recursos para las actividades de vigilancia continua.
- 5) **Caracterización económica y temporal de la implementación del modelo complementario** basado en capacitación y horas-inspector necesarias.

El procesamiento de la información se realizó mediante la triangulación analítica de textos normativos y el uso de herramientas de hojas de cálculo para la parametrización matemática de las matrices de riesgo. Las brechas cualitativas identificadas en el Análisis GAP se transformaron en los requisitos funcionales que dieron origen a los indicadores del nuevo modelo complementario de inspección.

1.4 Alcance

1.4.1 Delimitación operacional y sujetos de estudio

El alcance de este estudio es de tipo descriptivo, correlacional y propositivo, limitado al análisis documental y al diseño conceptual de un modelo de evaluación complementario al Plan de Vigilancia Continua (PVC) de la DGAC. Este modelo tiene por objetivo calcular y comparar el perfil de riesgo de los explotadores aéreos, permitiendo su

segregación relativa. La determinación de frecuencias e intensidad de inspección queda fuera del alcance de esta propuesta.

La investigación se acota exclusivamente a los cuatro operadores de Transporte Público (TP) con certificación de Operador Aéreo (AOC) vigentes en Chile: LATAM Airlines Chile, SKY Airline, JetSMART y Aerovías DAP.

La selección de este universo no fue arbitraria, sino que responde a cuatro criterios metodológicos que la justifican en el contexto del problema:

Estos cuatro operadores concentran el 100% del mercado doméstico regular y transportan a la totalidad de los pasajeros del sistema comercial en Chile (JAC, 2025), constituyendo el segmento de mayor relevancia para evaluar la eficiencia de la vigilancia estatal.

Los cuatro operadores se encuentran regulados bajo el mismo marco legal, son inspeccionados por el mismo Subdepartamento de Operaciones de la DGAC y son evaluados mediante la mismas LV de Análisis de Brechas del SMS e Inspección de Ruta IOA. Esta homogeneidad metodológica es indispensable para evitar variables de confusión que invalidarían el modelo.

Con base en las directrices de la OACI (2018), el enfoque RBO requiere que los proveedores cuenten con sistemas de gestión maduros que generen datos utilizables. Los operadores AOC de transporte público representan el nivel más alto de madurez en la implementación del SMS dentro del sistema aeronáutico chileno.

Dada su heterogeneidad de las operaciones, comprende la condición ideal para demostrar la capacidad discriminante del modelo propuesto. Mientras LATAM opera más de 2.100 registros de rutas anuales y transporta 16 millones de pasajeros, Aerovías DAP registra 323 rutas y transporta 123.000 pasajeros (JAC, 2025). Someter a operadores de escalas tan disímiles al mismo marco teórico permite validar si el modelo complementario logra ajustar la vigilancia de forma proporcional.

El caso específico de LATAM, este opera con dos AOC distinto (LATAM Airlines Chile y LATAM Airlines Group), sin embargo, para efectos del PVC, son tratados como parte del mismo operador dado que comparten la misma organización, el mismo SMS, el mismo Ejecutivo Responsable y la misma infraestructura de seguridad.

1.4.2 Declaración de supuestos.

Debido al carácter confidencial y de seguridad estratégica de los datos operacionales crudos gestionados por la DGAC y los SMS de los operadores, el presente estudio no utiliza datos reales protegidos. En su lugar, el desarrollo y testeo del modelo complementario se fundamenta en supuestos operativos y escenarios simulados basados en la literatura pública disponible, lo cual delimita el alcance de la propuesta a un nivel de diseño conceptual y funcional.

1.4.3 Delimitación temporal y documental

Los límites temporales del estudio se definieron bajo dos criterios:

Datos Estadísticos: Los datos utilizados para contextualizar el crecimiento del Sistema Aeronáutico Nacional (SAN) y la frecuencia de sucesos comprendieron el periodo consolidado entre 2018 y 2025, provenientes de las estadísticas de tráfico aéreo de la JAC y del programa PREVAC de la DGAC, segmentados para aeronaves comerciales sobre 5.700 kg y más de 19 pasajeros.

Marco Regulatorio: La normativa, circulares y documentación institucional analizada correspondieron estrictamente a las versiones vigentes al periodo de desarrollo de esta memoria (2026).

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Organismos internacionales frente a la Vigilancia Basada en Riesgo.

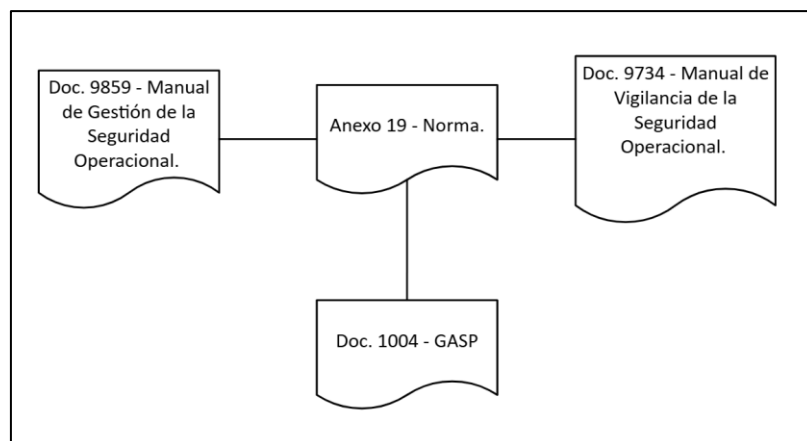
La aviación civil es considerada un sector estratégico del transporte global, caracterizado por su alta interdependencia internacional, cuyo rol es esencial en la globalización para mantener estándares comunes de seguridad operacional. Es por ello que existen varios puntos de vista para un mismo objetivo, avanzar a sistemas de vigilancia eficaces que aumenten la seguridad operacional.

International Civil Aviation Organization (OACI):

La OACI, organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), establece que la vigilancia de la seguridad operacional es una obligación del Estado según el Convenio de Chicago de 1944, que establece la obligación de cada Estado de supervisar que las actividades aeronáuticas se realicen conforme a los estándares internacionales.

La transición a un enfoque basado en riesgo responde a una estrategia global y sistemática plasmada en su cuerpo documental:

Ilustración 2.1: Esquema relacional documental OACI.



(Fuente: Elaboración propia).

El Anexo 19 actúa como base normativa, mientras que los documentos Doc. 9859, Doc. 9734 y el Doc. 10004 aportan orientación técnica, vigilancia y alineación estratégica.

Bajo esta lógica, la OACI define las obligaciones a los Estados a través del Doc. 9734 “Manual de la Vigilancia de la Seguridad Operacional”, el cual la describe como “...la

función mediante la cual los Estados aseguran el cumplimiento fielmente [...] de las normas y métodos recomendados (SARPs)...”.

Para que la vigilancia sea efectiva, el Doc. 9859 “Manual de Gestión de la Seguridad Operacional” aterriza los conceptos operativos tanto del Programa Estatal de la Seguridad Estatal (SSP) como de los Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS). Aquí se entregan las herramientas (como las matrices de riesgo) indispensables para evaluar la madurez de los operadores bajo criterios estandarizados. *(Revisar Anexo B.1: “Extracto del Doc. 9859”).*

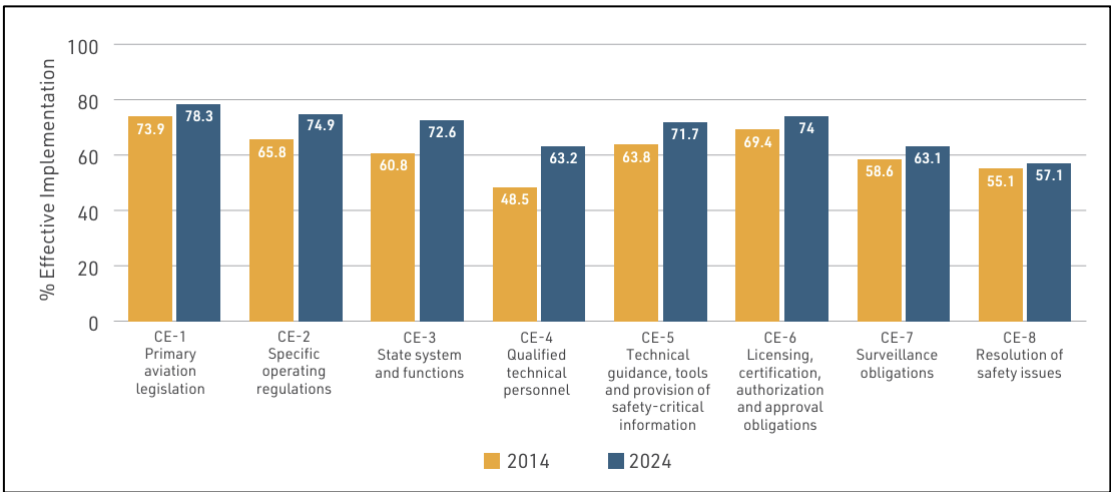
Universal Safety Oversight Audit Programme Continuous Monitoring Manual (USOAP CMA):

El USOAP CMA es el programa de la OACI diseñado para monitorear continuamente la seguridad operacional de sus Estados miembros. Este permite una vigilancia constante y dinámica de la capacidad de supervisión de seguridad de cada Estado.

Esta auditoría calcula el porcentaje de Implementación Efectiva (IE) basándose en la capacidad del Estado para cumplir con las Preguntas de Protocolo (PQs) que evalúan los ocho Elementos Críticos (CEs) y distintas áreas de un sistema de vigilancia de la seguridad operacional.

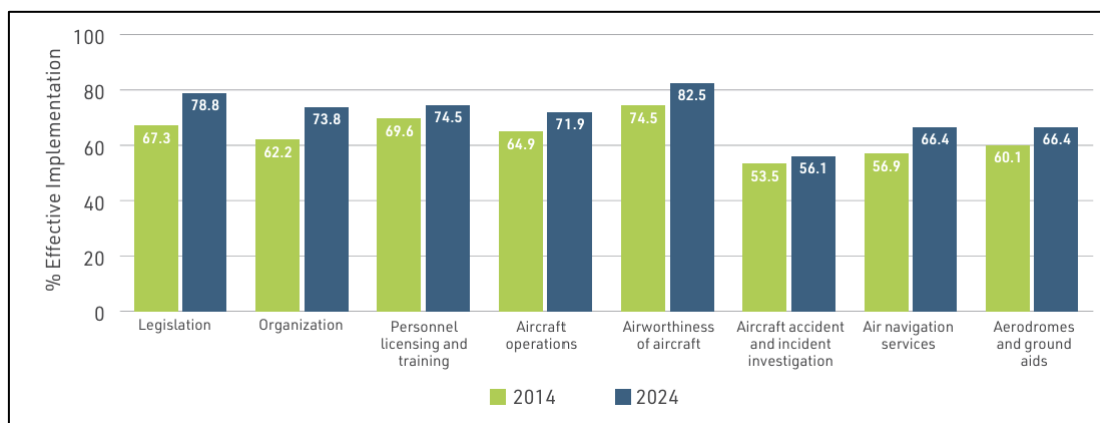
De manera global, para el rango de tiempo 2022-2024, se han obtenido los siguientes resultados generales:

Gráfico 2.1: Implementación efectiva de los elementos críticos (inglés)



(Fuente: USOAP CMA report 2022-2024, 2025, OACI)

Gráfico 2.2: Porcentaje de implementación por área auditada (inglés).



(Fuente: USOAP CMA report 2022-2024, 2025, OACI)

Ambos gráficos ilustran el proceso global de la capacidad de supervisión de la seguridad operacional de los años 2014-2024, evidenciando una tendencia general de fortalecimiento en los sistemas estatales. Los datos demuestran que, si bien los Estados han logrado avances significativos en la consolidación de marcos legislativos y reglamentario (CE-1 y CE-2), persisten desafíos críticos en la ejecución de la vigilancia técnica, tales como la retención de personal calificado (CE-4) y a eficacia en la resolución de problemas de seguridad (CE-8).

Sin embargo, pese a los resultados del USOAP CMA, la Nota de Estudio “A41-WP/314” presentada en la 41ª Asamblea de la OACI en 2022, representa el consenso internacional de estandarizar la RBO, ratificando la orientación técnica del Doc. 9858 (Manual de Gestión de la Seguridad Operacional) sobre la necesidad de evolucionar hacia sistemas de vigilancia más dinámicos. Entre sus puntos clave para el desarrollo de nuevos modelos de inspección se encuentran:

- La ineficiencia del modelo continuo de plazo fijo, dado que malgasta recursos estatales y no garantiza una reducción del riesgo.
- Uso de datos para la toma de decisiones, el cual propone que las herramientas de vigilancia, como las LV, deben nutrirse de datos para priorizar las áreas críticas de seguridad y perfiles de riesgo.

- Desarrollo de metodologías de evaluación, instando a los Estados a crear metodologías que permitan cuantificar el nivel de riesgo de los proveedores, justificando la creación de modelos complementarios a las normativas vigentes.

Estas metas refuerzan la necesidad de que los Estados evolucionen sus herramientas de vigilancia hacia modelos basados en riesgo para alcanzar los niveles de desempeño exigidos globalmente.

Si bien no hay estadística de OACI que permita conocer la cantidad de Estados que han desarrollado un enfoque basado en riesgo, la OACI determina que los beneficios de adoptar este enfoque son:

- a) Determinar la priorización de la inspección y encuestas a aquellas áreas que más lo necesitan, aportando en la implementación efectiva de los programas de vigilancia estatal.
- b) Identificar y analizar riesgos de seguridad comunes que afectan a varios proveedores de servicio de operación similar.
- c) Hacer cambios regulatorios específicos basados en el desempeño de los proveedores de servicio
- d) Garantizar que los proveedores de servicios aeronáuticos monitoreen y analicen los datos de seguridad operacional para identificar tendencias y tomar las medidas apropiadas cuando sea necesario.
- e) Revisar y monitorear los indicadores de rendimiento de seguridad operacional (SPI), objetivos y niveles de alerta para cada proveedor de servicios individual, cuando corresponda;
- f) Facilitar y promover el intercambio de información de seguridad operacional entre los proveedores de servicios y otros sectores del sistema de aviación civil del Estado;
- g) Utilizar la información relacionada con el rendimiento de seguridad operacional de sus proveedores de servicios para respaldar el monitoreo del rendimiento de seguridad operacional del Estado.
- h) Determinar la eficacia de los procesos de identificación de peligros y de evaluación y mitigación de riesgos por parte de los proveedores de servicios.
- i) Asignar los recursos de manera más eficiente para priorizar las actividades de vigilancia continua en aquellos proveedores de servicios que generan o están expuestos a niveles de riesgo aceptables o inaceptables.

Diversas autoridades avanzadas ya han adoptado este enfoque, entre ellas Singapur, Reino Unido, Nueva Zelanda, Australia, Canadá, etc., con historial de implementación exitoso, de los cuales se especificará, más adelante, en el apartado 2.2.1 *Casos de Estados que implementan RBO*.

European Union Aviation Safety Agency (EASA):

El reglamento normativo base donde se desarrolla y regula la aviación europea es denominado “Reglamento (UE) 2018/1139”. Dentro de este, se establecen las normas comunes de aviación civil y crea oficialmente la denominada Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (EASA). Dentro de este marco regulatorio, específicamente en el artículo 4, indica que las medidas adoptadas deben basarse en las mejores evidencias disponibles, análisis del riesgo, requisitos basados en el desempeño (*Performance-Based Oversight* (PBO)) y objetivos de seguridad operacional:

“Al adoptar medidas en virtud del presente Reglamento, la Comisión, la Agencia y los Estados miembros deberán:

- a) reflejar el estado actual de la técnica y las mejores prácticas en materia de aviación.*
- b) basarse en los mejores análisis y pruebas disponibles.*
- c) permitir la reacción inmediata, una vez establecidas las causas de accidentes. [...]”*

(Extracto Reglamento 2018/1139 UE)

De los literales enunciados, el literal b) constituye el fomento normativo directo del RBO dentro del Reglamento de Base, al establecer que las decisiones regulatorias deben sustentarse en evidencia analítica y no exclusivamente en parámetros prescriptivos fijos. Este principio es operacionalizado por la EASA a través de su documento técnico “*Practices for Risk-based Oversight*” y las disposiciones del Reglamento (UE) 965/2012 sobre operaciones aéreas.”, publicado en su primera edición el 22 de noviembre de 2016. Documento elaborado a partir de 13 Estados europeos que acordaron compartir su experiencia, además de intercambios con la FAA. Destaca la relación entre el RBO y el sistema de gestión de seguridad, la gestión del cambio, el desempeño general de la organización y el ciclo de supervisión, y puede ser utilizado como guía para las autoridades que deben implementar el RBO.

En este contexto de transformación del perfil fiscalizador, la Recomendación 9 del documento institucional de la EASA establece un pilar fundamental para el éxito del modelo: la obligatoriedad de proveer capacitación inicial y continua, junto con herramientas de acompañamiento técnico (*coaching*), al cuerpo de inspectores estatales. La agencia europea reconoce que la migración hacia la RBO exige un profundo cambio cultural en la interacción con el regulado, instruyendo que el entrenamiento debe estandarizar el uso del juicio experto de los funcionarios, especialmente en escenarios complejos donde el desempeño objetivo de seguridad analizado mediante datos se entrelaza con el "olfato técnico" (*gut feeling*) derivado de la experiencia en terreno del inspector.

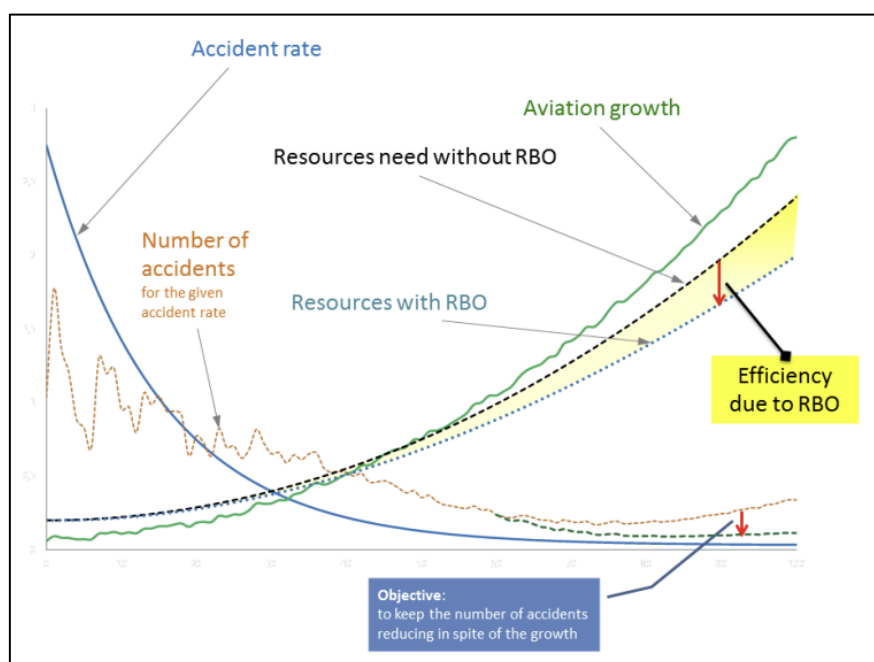
La EASA describe también, que la necesidad de la implementación de un modelo basado en riesgo se debe a distintos niveles en el Sistema de Aviación Europeo:

Nivel político: En son del “*Flightpath 2050 Europe’s Vision*” establece la meta para ese mismo año sobre la tasa de accidentabilidad de los vuelos comerciales a menos de 1 suceso por 10 millones de vuelos. (EASA, 2016).

Nivel de recursos del personal: La introducción de este enfoque permite utilizar de manera eficiente los recursos del Estado, permitiendo flexibilidad a las autoridades para asignar a su personal, sin confundirse con la disminución de personal dado el aumento sostenido de la aviación.

El siguiente esquema representa los beneficios de la implementación del RBO:

Ilustración 2.2: Beneficios de implementación del enfoque RBO.



(Fuente: EASA, 2018).

Esta figura explica que la implementación de RBO, el número de accidentes, si bien no llega a cero, se mantiene en números bajos aún con un sistema de aviación en constante aumento, optimizando el uso de recursos que, a su vez, aumenta la eficiencia del sistema en general.

Gestión de Seguridad: A nivel de Estado, el RBO proporciona un mecanismo que identifica los peligros de mejor manera, midiendo los riesgos asociados, junto con la mitigación efectiva de estos mismos.

En su documento “*Practices for Risk-based Oversight*” se plasma la base de experiencias exitosa de implementar RBO de múltiples autoridades aeronáuticas europeas, las cuales de especificarán algunas en el apartado 2.1.2 *Casos de Estados que aplican RBO*.

International Air Transport Association (IATA)

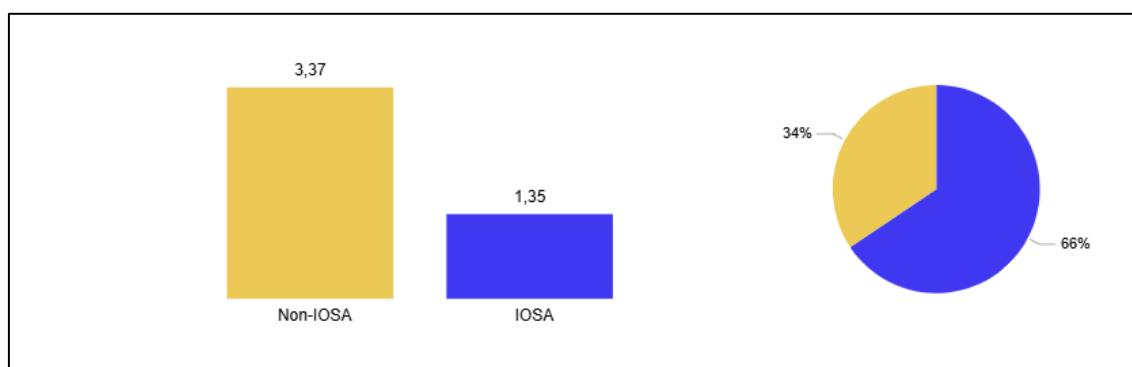
La IATA es la asociación gremial de la industria del transporte aéreo comercial. A diferencia de la OACI, la EASA o las autoridades nacionales de aviación civil, IATA no es un organismo regulador estatal sino una asociación de industria cuya sede principal se encuentra en Montreal, Canadá. Sin embargo, su rol en materia de vigilancia basada en riesgo es complementario al de las autoridades estatales y se fundamenta en los estándares

globales establecidos por la OACI: mientras estas ejercen la supervisión regulatoria, IATA desarrolla estándares de auditoría, herramientas de gestión de datos y programas de certificación voluntaria que los operadores adoptan para demostrar madurez en la gestión de la seguridad.

El instrumento central de la IATA en materia de gestión de seguridad es el *IATA Operational Safety Audit* (IOSA), un sistema de auditoría aceptado internacionalmente que evalúa los sistemas de gestión y control de las aerolíneas. En la actualidad, este sistema atraviesa una fase de evolución crítica: según WTW⁹ (2024), se proyecta que la auditoría IOSA basada en riesgo (*Risk-based IOSA*) esté completamente implementada hacia 2025. Durante este período de transición, coexisten las auditorías tradicionales de cumplimiento con las evaluaciones basadas en riesgo, aprovechando que la industria aeronáutica ha sido históricamente proactiva en la recopilación de datos, elementos que constituyen la piedra angular de la Vigilancia Basada en el Desempeño (RBO).

IATA publica anualmente una comparación entre aerolíneas con certificación IOSA y aerolíneas sin ella, que demuestra que las primeras mantienen una tasa de accidentabilidad históricamente significativamente menor:

Gráfico 2.3: Tasa de accidentabilidad de aerolíneas auditadas por IOSA vs NO-IOSA (2005-2025).



(Fuente: IATA, 2026).

Mientras que la tasa de accidentabilidad de los operadores con auditoría IOSA alcanza los 1,35 sucesos por millón de vuelos, la accidentabilidad de las aerolíneas sin auditoría IOSA se incrementa a 3,37 accidentes por millón de operaciones. Esta brecha de seguridad se mantiene a lo largo de los años siempre a favor de las aerolíneas certificadas

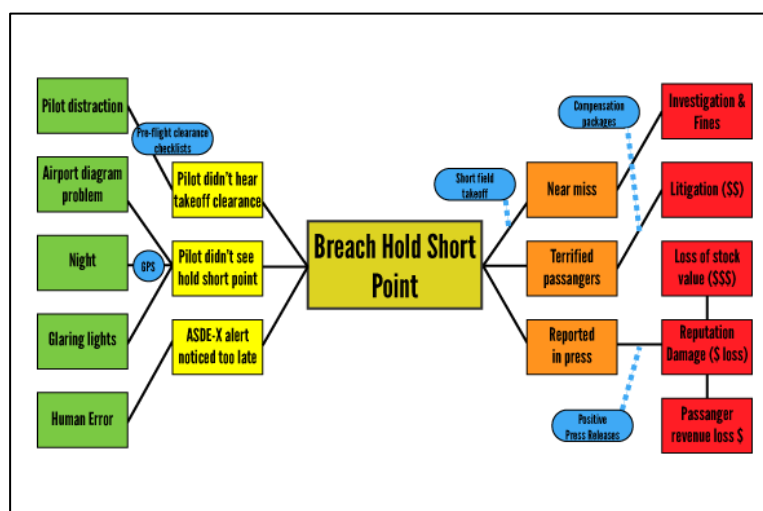
⁹ Willis Towers Watson: empresa global líder en corretaje de seguros, asesoramiento y soluciones de gestión de riesgos.

bajo el programa IOSA. Lo que demuestra empíricamente que la adhesión a un estándar de seguridad robusto y auditado de manera continua actúa como una barrera de defensa efectiva.

Basic Aviation Risk Standard (BARS):

El programa BARS establece explícitamente que utiliza un modelo basado en riesgo estructurado en torno a las amenazas reales a las operaciones de aviación, vinculándolas a los controles, medidas de recuperación y mitigación asociados, el cual se puede visualizar gráficamente como el análisis de “Nudo de corbata”:

Ilustración 2.3: Ejemplo ilustrado de Análisis “Bow-tie” aplicado en modelo BARS.



(Fuente: “How to Do Bowtie Analysis in Aviation SMS Programs”, 2021).

Está basado en principios comprobados de seguridad aeronáutica, adaptados a las necesidades del sector de recursos y sectores afines.

En el contexto BARS, estos controles corresponden a las siete categorías de mayor riesgo en aviación industrial: impacto controlado contra el terreno (CFIT), pérdida de control en vuelo, excursión de pista, falla de componente crítico, colisión en el aire, supervivencia post-accidente y operaciones en tierra.

El principio subyacente es la diferenciación entre ítems de cumplimiento administrativo e ítems de criticidad operacional. Bajo este principio, el incumplimiento de un Control Crítico tiene consecuencias regulatorias inmediatas y distintas al incumplimiento de un ítem administrativo, aun cuando ambos aparezcan en la misma lista de verificación.

El modelo BARS clasifica a los operadores en tres niveles de madurez que determinan su estatus de certificación y, con ello, su elegibilidad para ser contratados por las empresas suscritas al programa. El nivel Blanco corresponde a operadores que cumplen los requisitos básicos para operar. El nivel Plata corresponde a operadores que han mantenido el estándar de forma consistente durante al menos dos años. El nivel Oro corresponde a operadores con historial de desempeño impecable y madurez demostrada en la gestión de riesgos.

En los tres casos, el nivel de madurez del operador (SMS) determina la intensidad de la supervisión o la elegibilidad para operar, constituyendo una operacionalización del principio RBO de diferenciación proporcional al riesgo.

El modelo BARS opera mediante un ciclo de retroalimentación continuo en el que los resultados de cada auditoría alimentan la plataforma *BARS Cloud*, actualizando el perfil de riesgo del operador en tiempo real. Este ciclo permite que la clasificación del operador sea dinámica: una mejora verificada en un control crítico reduce el perfil de riesgo registrado, mientras que un hallazgo nuevo lo eleva, independientemente del historial previo. Este principio de actualización continua del perfil de riesgo es consistente con el componente de retroalimentación dinámica del modelo RBO descrito por la OACI en el Doc. 9859 y por la EASA en su documento de 2016.

Respecto a la estructura del modelo de riesgo, el programa consta de cuatro elementos clave: un estándar basado en riesgo, el programa de auditoría, la formación y el análisis de datos. Las amenazas son identificadas a partir de eventos históricos en el sector de aviación contratada y el entorno operacional asociado.

Un ejemplo crítico de la especificidad y madurez de este enfoque se encuentra en su Manual de Operaciones *Offshore*. Este documento técnico está diseñado para normar y mitigar los riesgos inherentes a las operaciones de ala rotatoria en plataformas marítimas y petroleras.

Respecto a la independencia del proceso, el programa BARS constituye el primer proceso de auditoría independiente y con control de calidad para el sector de recursos. Ni las empresas contratantes ni los operadores aéreos pueden influir en el resultado de las auditorías, garantizando la imparcialidad del proceso de evaluación de riesgo.

En octubre del año 2024, la *Flight Safety Foundation* informó que el programa BARS llegó a su auditoría número 1500, con 1407 auditorías realizadas a operadores aéreos, 93 auditorías realizadas a RPAS/Drones, con operadores provenientes de 55 países.

Algunas empresas chilenas cuya información sobre su acreditación BARS de alcance público son:

- Aerocardal: línea aérea de chárters y vuelos corporativos.
- Rotortec: Especialistas en trabajos aéreos con helicópteros y logística minera.
- Aerovías DAP: línea aérea con amplia presencia de conectividad y operaciones en contratos especiales del sector industrial y extremo.
- Ecocopter: Operador de helicópteros de alta montaña orientado a servicios mineros y de alta complejidad.

2.1.2 Casos de Estados que implementan vigilancia basada en riesgo.

Canadá (TCCA).

Los principios de la RBS en Canadá se presentan en su documento normativo *TP 15462 State Safety Program* (SSP), edición 2021, donde se especifica que “las actividades son priorizadas en un alcance basado en riesgo, donde luego son planificadas e implementadas en una perspectiva de 5 años.”. (TCCA, 2021).

La autoridad competente es *Transport Canada Civil Aviation* (TCCA), que opera bajo el *Aeronautics Act*. La TCCA ejerce su programa de supervisión de seguridad a través de actividades de vigilancia del sistema de aviación, y el *Canadian Aviation Regulation Advisory Council* (CARAC), creado por TCCA, es el mecanismo mediante el cual se evalúan y recomiendan cambios potenciales a las *Canadian Aviation Regulations* (CARs, Edición 2025) a través de actividades de elaboración normativa cooperativa.

Canadá fue el primer Estado en presentar formalmente ante la OACI los principios del RBO. En el Working Paper A38-WP/365 presentado ante la 38ª Asamblea de la OACI, Canadá argumenta que con la introducción de los SMS y SSP, los reguladores se ven obligados a considerar el uso de un enfoque basado en riesgo para las actividades de vigilancia, y que el crecimiento de la industria aeronáutica y el aumento en paralelo en la demanda de recursos que enfrentan los reguladores requieren de un enfoque alternativo al método tradicional de frecuencia fija de supervisión:

Tabla 2.1: Programa de Validación de Inspecciones (PVI) del TCCA.

IMPACT VALUE	Extensive	E	1E	2E	3E	4E	5E
	High	D	1D	2D	3D	4D	5D
	Moderate	C	1C	2C	3C	4C	5C
	Low	B	1B	2B	3B	4B	5B
	Negligible	A	1A	2A	3A	4A	5A
			1	2	3	4	5
			Very Low	Low	Moderate	High	Very High
			RISK INDICATOR LEVEL				

(Fuente: TCCA, 2013)

Tabla 2.2: Intervalo de vigilancia.

SIM Value	Surveillance Interval	
	Non-SMS Enterprise	SMS Enterprise
1A, 1B, 1C, 2A, 2B	5 year PVI	5 year Assessment
1D, 1E, 2C, 2D, 2E, 3A, 3B	4 year PVI	4 year Assessment
3C, 3D, 3E, 4A, 4B, 5A, 5B	3 year PVI	3 year PVI, 5 year Assessment
4C, 4D, 4E, 5C	2 year PVI	2 year PVI, 4 year assessment
5D, 5E	1 year PVI	1 year PVI, 3 year assessment

(Fuente: TCCA, 2013)

El diseño operacional de la TCCA no realizó una adopción literal de los métodos estandarizados de la OACI, sino les dio una vuelta a las directrices internacionales para adaptarlas a la compleja realidad de su mercado legal. La TCCA planifica que empresas de aviación inspeccionar evaluando el riesgo de manera comparativa. Las empresas se agrupan según su tipo de certificado más alto para comparar, homologar y contrastar sus indicadores de riesgo de seguridad bajo criterios de equidad operacional. Si una empresa tiene indicadores de alto riesgo en comparación con sus pares, se la agrega al Plan Nacional de Supervisión (NSP). La nueva metodología asigna recursos basándose en el perfil de riesgo de aviación civil para áreas de preocupación, mejorando los perfiles de riesgo para tomar en cuenta los riesgos inherentes a las operaciones, el desempeño de seguridad y los resultados de inspecciones previas.

Ilustración 2.4: Actividades de consulta de los operadores del modelo canadiense.



(TCCA, 2024).

El modelo canadiense incorporó variables de contexto sumamente particulares, tales como las operaciones en climas extremos y alta densidad de operadores pequeños. Al ponderar el tamaño del proveedor y su entorno geográfico junto con la madurez de su SMS, Canadá logró transitar desde una fiscalización de cumplimiento hacia un ecosistema predictivo, demostrando que la flexibilidad metodológica es clave para la viabilidad del RBO en territorios geográficamente disímiles.

La literatura técnica indica que sus inspecciones no son cíclicas ni generales. Actualmente el 85% de su capacidad operativa de inspección se destina exclusivamente a monitorear variables de riesgo específico.

La implementación de este enfoque permitió optimizar la asignación de recursos de inspección mediante la priorización de actividades de supervisión hacia operadores y áreas de mayor exposición operacional:

Tabla 2.3: Civil Aviation Planned Risk-Based Safety Management Systems/ Security Management Systems (SMS/SeMS) Oversight Activities.

Administrative region		All administrative regions ³					
Status		Completed inspections ¹¹					
Program	Activity	Q1 2024	Q2 2024	Q3 2024	Q4 2024	Q1 2025	Q2 2025
Civil Aviation (CivAv)	Planned Risk-Based Safety Management Systems/ Security Management Systems (SMS/SeMS) Oversight Activities ^{12, 13, 14}	123	111	115	119	84	102

(Fuente: Government of Canada, 2025)

Esa variabilidad de volumen de inspección confirma que el Plan Nacional de Supervisión canadiense posee una alta capacidad de detección selectiva, es decir, al dirigir a los inspectores exclusivamente hacia los operadores de mayor perfil de riesgo, el sistema optimiza las horas-inspector invertidas, maximizando los hallazgos críticos por las inspecciones de rutina.

Reino Unido (UK CAA).

La principal legislación primaria de seguridad doméstica del Reino Unido es la *Civil Aviation Act* (1982), que habilita la legislación secundaria a través del *Air Navigation Order 2016* (ANO). Este país incorporó la RBO dentro de su SSP como un mecanismo de fortalecimiento de la supervisión de la Seguridad operacional.

Las *Aviation Safety (Amendment) Regulations* (2023) establecen que el programa de supervisión de la CAA debe tomar en cuenta la naturaleza específica de la organización, la complejidad de sus actividades y los resultados de actividades pasadas de certificación y supervisión, y debe basarse en la evaluación de los riesgos asociados. El documento más reciente de la UK CAA es el CAP 2386: *Risk Based Oversight White Paper*, en el cual se explica como la CAA define y mide la complejidad de una entidad aeronáutica y como utiliza los datos de rendimiento para dirigir la actividad regulatoria.

Tras su salida de la Union Europea, UK CAA desarrolló instrumentos propios de evaluación de SMS análogos al MSAT, manteniendo la misma lógica de evaluación por niveles de madurez. Para categorizar el perfil del proveedor, la UK CAA utiliza una herramienta llamada “*Entity Performance Tool*” (EPT), el cual toma:

- El riesgo intrínseco del proveedor según tamaño de flota, tipo de operaciones, rutas, entorno, etc.
- El rendimiento, es decir, no solo miran si se cumple la ley, sino que tan bien funciona su SMS.
- *Safety Risk Conversations*, que son reuniones internas de la CAA donde inspectores de distintas áreas (operaciones, mantenimiento, licencias) cruzan datos para formar una visión única del riesgo de la empresa.

El modelo de la UK CAA opera mediante la regla de la Regulación Basada en el Desempeño (PBR). El ciclo de planificación de la supervisión operacional comienza desde los 12 meses, si la organización ha demostrado que puede identificar eficazmente los peligros de seguridad (madurez del SMS) y gestionar los riesgos asociados, este ciclo de fiscalización se extiende hasta 24 meses, sin embargo, una auditoría anual sigue tomando lugar. (*UK Civil Aviation Authority, 2025*).

De acuerdo con las buenas prácticas recopiladas por la EASA, la implementación de este enfoque requirió el fortalecimiento de las competencias de los inspectores y modificar la planificación de las actividades de vigilancia, orientándolas al desempeño y el perfil de riesgo de las organizaciones.

El *Annual Safety Report* (CAP3146) del año 2024 indica que el CAA recibió cerca de 60.000 reportes de sucesos de seguridad, donde 259 fueron categorizados como accidente o incidente grave. En comparación al año anterior (2023), la cantidad de reportes aumentó en un 26%, lo que significa que se está enriqueciendo la cultura justa del reporte. De estos reportes, aproximadamente el 80% de estos sucesos involucraron aviación general, y todos los accidentes fatales ocurrieron en este mismo segmento (*UK Civil Aviation Authority, 2025*).

Por otro lado, en 2024, el sector de aviación comercial del Reino Unido transportó más de 128 millones de pasajeros en más de 880.000 vuelos, registrando 4 accidentes y 18 incidentes graves (sin fatalidades). A la par, el porcentaje de Implementación Efectiva en

el USOAP CMA de la OACI alcanza el 92%, posicionándolo como una de las autoridades con mayor madurez regulatoria a nivel mundial.

El UK NASP (2026-2029) explicita que el Reino Unido está desarrollando y ejecutando un programa de supervisión continua basado en el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) a nivel estatal. Esto significa que la falta de un consolidado numérico plano responde a que los resultados de las *Safety Risk Conversations* se procesan de forma circular para alimentar las enmiendas normativas en tiempo real, midiendo la efectividad del sistema por la reducción de riesgos latentes y no por la cantidad de multas o *checklists* completados.

México (AFAC).

El sistema de aviación civil mexicano opera bajo un marco normativo de tres niveles. El nivel primario está constituido por la Ley de Aviación Civil, reformada en 2023 para otorgar nuevas facultades explícitas a la autoridad aeronáutica en materia de autorización, regulación, vigilancia, supervisión y certificación de las actividades de aviación civil. Estas reformas establecieron diversas medidas orientadas a fortalecer el sistema de supervisión, otorgando nuevas facultades a la Agencia Federal de Aviación Civil para autorizar, regular, vigilar, supervisar y certificar las actividades relativas a la aviación civil. El nivel secundario está conformado por el Reglamento de la Ley de Aviación Civil y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), entre las que destaca la NOM-064-SCT3-2023, que regula los Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional para los proveedores de servicios. El nivel terciario comprende las Circulares Obligatorias emitidas por la AFAC, instrumento de aplicación específica de las disposiciones superiores.

El procedimiento para la gestión del riesgo y nivel aceptable de seguridad operacional comprende la utilización de una tabla de probabilidad de riesgos de seguridad operacional:

Tabla 2.4: Matriz de riesgos de seguridad operacional.

Probabilidad del riesgo de seguridad operacional	Gravedad del riesgo				
	Catastrófico	Peligroso	Importante	Leve	Insignificante
Probabilidad	A	B	C	D	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: Elaboración propia adaptada de Agencia Federal de Aviación Civil, 2022).

El documento más relevante en materia de RBO en México es el procedimiento P-DSSP-CGR-JDPV-03, denominado "Proceso de Vigilancia de Seguridad Operacional Basado en Riesgos", publicado por la AFAC el 25 de marzo de 2025. Este documento establece el marco procedimental mediante el cual la AFAC implementa el enfoque basado en riesgo en sus actividades de supervisión, constituyendo el primer procedimiento formal de RBO publicado por una autoridad aeronáutica latinoamericana de acceso público. Su estructura incorpora la definición del perfil de riesgo por operador, la planificación diferenciada de inspecciones según nivel de riesgo identificado y el seguimiento de indicadores de desempeño de seguridad.

En mayo de 2021, la FAA degradó a México de Categoría 1¹⁰ a Categoría 2¹¹ luego de detectar que la estructura de vigilancia de la autoridad mexicana era deficiente y que las leyes nacionales no establecían con claridad las atribuciones de la propia Agencia. Tras 29 meses de trabajo, la FAA hizo oficial la recuperación de la Categoría 1 el 14 de septiembre de 2023, lo que permitió a México agregar nuevos servicios y rutas a Estados Unidos, y a las aerolíneas estadounidenses reanudar la comercialización con sus códigos en vuelos operados por mexicanas.

El caso mexicano es un caso especial en América Latina donde la transición hacia una vigilancia basada en riesgo está documentada como parte de un proceso formal de corrección de deficiencias del sistema de supervisión, validado externamente por la FAA y la OACI. En comparación, por ejemplo, Agencia Nacional de Aviación Civil de Brasil, la integración de su modelo de vigilancia basado en riesgo cumple con los altos estándares de OACI, permitiendo mantener la categoría 1 de la FAA. (Revisar Anexo B.2: Resultados del programa IASA de la FAA).

¹⁰ Categoría 1: Cumple con estándares OACI.

¹¹ Categoría 2: No cumple con estándares OACI.

2.1.3 Contexto sobre vigilancia nacional actual.

Plan de Vigilancia Continua de la DGAC.

El Plan de Vigilancia Continua de la Dirección General de Aeronáutica Civil es un programa preventivo y de supervisión diseñado para garantizar que todos los actores aeronáuticos y aeroportuarios cumplan estrictamente con las normativas de seguridad operacional.

Marco normativo del PVC actual.

El PVC se sustenta en cuatro instrumentos normativos que operan de forma jerárquica. En el nivel internacional, el Doc. 9734, Parte A de la OACI define los principios del enfoque de observación continua y los ocho *Critical Elements* (CE) del sistema de supervisión estatal (OACI, 1999). En el nivel nacional primario, la DAN 19 establece los requisitos del SSP y los SMS de los PSA, definiendo las obligaciones de vigilancia continua del Estado. En el nivel de procedimiento, el Manual del Inspector de Operaciones (MIO) del Subdepartamento de Transporte Público describe los procedimientos, roles y criterios para la ejecución de las inspecciones. En el nivel instrumental, las listas de verificación son instrumentos concretos mediante los cuales los inspectores documentan el cumplimiento de los PSA.

Arquitectura operativa y tipología de actividades del PVC.

El PVC se materializa como un programa anual estructurado que calendariza las actividades de supervisión sobre el universo de explotadores certificados bajo las normativas locales (DAN). Este esquema operativo distribuye las tareas de los Inspectores de Operaciones Aéreos (IOA) en cuatro líneas de acción fundamentales, orientadas a auditar diferentes dimensiones de la capacidad del operador:

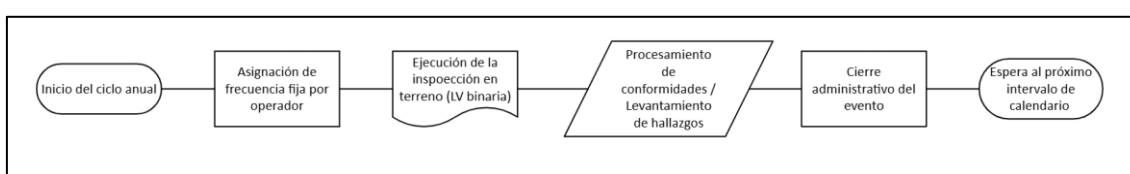
- Auditorias de base.
- Inspecciones de ruta (en vuelo).
- Inspecciones de rampa.
- Revisiones de gabinetes y enmiendas.

Ciclo de planificación lineal basado en el calendario.

La metodología de planificación que rige al PVC actual sigue un enfoque predictivo y lineal basado en intervalos fijos de tiempo. Al inicio de cada año fiscal, la DGAC confecciona una matriz donde a cada operador aéreo, de acuerdo con su categoría de certificación, se le asigna una cuota predeterminada de inspecciones que debe cumplir dentro de un ciclo cronológico estándar.

El flujo de trabajo operativo de este sistema tradicional se organiza de manera secuencial:

Ilustración 2.5: Ciclo anual del PVC.



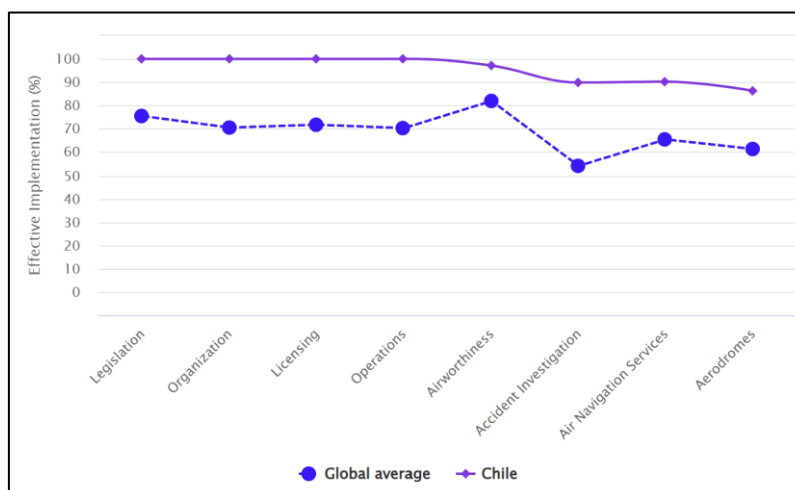
(Fuente: Elaboración propia)

Para el año 2023, a nivel nacional la DGAC inspeccionó 1945 PSA, sin embargo, ese número de actividades disminuyó a 1291 el año siguiente, 33,62% menos de inspecciones.

Resultados USOAP CMA: Chile.

El último año en el cual Chile fue auditado por el USOAP CMA fue el año 2017, donde obtuvo resultados favorables en comparación global:

Gráfico 2.4: Porcentaje de implementación efectiva Chile 2017 (inglés).



(Fuente: *Safety Audit Results USOAP CMA, OACI, 2017*)

Este gráfico muestra claramente que Chile mantiene un nivel de Implementación Efectiva significativamente superior al promedio mundial en todas las áreas de supervisión. La línea sólida que representa Chile indica una madurez sistémica alta, especialmente en los pilares fundamentales (legislación y organización). Sin embargo, hay áreas de mejora como la investigación de accidentes y servicios de navegación aérea, presentando márgenes para seguir alcanzando niveles de excelencia aún más altos.

2.1.4 RBS en el contexto DGAC chileno:

El 26 de enero del año 2026, la DGAC llevó a cabo un taller de Vigilancia Basada en Riesgo de la OACI, impartido por instructores de la Oficina Regional Sudamericana (SAM). Este taller constituyó el primer curso presencial dictado para un Estado de la región sobre esta nueva metodología que vincula con nuevas Preguntas de Protocolo en el marco de auditorías del USOAP. Siendo de total relevancia para la DGAC en fortalecimiento de competencias institucionales en vigilancia y supervisión.

Para cumplir el objetivo de la adopción de un enfoque basado en riesgos, la DGAC se encuentra ejecutando una transición planificada desde un esquema de fiscalización tradicional-reactivo hacia un modelo de Vigilancia Basada en Riesgo. Para ello, la gestión de riesgos de la institución debe ser robusto para alcanzar un nivel predictivo del riesgo, donde se desarrolla plenamente la Vigilancia Basada en Riesgo. Por ello, dentro de la planificación estratégica institucional, la DGAC estima ser evaluada internacionalmente bajo el Nivel de Productividad (Nivel 3) para el año 2027

Tabla 2.5: Escala de madurez actual de la DGAC.

Nivel	Denominación	Descripción	Chile	Condiciones	Objetivo
0-1	Prescriptivo	Vigilancia basada exclusivamente en cumplimiento normativo. Sin datos de desempeño. Inspecciones por calendario fijo sin análisis de riesgo. Reactivo ante eventos.		Sin SSPIA · Sin SMS activo en PSA	

2	Reactivo	El Estado tiene el marco normativo establecido y el SMS exigido a los PSA, pero la vigilancia responde principalmente a eventos. Hay datos, pero sin análisis sistemático.	Posición actual Chile	SMS implementado SDCPS en desarrollo	
3	Proactivo	El Estado usa datos del SMS y del SDCPS para planificar la vigilancia. Se identifican tendencias antes de que ocurran eventos. La asignación de recursos comienza a diferenciarse por riesgo.		SDCPS operativo · Perfiles de riesgo en construcción	OBJETIVO 2027
4	Predictivo	La vigilancia se basa completamente en el índice de riesgo dinámico de cada PSA. El SDCPS alimenta modelos predictivos. Los recursos se reasignan en tiempo real según la evolución del riesgo.		VCBR plena · SDCPS con analítica avanzada	OBJETIVO LARGO PLAZO

(Fuente: DGAC, 2026)

Para alcanzar este estándar de madurez regulatoria, la autoridad se encuentra en desarrollo del Sistema de Recopilación y Procesamiento de Datos de Seguridad (SDCPS). Este sistema opera como un repositorio tecnológico centralizado que unifica y procesa los flujos de información crítica provenientes de los PSA, específicamente en tres componentes esenciales:

- El Sistema de Seguridad Operacional (SSO): que recopila los reportes de incidentes y desviaciones de la operación diaria.
- El Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS): que refleja los procesos internos de aseguramiento y mitigación de riesgo de las empresas.

- La Gestión de Riesgos de Seguridad (SRM): donde se identifican los peligros analizados por cada operador aeronáutico.

La integración de estos tres vectores en el SDCPS, la DGAC posee conceptualmente el insumo para diseñar un perfil de riesgo dinámico de cada organización. Esto faculta a la autoridad para abandonar las inspecciones lineales basadas en calendarios rígidos y transitar hacia la toma de decisiones basadas en evidencia, donde el PVC se alimenta directamente del nivel de riesgo que el software del Estado calcula para cada operador.

2.1.5 Industrias que utilizan este enfoque.

El RBO es un enfoque multidisciplinario transversal en industrias de alta confiabilidad. La aviación comercial adopta este modelo en inspiración de industrias de Alta confiabilidad (*High-Reliability Organizations*, HRO), donde ellos errores no son una opción porque conllevan la pérdida de vidas humanas, desastres ambientales o colapsos económicos.

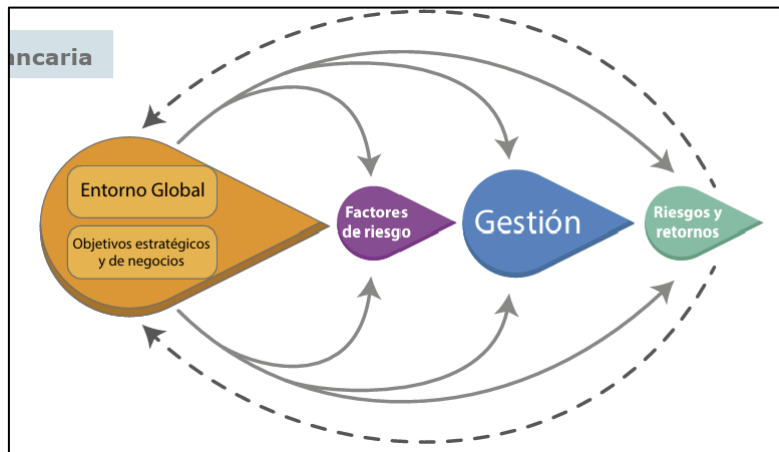
Industria financiera y bancaria.

La primera industria en migrar masivamente a la supervisión basada en riesgo tras las crisis financieras globales. Los bancos centrales y comisiones para el mercado financiero (como la CMF en Chile o la Fed en EE. UU.) ya no fiscalizan a todos los bancos por igual. Utilizan marcos como los Acuerdos de Basilea¹². En Chile, la aplicación de un enfoque de supervisión basado en riesgo toma lugar hace aproximadamente dos décadas. Durante este tiempo se ha perfeccionado este dada la experiencia acumulada.

La Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF) establece que la actividad de un banco consiste fundamentalmente en gestionar los riesgos asociados a la intermediación financiera como un ciclo que se desarrolla en el entorno, y este cambia según como se gestionan los riesgos:

¹² Los Acuerdos de Basilea son un conjunto de recomendaciones y normativas internacionales emitidas por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea para regular el sector financiero.

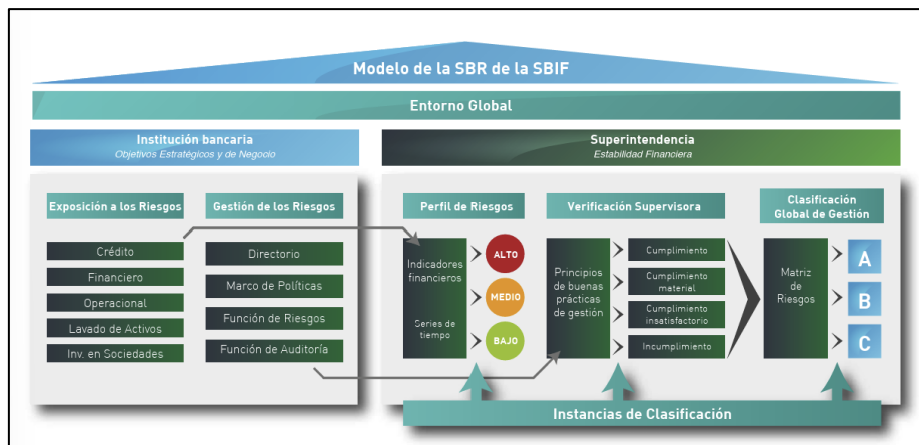
Figura 2.1: Actividad bancaria.



(Fuente: Modelo chileno de Supervisión Basada en Riesgo, SBIF, 2018).

Para ello, conforman la creación nacional de un modelo de supervisión basado en el riesgo financiero que representa cada entidad financiera. El modelo de supervisión incluye actividades *extra-situ* e *in-situ*. Las primeras están orientadas a monitorear de forma permanente a todas las entidades supervisadas para identificar factores que ameriten acciones de supervisión más intrusivas. Las *in-situ*, consisten en revisiones al menos una vez al año de la totalidad de las entidades bancarias de la siguiente forma:

Figura 2.2: Modelo de la SBR de la SBIF.



(Fuente: Modelo chileno de Supervisión Basada en Riesgo, SBIF, 2018).

El proceso de evaluación considera 5 riesgos principales:

Ilustración 2.6: principales riesgos de la industria financiera.



Luego de la evaluación pertinente de la entidad bancaria, se clasifican mediante un perfil de riesgo calculado mediante variables e indicadores financieros que, luego de un trabajo de análisis, permiten el establecimiento de umbrales para cada ratio o indicador, definidos a través del análisis de patrones históricos y comparativos de la industria:

Figura 2.3: Perfil de riesgo de entidades bancarias.



(Fuente: Modelo chileno de Supervisión Basada en Riesgo, SBIF, 2018).

Este proceso de clasificación utiliza una matriz de riesgo que integra de manera ordenada la evaluación individual de cada entidad:

Figura 2.4: Matriz de riesgo

	Perfil de riesgo			Gestión de los riesgos				Reglas de Clasificación Global	Propuesta Preliminar de Clasificación Global
	Alto	Medio	Bajo	Cumplimiento	Cumplimiento material	Cumplimiento insatisfactorio	Incumplimiento		
Riesgo de crédito									A B C
Riesgo Financiero									
Riesgo Operacional									
Riesgo de Inv. en Sociedades									
Riesgo de Lavado de Activos									

(Fuente: Modelo chileno de Supervisión Basada en Riesgo, SBIF, 2018).

Teniendo el perfil de riesgo de la entidad, se clasifica conforme con los elementos considerados en alguno de los tres niveles que la Ley define:

- Categoría A: la institución muestra alta adherencia a los principios de gestión en cada uno de los pilares. (Directorio, políticas, función de riesgos y auditorías).
- Categoría B: Considera a las instituciones que, en general, muestran un buen nivel de cumplimiento de los principios de gestión para la mayoría de las materias evaluadas, aunque presentan debilidades en algunas de ellas.
- Categoría C: Considera a las instituciones que exhiben una baja adherencia a sanos principios de gestión para la mayoría de las materias evaluadas, o bien en alguna materia de alta relevancia

Los resultados de la implementación de este enfoque en la industria financiera se visualizan en el Ranking de *Standard and Poors* – Calificación de deudas, que miden el riesgo de incumplimiento financiero:

Tabla 2.6: Ranking de Standards and Poor: Chile.

Chile [+]	A	A+	A-1	A-1
-------------	---	----	-----	-----

(Fuente: Ranking de Standards and Poors, Datosmacro.com, 2026)

Chile es clasificado como de alta calidad, lo que significa que tiene una capacidad fuerte para cumplir sus obligaciones financieras, el riesgo de impago es relativamente bajo, y puede financiarse a tasas de interés más bajas que muchos países de la región.

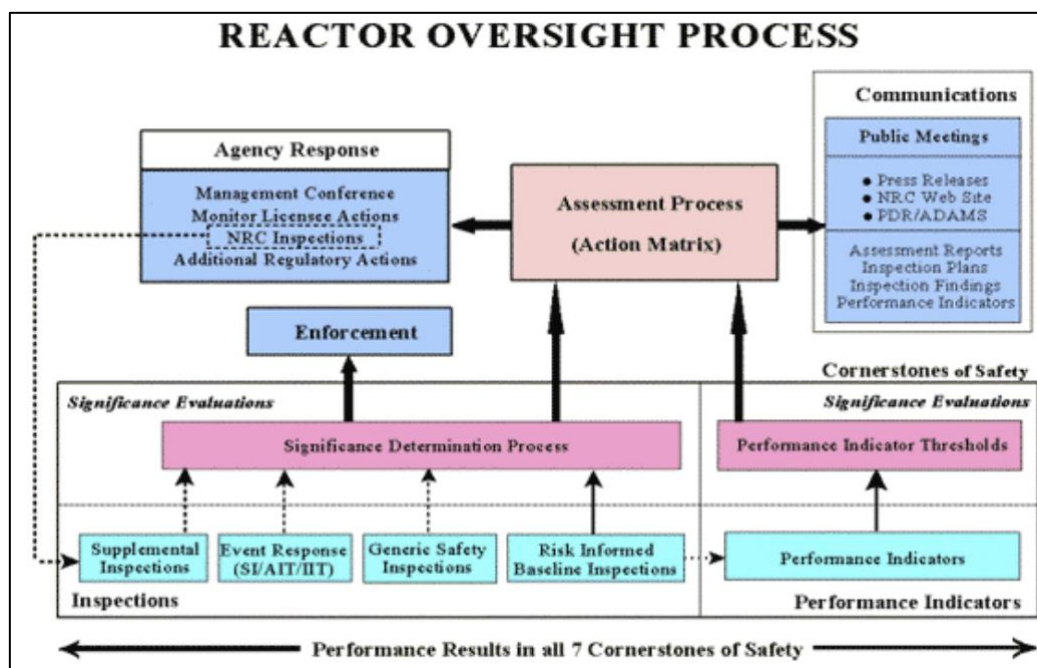
Posicionándose como el país menos riesgoso de la región Sudamericana, reflejando una gestión del riesgo eficiente.

Industria nuclear y de generación de energía.

Organismos como *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) en EE. UU. Utiliza un programa denominado *Reactor Oversight Process*, el que inspecciona, mide, y evalúa la seguridad del desempeño operacional de plantas de energía comerciales.

La NCR evalúa la importancia de los hallazgos e las inspecciones mediante un proceso de determinación de la importancia y compara los indicadores de desempeño en 7 áreas con los umbrales prescritos basados en el riesgo:

Figura 2.5: Proceso de vigilancia reactivo de la NCR.



(Fuente: *Reactor Oversight Process*, NCR, 2023)

La NRC evalúa el desempeño de las centrales nucleares mediante el monitoreo de indicadores objetivos y la realización de su programa de inspección. El monitoreo y la inspección se centran en las actividades de la central que tienen mayor impacto en la seguridad y el riesgo general.

A diferencia de la industria aeronáutica, la NRC realiza revisiones periódicas y anuales base de la eficacia de los programas de cada empresa eléctrica para identificar y corregir problemas.

La intensidad y frecuencia de las inspecciones, en este caso, se determina según los indicadores de desempeño y de hallazgo:

Figura 2.6: Matriz de riesgo de indicadores.



(Fuente: Ractor Oversight Process, NCR, 2023)

Donde el color verde indica hallazgo de baja importancia para la seguridad, el cual va aumentando hasta al color rojo, que lo clasifica como hallazgo de gran importancia.

El programa de supervisión revisado continúa utilizando diversos inspectores de la NRC que monitorean las actividades de la planta. El programa incluye inspecciones base, comunes a todas las plantas nucleares. El programa de inspección de referencia, basado en las áreas clave, se centra en las actividades y los sistemas que son "significativos en términos de riesgo" (es decir, aquellas actividades y sistemas que tienen el potencial de desencadenar un accidente, mitigar sus efectos o aumentar sus consecuencias), es decir, la frecuencia de inspección nunca disminuye, hay un escenario base donde la frecuencia siempre es la misma, y, en el caso de que los indicadores no sean favorables, la frecuencia aumenta.

Cada 3 meses, los inspectores residentes y el personal de inspección de la oficina regional revisarán el desempeño de todas las centrales nucleares de la región, según los indicadores de desempeño y los resultados de las inspecciones. Cada 6 meses, el personal de la NRC ampliará la revisión para incluir la planificación de las inspecciones para el siguiente período de 12 meses.

Una evaluación realizada por la *Government Accountability Office (GAO)* sobre 103 centrales nucleares operativas determinó que, de más de 30.000 indicadores de desempeño analizados, menos del 1% superó los umbrales aceptables establecidos por el

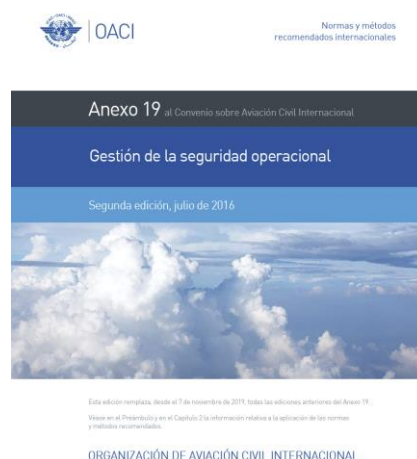
regulador. Asimismo, de más de 4.000 hallazgos de inspección identificados, menos del 1% correspondió a hallazgos de alta significancia para la seguridad. Los resultados también mostraron que aproximadamente el 82,5% de los reactores permanecieron en la categoría de menor riesgo y fueron objeto únicamente de la supervisión base, mientras que solo el 17,5% requirió actividades adicionales de vigilancia y ninguno fue clasificado en la categoría de desempeño inaceptable.

2.2 Marco teórico

El desarrollo de este trabajo se realizará en torno a las siguientes documentos internacionales y herramientas y fundamentos matemáticos que nutren al modelo:

2.2.1 Anexo 19: Gestión de la Seguridad operacional.

Ilustración 2.7: Portada Anexo 19, Segunda Edición, 2016



(Fuente: OACI, 2016)

El desarrollo de este documento fue impulsado por la Conferencia de directores generales de Aviación Civil sobre una estrategia mundial para la seguridad operacional el año 2006, y de la Conferencia de alto nivel sobre seguridad operacional en el año 2010. La Comisión de Aeronavegación convino establecer el grupo de expertos sobre gestión de la seguridad operacional a fin de que formulara recomendaciones para este Anexo, respondiendo a la necesidad de la creación de un Anexo especial para la gestión de seguridad operacional, consolidando disposiciones que anteriormente estaban dispersas en los Anexos 1, 6, 8, 11, 13 y 14, convirtiéndose en el único Anexo dedicado exclusivamente a la seguridad operacional. Fue adoptado por el Consejo de la OACI el 25 de febrero de 2013 y su primera edición se publicó en julio de 2013, siendo aplicable desde el 14 de noviembre de ese mismo año. Este documento establece las Normas y Métodos Recomendados (SARPS) sobre las responsabilidades funcionales y procesos de gestión de la seguridad operacional por parte de los Estados y proveedores de servicios.

El Anexo 19 se aplica a las funciones de gestión de seguridad operacional que atañen o sirven de apoyo directo a la operación segura de la aviación. Su alcance recae en los

Estados contratantes y sus proveedores de servicios de aviación, incluyendo transporte aéreo, aeródromos, servicios de tránsito aéreo y mantenimiento, agregando un margen en el cual los Estados pueden evolucionar a disposiciones sobre gestión de la seguridad operacional. Su estructura comprende un preámbulo, cinco capítulos principales y dos apéndices con dos adjuntos adicionales.

2.2.2 Doc. 9859: Manual de gestión de la seguridad operacional.

Ilustración 2.8: Portada Doc. 9859, Cuarta Edición, 2018.

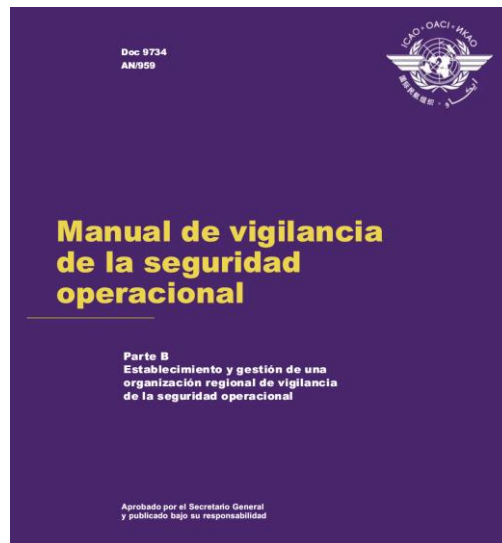


(Fuente: OACI, 2018)

Este Manual tiene su primera edición en 2006, con una tercera edición en 2013 y la cuarta edición actual publicada en 2018. Este manual busca apoyar a los Estados en la implementación de Programas Estatales de Seguridad Operacional (SSP) y guiar a los proveedores en la implementación de Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS). Su audiencia principal son los Estados, los proveedores de servicios y la amplia comunidad de aviación que implementa gestión de seguridad. La importancia de este documento radica en que es la orientación general principal sobre gestión de seguridad operacional, complementando el Anexo 19 con ejemplos prácticos y herramientas implementables.

2.2.3 Doc. 9734: Manual de vigilancia de la seguridad operacional

Ilustración 2.9: Portada Doc. 9734, Parte B, Segunda edición.



(Fuente: OACI, 2011)

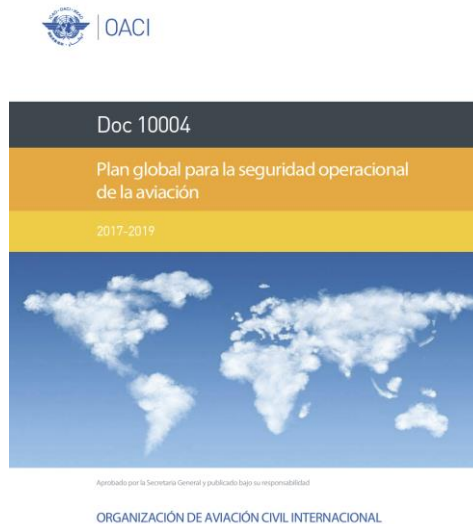
Esta Manual es publicado por primera vez el año 2006, con su segunda edición publicada el mismo año. La parte A alcanzó su primera edición el año 2017, mientras que la parte B mantiene su segunda edición del año 2011.

El objetivo de este documento es orientar a las autoridades gubernamentales sobre el establecimiento y gestión de un sistema estatal de vigilancia de la seguridad operacional eficaz y sostenible, utilizando los ocho elementos críticos de seguridad.

Este es el documento principal en el que se desarrollan las actividades de supervisión y vigilancia, destacando responsabilidades, funciones y obligaciones del Estado en materia de vigilancia.

2.2.4 Doc. 10004:

Ilustración 2.10: Portada Doc. 10004, 2019.



(Fuente: OACI, 2019)

Este manual se creó originalmente en 1977, alcanzando actualmente su quinta edición correspondiente al período 2026-2028.

El cuerpo de este documento de nombre Plan Global para la Seguridad de la Aviación, (GASP) presenta la estrategia mundial cuyo propósito es “...reducir continuamente los riesgos operacionales y fortalecer las capacidades de supervisión de los Estados”, lo que establece metas globales como:

1. Reducción continua del riesgo operacional.
2. Fortalecimiento de la capacidad de vigilancia.
3. Implementación efectiva de los SSP. (ICAO, 2023).

Su función es proporcionar el marco para la elaboración de planes regionales (RASP) y nacionales (NASP).

El alcance de este documento incluye a los Estados miembros de la OACI, las entidades regionales, la industria de la aviación, y todas las partes interesadas en seguridad operacional.

La importancia de este manual es que representa el documento principal de planificación de seguridad de la OACI, actuando como fuerza motriz para los planes regionales y

nacionales, con la visión de alcanzar "cero víctimas mortales en operaciones comerciales para 2030".

2.2.5 Modelos RBO internacionales.

Transport Canada Civil Aviation (TCCA):

La TCCA desarrolla un documento llamado *Human Factors for Aviation – Basic Handbook (TP 13897)* del año 2019, está compuesto por 5 módulos con el objetivo de ayudar a los pilotos a tomar mejores decisiones: Introducción a la toma de decisiones del piloto, El proceso de la toma de decisiones, Factores del cumplimiento humano, Error humano, y Gestión de Riesgos. En su módulo N°5 de Gestión de Riesgos se establece que esta gestión es intrínseca a la toma de decisión efectiva, como resultado, se reconoce la necesidad de ser proactivo. Para ello, se describe que el riesgo se mide en términos de la probabilidad (Probabilidad), las consecuencias (*Concequense*) y la frecuencia con que se encuentra el peligro (Exposición), Definiendo el riesgo total (R) como el producto aritmético de la probabilidad, la consecuencia y el riesgo, expresándolo como:

$$R = P * C * E$$

Donde:

R= Indicador del Riesgo

P = Probabilidad de ocurrencia

C = Consecuencia

E = Exposición

La puntuación que recibe cada uno varía entre el 1 al 5, se cuantifica por factor según: la consecuencia del riesgo, es decir, si hay lesiones menores, hasta la muerte; la exposición, es decir, si el riesgo aparece rara vez, hasta constantemente; y finalmente, la probabilidad de ocurrencia, desde muy poco probable hasta inevitable:

Tabla 2.7: Puntuación del riesgo (inglés).

Consequences	Exposure	Probability
1 = minor injury	1 = rare/never	1 = very unlikely (1 in 10 years)
2 = serious injury	2 = infrequent (1-3 months)	2 = unlikely (one in 1-5 years)
3 = major injury	3 = frequently (weekly)	3 = likely (one in next 12 months)
4 = multiple casualties	4 = high (daily)	4 = very likely (one this moth)
5 = at least 1 death	5 = constant	5 = inevitable

(Fuente: Pilot Decision-making, module 5, Transport Canada, 2019)

El resultado define un número del 1 al 125, donde, según rangos, existe una acción requerida para mitigar el riesgo:

Ilustración 2.11: Criterio del Riesgo (inglés).

<u>Risk Score</u>	<u>Action required</u>
• High – 75 or over • Med – 27-75 • Low – below 27	• Top priority, action now • Deal with – weeks/months • Deal if necessary

(Fuente: Pilot Decision-making, module 5, Transport Canada, 2019)

Este riesgo recibe una tolerancia, sin embargo, dependiendo del umbral de tolerancia del piloto o la empresa, se definen 4 estrategias de mitigación:

- *Terminate the operation*: aquí se elimina la amenaza, dado que es demasiado peligroso para la empresa.
- *Treat it*: Escoger de una variedad de estrategias para mitigar los efectos del riesgo.
- *Transfer the risk*: Compra de seguro, por ejemplo.
- *Tolerate the risk*: Donde la empresa está preparada para asumir el riesgo si grandes medidas preventivas.

Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRVSOP).

Entendiendo que Chile como cofirmante de la 41ª Asamblea de la OACI, también es parte del Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRVSOP), el cual ha desarrollado metodologías y ejemplos que aterrizan la teoría del Doc. 9859 a la realidad de nuestra región en áreas de “Licencias al Personal”, “Explotadores de servicios Aéreos”, Organizaciones de Mantenimiento”, y “Aeródromos”.

Para explotadores de servicios aéreos, la segregación según el perfil de riesgos de ellos se define en el “manual sobre ejemplos de metodología para la planificación de la Vigilancia Basada en Riesgos (RBS) del SRVSOP” mediante los pasos:

Inicialmente, el inspector aplica un cuestionario del perfil de riesgo del explotador de servicios aéreos que evalúa y pondera 38 parámetros operativos específicos por explotador de servicio aéreo. Estos parámetros no se encuentran segregados por sector de operación.

Tabla 2.8: Extracto “Cuestionario del perfil de riesgo del explotador de servicios aéreos”.

		PERFIL DE RIESGO (Explotador de servicios aéreos)			Resultado	Ponderacion (Peso)	Puntuación
Item	Parámetro de riesgo de la explotador de servicios aéreos	Nivel 3 (Menos deseable)	Nivel 2 (Promedio)	Nivel 1 (Más deseable)			
1	Percepción pública en general	Percibido como un explotador de servicios aéreos no deseado - desde la perspectiva del empleado o cliente	Percibido como un explotador de servicios aéreos promedio - desde la perspectiva del cliente o del empleado	Percibido como un explotador de servicios aéreos deseable - desde la perspectiva del cliente o del empleado	1	2.43	2.43
					2		4.86
					3		7.29

(Fuente: Manual sobre ejemplos de metodologías para la planificación de la RBS del SRVSOP, 1era Ed., SRVSOP, 2020)

El resultado define el Índice de Riesgo (IdR) valores tabulados del 1-5:

Tabla 2.9: Indicador de Riesgo del explotador de servicios aéreos.

Resultado del ORP	Valor del IdR	Categoría de explotador de servicios aéreo representado en perfil de riesgo (ORP)	Definición
> 0 < 140	1	ORP muy bajo	Muy alta probabilidad que los riesgos estén siendo gestionados adecuadamente.
≥ 140 < 180	2	ORP bajo	Alta probabilidad que los riesgos estén siendo gestionados adecuadamente.
≥ 180 < 220	3	ORP moderado	Moderada probabilidad que los riesgos estén siendo gestionados adecuadamente.
≥ 220 < 260	4	ORP alto	Baja probabilidad que los riesgos estén siendo gestionados adecuadamente.
≥ 260 ≤ 300	5	ORP muy alto	Muy baja probabilidad que los riesgos estén siendo gestionados adecuadamente.

(Fuente: Manual sobre ejemplos de metodologías para la planificación de la RBS del SRVSOP, 1era Ed., SRVSOP, 2020)

Luego, se hace el cálculo de un Índice de Exposición (IdE) mediante una tabla aritmética que define la exposición del proveedor:

Tabla 2.10: Indicador de exposición de explotador de servicios aéreos, sistema de puntaje

Criterio	Calificación	Valor
Cantidad anual de vuelos	Más de 45000 = 3 Puntos	3
	4000 a 45000 = 2 Puntos	2
	Menos de 4000 = 1 Punto	1
Cantidad de aeronaves	Más de 16 = 3 puntos	
	4 a 16 = 2 Puntos	
	Menos de 4 = 1 Punto	
Cantidad de modelos de aeronaves	Más de 4 = 3 puntos	
	2 a 4 = 2 Puntos	
	1 = 1 Punto	
Cantidad de destinos	Más de 50 = 3 Puntos	
	11 a 50 = 2 Puntos	
	Menos de 11 = 1 Punto	
Operación internacional	Si = 2 Puntos	
	No = 1 Punto	
Edad promedio de la flota	Más de 15 = 3 Puntos	
	5 a 15 = 2 Puntos	
	Menos de 5 = 1 Punto	
Puntuación total		

(Fuente: Manual sobre ejemplos de metodologías para la planificación de la RBS del SRVSOP, 1era Ed., SRVSOP, 2020)

Obtenida la puntuación total, se utiliza otra tabla que clasifica a la exposición de forma alfabética:

Tabla 2.11: Determinación del indicador de exposición en letras.

Puntuación total Tabla 2-2-2	Descripción	Letra
$\geq 6 < 8$	Muy bajo impacto en el sistema aeronáutico. Muy baja exposición a los peligros.	A
$\geq 8 < 10$	Bajo impacto en el sistema aeronáutico. Baja exposición a los peligros	B
$\geq 10 < 12$	Impacto moderado en el sistema aeronáutico. Moderada exposición a los peligros	C
$\geq 12 < 14$	Alto impacto en el sistema aeronáutico. Alta exposición a los peligros	D
$\geq 14 \leq 17$	Muy alto impacto en el sistema aeronáutico. Muy alta exposición a los peligros	E

(Fuente: Manual sobre ejemplos de metodologías para la planificación de la RBS del SRVSOP, 1era Ed., SRVSOP, 2020)

Dado el IdE y el IdR, se utiliza una matriz alfanumérica que, según su resultado, se determina el nivel de intensidad de la inspección.

Tabla 2.12: Matriz de frecuencia de la RBS.

Frecuencia de la RBS		Indicador de riesgo (IdR)				
		Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Indicador de exposición (IdE)		5	4	3	2	1
Muy alto	E	5E	4E	3E	2E	1E
Alto	D	5D	4D	3D	2D	1D
Moderado	C	5C	4C	3C	2C	1C
Bajo	B	5B	4B	3B	2B	1B
Muy bajo	A	5A	4A	3A	2A	1A

Frecuencia de la RBS	Nivel de intensidad de la RBS		
	Rigurosa	Normal	Reducida
	12 meses	24 meses	36 meses

(Fuente: Manual sobre ejemplos de metodologías para la planificación de la RBS del SRVSOP, 1era Ed., SRVSOP, 2020)

OACI:

USOAP CMA

El Anexo 19, donde se establece que todo Estado deberá implementar 8 Elementos Críticos (CE) para garantizar que su sistema de aviación civil funcione bajo estándares seguros:

Ilustración 2.12: Ocho Elementos Críticos.



(Fuente: OACI, 2013)

Como mecanismo de verificación de estos elementos, la OACI implementa el Programa Universal de Auditoría de la Vigilancia de la Seguridad Operacional (USOAP) de la OACI, descrito en el Doc. 9735, Edición 2023. Desde 2013, el USOAP adaptó el Enfoque de Observación Continua (CMA, por sus siglas en inglés: *Continuous Monitoring Approach*), que emplea el análisis de factores de riesgo de seguridad mediante preguntas de protocolo (PQ) que evalúan el porcentaje de implementación de Elementos Críticos y Áreas a auditar mediante el siguiente cálculo:

$$IE(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de PQs satisfechas}}{N^{\circ} \text{ total de PQs aplicables}}$$

Donde:

IE: Implementación Efectiva

PQ: Preguntas de protocolo

(Revisar anexo B.3: Extracto de preguntas de protocolo USOAP CMA (AGA))

Modelo de evaluación Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (PSOE):

La OACI entiende que no todas las organizaciones presentan el mismo nivel de riesgo, por lo tanto, no todas deben recibir el mismo nivel de vigilancia. En específico, el Doc. 9859 indica que existen Estados con recursos limitados y dificultades para mantener una

vigilancia efectiva: “Según lo identificado por las auditorías del USOAP, la principal razón por la cual los Estados no logran desarrollar la capacidad para una vigilancia eficaz de la seguridad operacional es la falta de recursos adecuados, específicamente en términos de personal técnico calificado.”. (*Doc. 9859 4th Edition*, OACI, 2018). Aquí es donde nace conceptualmente el enfoque que integra el riesgo como parte inherente de las operaciones aéreas, para así focalizar la mayor cantidad de recursos al proveedor u operación que más lo necesita, en son de la mejora continua.

Las ediciones anteriores del Doc. 9859 (2da Ed., 2009; 3era Ed., 2012) estructuraban la implementación de SMS en 4 fases secuenciales, cada una con criterios de distinto tipo que se debían cumplir periódicamente. La edición actual (4ta Ed., 2018) abandona esa estructura y la reemplaza por un modelo distinto. Establece un marco único de 4 componentes y 12 elementos que aplica a todos los proveedores de servicio independientemente de su tamaño o complejidad, y define en que el nivel de implementación se determina por el nivel en que esos 12 elementos están implementados. Para objetivar la medición de la madurez, se ha estandarizado internacionalmente el uso de la herramienta de evaluación del SMS, la cual califica cada uno de estos 4 componentes y 12 elementos del sistema en cuatro niveles: Presente (P), Adecuado (S), Operativo (O) y Efectivo (E). Este modelo permite que las listas de verificación dejen de ser binarias (cumple/no cumple) y se conviertan en una escala semi-cualitativa que define el perfil de riesgo del operador.

Tabla 2.13: Niveles de madurez P-S-O-E / Herramienta de evaluación del SMS

1. SAFETY RISK MANAGEMENT (Annex 19 component 2)

1.1 HAZARD IDENTIFICATION (Annex 19 element 2.1)

Evaluation	Indicators of compliance and performance		P	S	O	E	How it is achieved	Comments
	1.1.1	There is a confidential reporting system to capture errors, hazards, and near misses that is simple to use and accessible to all staff.						
	1.1.2	There is a confidential reporting system that provides appropriate feedback to the reporter and, where appropriate, to the rest of the organisation.						
	1.1.3	Personnel express confidence and trust in the organisation's reporting policy.						
Guidance	What to look for							
	- Review the reporting system for access and ease of use. - Check staff's trust of and familiarity with the reporting system, and whether they know what should be reported. - Review how data protection and confidentiality is achieved. - Evidence of feedback to reporter, the organisation, and third parties. - Assess volume and quality of reports, including whether personnel are reporting their own errors and mistakes. - Review report closure rates. - Check whether contracted organizations and customers are able to make reports. - Review how reports in the system are analysed. - Confirm that responsibilities with regards to occurrence analysis, storage, and follow-up are clearly defined. - Check that relevant staff are aware of which occurrences should be mandatory. - Assess how senior management engage with the outputs of the reporting system.							
	Present	Suitable	Operating		Effective			
	There is a confidential reporting system to capture mandatory occurrences and voluntary reports that includes a feedback system and stored on a database. The process identifies how reports are actioned, and timescales are specified and addressed.	The reporting system is accessible and easy to use by all personnel. Responsibilities, timelines, and format for the feedback are meaningful and well defined. Data protection and confidentiality is ensured.	The reporting system is being used by all personnel. There is feedback to the reporter of any actions taken (or not taken) and, where appropriate, to the rest of the organisation. Reports are evaluated, processed, analysed, and stored. Staff are aware of and fulfil their responsibilities in respect to the reporting system. Reports are processed within the defined timescales.		There is a healthy reporting system based on the volume of reporting and the quality of reports received. Safety reports are acted on in a timely manner. Personnel express confidence and trust in the organisations' reporting policy and process. The reporting system is being used to make better management decisions and continuously improve. The reporting system is available for third parties to report (partners, suppliers, and contractors).			

(Fuente: SM ICG, 2013)

Este nivel se expresa en una escala de madurez continua que se describe como “*ongoing journey*”, donde la organización progresa desde tener los elementos presentes y adecuados, hasta operarlos activamente, de manera que se logre la efectividad de manera constante.

Desde la perspectiva de la ingeniería de la vigilancia, la determinación de la fase de implementación del SMS en la que se encuentra un operador es una variable de entrada crítica. De acuerdo con los principios de supervisión de la OACI, un Estado no puede aplicar los mismos criterios ni las mismas frecuencias de inspección a un operador que se encuentra en una Fase 1 o 2, a uno que se encuentra en fases posteriores.

Esta perspectiva permite fundamentar documentalmente por que el modelo propuesto en esta memoria requerirá segmentar a los operadores según su nivel de madurez SMS. Aquellos que demuestren un control predictivo (Fase 4), serán candidatos idóneos para la optimización y extensión de los ciclos de inspección, liberando horas-inspector que los

fiscalizadores podrán reasignar hacia los operadores de mayor criticidad o menor desarrollo sistémico.

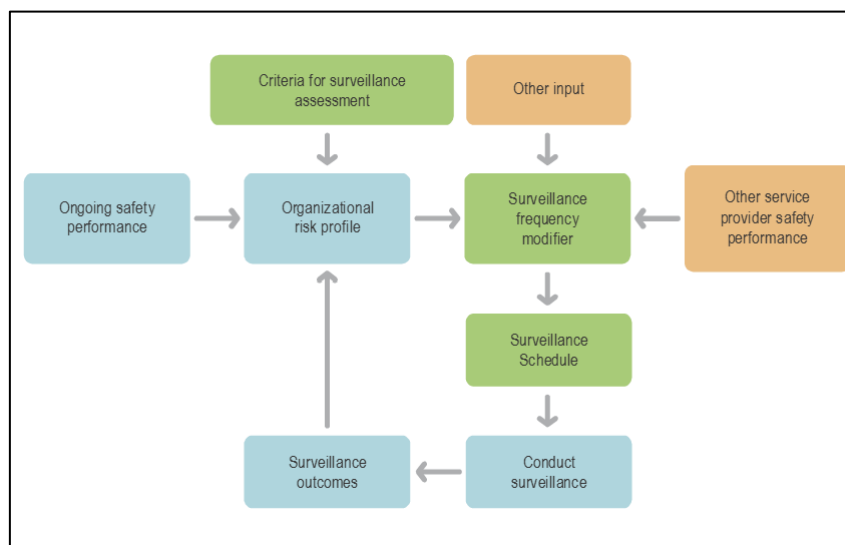
Perfil de Riesgo

En la clasificación del riesgo, la OACI recomienda la creación de un perfil de riesgo que sea consistente con el sector de aviación en apoyo al alcance y frecuencia de las actividades de vigilancia. Estas herramientas deben apuntar a la captura de información que debe estar disponible para el proveedor de servicio e incluir factores como:

- a) Salud financiera de la organización.
- b) Número de años en operación.
- c) Tasa de rotación del personal clave como el ejecutivo responsable y el ejecutivo de seguridad.
- d) Competencias y desempeño del ejecutivo responsable.
- e) Competencias y desempeño del ejecutivo de seguridad.
- f) Resultados de las auditorías previas.
- g) Resolución oportuna y eficaz de hallazgos previos.
- h) Medidas del nivel relativo de actividad (exposición al riesgo).
- i) Indicadores del alcance relativo y complejidad de las actividades realizadas.
- j) Madurez de la identificación de peligros y el proceso de evaluación de riesgos.
- k) Medidas del desempeño en seguridad de la información de la información de seguridad del Estado, y desempeño en el monitoreo de actividades.

El ejemplo del proceso que se puede utilizar para modificar el alcance y la frecuencia de la vigilancia a un proveedor de servicio se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 2.7: Diagrama de flujo de la vigilancia basada en riesgo (inglés).



(Fuente: Doc. 9859, Cuarta Ed. OACI, 2018)

EASA:

Management System Assessment Tool (MSAT)

La EASA, mediante la recomendación de OACI de su Doc. 9859 para evaluar el Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional, adopta la evaluación PSOE integrándola en una herramienta llamada MSAT.

Tabla 2.14: Extracto MSAT Issue 2 de la EASA.

Annex 19 reference & text 1.1.1 The safety policy shall: f) be communicated, with visible endorsement, throughout the organisation See 2.1.2 for c) include safety reporting procedures			
Present	Suitable	Operating	Effective
There is a means in place for the communication of the safety policy and its associated objectives. The management commitment to safety is documented within the safety policy.	The safety policy and its associated objectives are clearly visible (or reachable) to all staff (e.g. consider multiple sites, countries). The safety policy is understandable (consider multiple languages).	The safety policy and its associated objectives are communicated to all personnel (including relevant contracted staff and organisations). The Accountable Executive and the senior management team are promoting their commitment to the safety policy through active and visible participation in the safety management system.	People across the organisation are familiar with the safety policy and its associated objectives and can describe their obligations in respect of the safety policy and the internal safety reporting scheme.
Assessment results			
What to look for			
Note: The safety policy shall give birth to safety objectives to be part of the assessment (see specific block on 'safety objectives'). - Review how the safety policy is communicated. - Safety policy is clearly visible (or reachable, depending on the structure and size of the organisation) to all staff including relevant contracted staff and third-party organisations. - Question managers and staff regarding knowledge of the safety policy and its associated objectives. - All managers are familiar with the key elements of the safety policy and its associated objectives. - Evidence that senior management involved in safety activities participate to safety meetings, training, conferences, etc. - Check how a positive safety culture is encouraged and impacts the overall effectiveness, notably for the safety reporting system and the actions thereof.			

(Fuente: MSAT 2nd Ed., EASA, 2023).

En la práctica, esta herramienta es exactamente la misma que dispone OACI para sus Estados participantes. Esta evaluación se presenta en cuatro niveles progresivos, denominados PSOE: *Present, Suitable, Operating and Effective* (Presente, Adecuado, Operativo y Efectivo). Para la certificación inicial se exige que todos los procesos sean al menos Presentes y Adecuados, mientras que para la supervisión continua el objetivo es que sean Operativos y, en última instancia, Efectivos.

Perfil de Riesgo:

El documento principal base para el desarrollo de vigilancias basadas en riesgo lo publica la EASA como “*Practice for risk-based Oversight*”. En este documento la EASA define marco teórico el cual se basan sus estados miembros para la creación de sus inspecciones basadas en riesgo mediante recomendaciones:

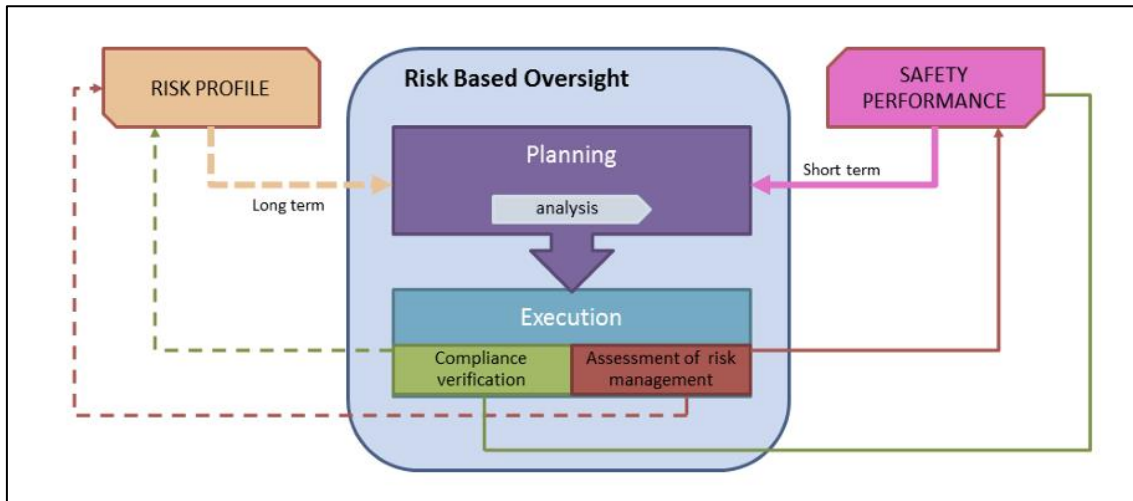
Ilustración 2.13: Recomendaciones de EASA para la adopción de un enfoque de vigilancia basado en riesgo (inglés).

Recommendation 1:	The oversight planning and determination of oversight cycle for each organisation should take into consideration the risk profile and the assessment of the safety performance. When the risk profile relies on expert judgment, the decision making should be made by consensus by a team of experts.
Recommendation 2:	For each organisation, RBO parameters should be continuously monitored at an appropriate frequency in order to identify any trend and to review the oversight programme, its cycle and the safety objectives. The competent authority should continuously follow-up and improve the overall RBO system.
Recommendation 3:	The ICAO state safety programme (SSP) should be established and used as a background framework for RBO and the competent authority should have a functioning management system, as required by the rules.
Recommendation 4:	The state oversight system should be mature enough before it can be complemented by RBO. This oversight approach should be linked to the objectives of the SSP and of the management system of the competent authority. EPAS actions should also be taken into consideration.
Recommendation 5:	The management system of the competent authority should capture the different risk profiles of the regulated entities according to a model. When determination of a risk profile relies on expert judgment, decision making should be made by consensus by a team of experts.
Recommendation 6:	RBO should be progressively deployed and the extension of RBO to additional domains should be consistent and appropriate. Initial introduction of RBO could be facilitated by a dedicated team of “champions”.
Recommendation 7:	A system for the collection, analysis, and exchange of safety data at the level of State and regulated entity is a prerequisite for RBO, as well as safety management principles and a just culture environment. Exchange of information on safety risks between competent authority and regulated entities should be established. Development of an integrated risk picture in and across different domains should be done in partnership with involved stakeholders.
Recommendation 8:	Competent Authorities should develop arrangements for cooperation on oversight, exchange of collected safety information, sharing of RBO experience, feedback on experience with the SSP etc....
Recommendation 9:	Initial and continuous training should be given to inspectors implementing RBO, to cover: - development of proper culture when interacting with industry - use of expert judgment, especially when safety performance and “gut feeling” are blended - use of RBO-specific tools available at the competent authority. Support and coaching should be available during the initial phase of RBO deployment.

(Fuente: “*Practices for Risk-Based Oversight*”, EASA, 1st Ed., 2016)

El diagrama de flujo de recolección de datos que alimenten la vigilancia basada en riesgo de la EASA se grafica basado en el modelo conceptual *PLAN, DO, CHECK, ACT* de la siguiente manera:

Figura 2.8: Ciclo de retroalimentación del modelo RBO de la EASA (inglés).



(Fuente: Practices for risk-based Oversight, 1st Ed., EASA, 2016).

La determinación del perfil de riesgo de los proveedores de servicio está basada en la recomendación 5 y 6 del mismo documento, entendiéndose que este proceso requiere de una evaluación dinámica de juicio experto por consenso como mecanismo para la definición de riesgos, permitiendo integrar sesgos individuales en una decisión estandarizada. La evaluación experta debe articularse mediante las siguientes 5 categorías de parámetros fundamentales:

- a) Resultados de auditorías previas
- b) Sucesos de seguridad
- c) Cambios en el sistema funcional
- d) Operaciones
- e) Indicadores de seguridad KPIs

El reglamento (UE) N°965/2012, en su artículo ARO.GEN.305, establece que el ciclo de planificación de la vigilancia para organizaciones certificadas no debe exceder los 24 meses como estándar. Este ciclo puede reducirse ante evidencia del deterioro en el desempeño de seguridad, extenderse hasta los 36 meses si la organización demuestra gestión efectiva de riesgos, ausencia de hallazgos nivel 1 y acciones correctivas implementadas; o hasta 48 meses si además cuenta con un sistema de reporte continuo aprobado por la autoridad. La determinación del ciclo aplicable constituye la

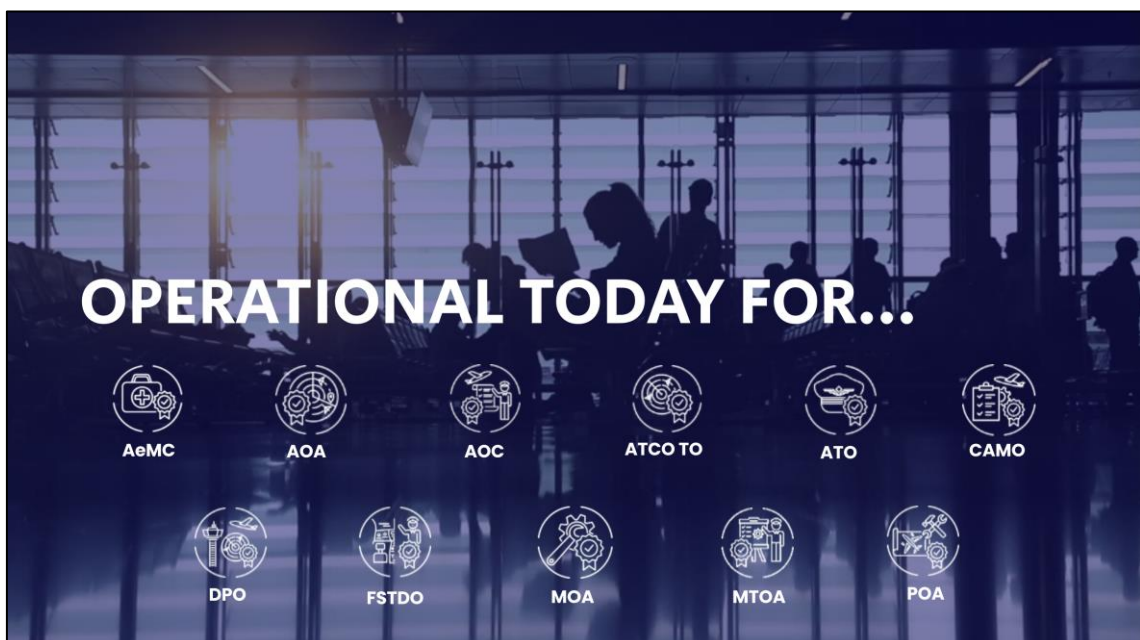
operacionalización del perfil de riesgo del explotador en términos de intensidad de vigilancia.

Complementando esta doctrina de formación, la evolución del marco regulatorio de la agencia formaliza la necesidad de una recalibración dinámica y transversal del modelo. La EASA enfatiza que los parámetros que componen el perfil de riesgo no pueden constituir una evaluación estática o anual, sino que deben someterse a un monitoreo continuo y sistemático a una frecuencia apropiada para detectar tendencias tempranas.

Organisation Approvals Tool (OA Tool).

Adicionalmente, EASA utiliza una herramienta online llamada *Organisation Approvals Tool*, que es una plataforma digital diseñada para que el proceso de vigilancia sea transparente, eficiente y más fácil de manejar. Dentro de esta interfaz, la EASA consolida toda la información en un solo lugar, indicando a las organizaciones la vista panorámica de las actividades planificadas, subir evidencia, y monitorear acciones correctivas para su subsanación, asegurando respuestas rápidas y bien documentadas.

Ilustración 2.14: Sectores aeronáuticos que disponen de OA Tool (inglés).



(Fuente: EASA Organisation Approvals Tool, EASA, 2026)

2.2.6 Análisis GAP

Dentro de la ingeniería, el análisis GAP se define como una herramienta analítica estructurada cuyo propósito es evaluar y contrastar, de manera sistemática, la diferencia entre el desempeño real de un sistema operativo frente a un estándar objetivo o estado ideal predefinido. Su finalidad es identificar las diferencias entre el estado actual y el estado donde queremos estar.

Esta herramienta mide el grado de cumplimiento de una organización con respecto a una serie de criterios establecidos basados en normas, procedimientos internos, controles seleccionados y mejores prácticas en el sector. La medición puede ser cuantitativa o cualitativa, dependiendo del tipo de datos disponibles y del contexto de la investigación.

Su arquitectura analítica se mide mediante una metodología en fases que incluye: definir el estado actual (AS-IS), definir los objetivos (TO-BE), analizar las diferencias y establecer planes de acción. Esto garantiza que las brechas sean verificables y defendibles.

Cuando no existen datos numéricos, se evalúa cualitativamente, clasificando las brechas basándose en criterios de severidad.

El plan de acción es la etapa fundamental que responde a cómo se logra disminuir la brecha. El plan de acción debe tener objetivos específicos, tareas definidas, responsabilidades asignadas, plazos concretos y recursos identificados para abordar las brechas. Es importante que los planes de acción se establezcan por aspecto, ya que puede dar respuesta o impactar el cumplimiento de más de un requisito.

Una vez ejecutado el plan, se debe definir el periodo en el que se realizará la nueva evaluación para comparar el avance en el grado de cumplimiento, permitiendo el ciclo de mejora continua.

2.2.7 Fundamentos matemáticos del modelo.

Tasa de falla

La tasa de falla representa la probabilidad instantánea de que ocurra una falla en un instante determinado, considerando que el sistema ha sobrevivido hasta el tiempo t . En

confiabilidad, por ejemplo, describe la evolución temporal del riesgo y constituye uno de los principales indicadores utilizados para caracterizar el comportamiento de una distribución de probabilidad aplicada al análisis de falla.

Matemáticamente se define como:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Donde:

$h(t)$: tasa de falla.

$f(t)$: función de densidad de probabilidad

$R(t)$: función de confiabilidad.

Considerando que:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

También se puede expresar como:

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

Esta interpretación permite determinar si el riesgo permanece constante, disminuye o aumenta a lo largo del tiempo.

Distribución Exponencial.

Esta distribución es ampliamente utilizada en ingeniería de confiabilidad para modelar el tiempo entre fallas cuando la tasa de falla permanece constante durante todo el periodo de observación.

Su función de densidad se formula:

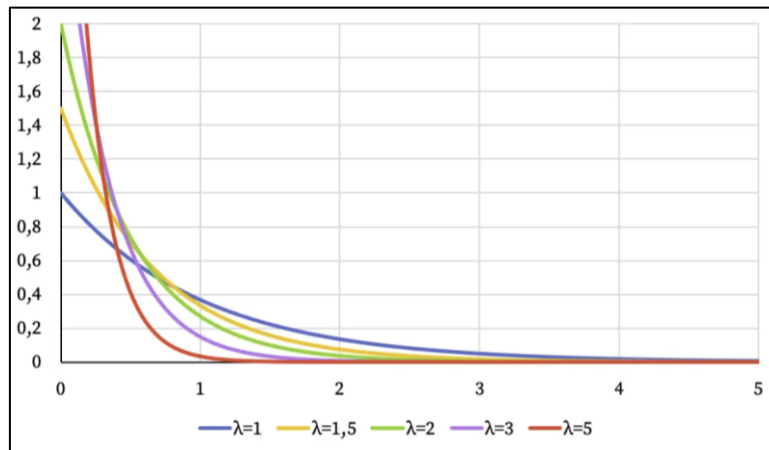
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Donde:

$$t \geq 0$$

λ = tasa de falla

Gráfico 2.5: Distribución exponencial



(Fuente: Probabilidad y Estadística, Gisbert Juárez, 2021)

La esperanza de esta distribución está dada por:

$$E(x) = \frac{1}{\lambda}$$

Su varianza corresponde al cuadrado de su media, quedando:

$$Var(x) = \frac{1}{\lambda^2}$$

Su función de distribución acumulada se formula:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$$

Donde:

$F(x)$: probabilidad acumulada de ocurrencia del evento antes de x .

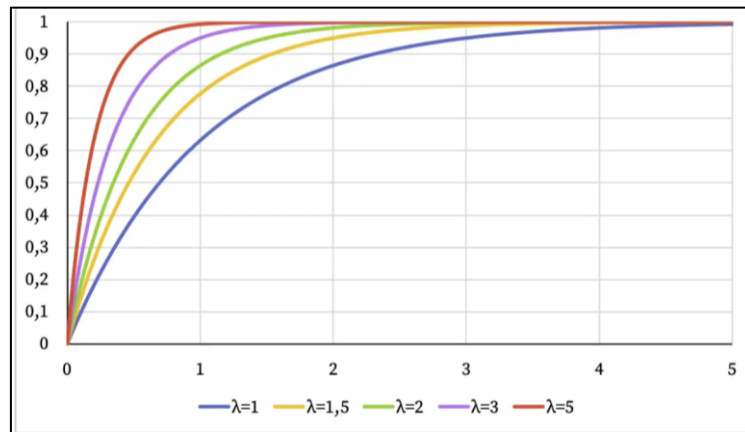
λ : tasa promedio de ocurrencia del evento.

e : Base del logaritmo natural

x : número de operaciones, tiempo de vuelo o intervalo analizado.

Esta función modela la probabilidad de que ocurra un evento en función del tiempo o volumen acumulado, con tasa de falla constante:

Gráfico 2.6: Distribución Acumulada de la Exponencial



(Fuente: Probabilidad y Estadística, Gisbert Juárez, 2021)

Esta función entrega valores entre 0 y 1, representado probabilidades acumuladas. A medida que el número de operaciones aumenta, la probabilidad acumulada de ocurrencia del evento también aumenta progresivamente, acercándose a 1.

La aplicación de esta función se utiliza normalmente para modelar el tiempo de vida útil de componentes electrónicos o tiempo hasta que una máquina sufra una avería; para la teoría de colas, modelando tiempo de fila de clientes, por ejemplo.

Distribución de Weibull

Esta distribución es una generalización de la exponencial constituye una de las herramientas más utilizadas en ingeniería de confiabilidad debido a su capacidad para representar diferentes comportamientos de falla mediante la modificación de sus parámetros. Permitiendo modelar tasa de falla crecientes, decrecientes o constantes, lo que la convierte una herramienta flexible para la caracterización del riesgo.

Su comportamiento depende directamente del valor del parámetro de forma, lo que le otorga flexibilidad para modelar fenómenos reales.

Sus parámetros se definen como:

- Parámetro de forma: $\alpha > 0$
- Parámetro de escala: $\lambda > 0$

Donde:

- α determina la forma de la distribución y el comportamiento de la tasa de falla.

- λ determina la escala temporal de la distribución.

NOTA: Debe señalarse que, en la distribución Weibull, el parámetro λ corresponde al parámetro de escala y no a la tasa de falla constante utilizada en la distribución exponencial.

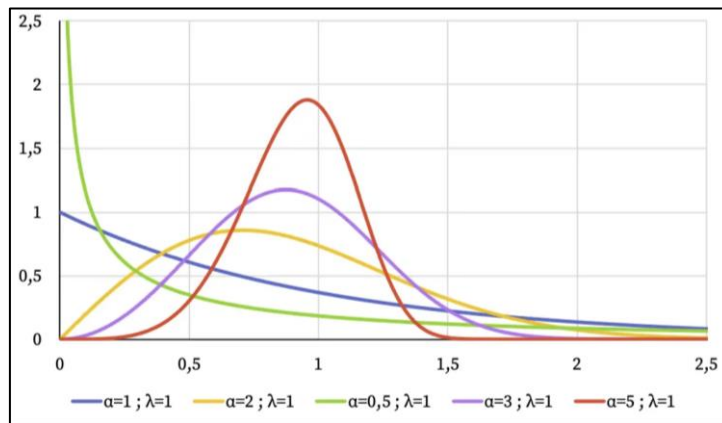
Su función puntual de probabilidad está dada por:

$$f(t) = \frac{\alpha}{\lambda} * \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\alpha-1} * e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^\alpha}$$

Para:

$$t \geq 0$$

Gráfico 2.7: Distribución de Weibull



(Fuente: Probabilidad y Estadística, Gisbert Juárez, 2021)

Su esperanza está dada por:

$$E(T) = \lambda \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

Donde:

$$\Gamma(*)$$

Es la función Gamma.

Su varianza está dada por:

$$Var(T) = \lambda^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right]$$

La varianza representa la dispersión de los tiempos de falla respecto al valor esperado.

Su función de distribución acumulada expresa la probabilidad de que la falla ocurra antes del tiempo t :

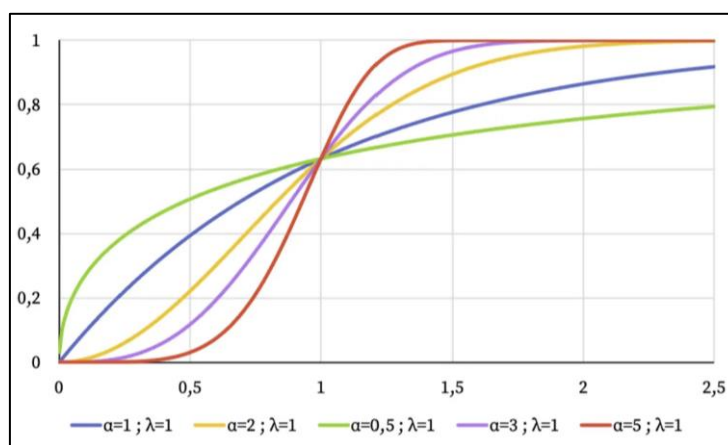
$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^\alpha}$$

Donde:

$$0 \leq F(t) \leq 1$$

A medida que transcurre el tiempo, la probabilidad acumulada de falla aumenta progresivamente.

Gráfico 2.8: Distribución de Weibull Acumulada



(Fuente: Probabilidad y Estadística, Gisbert Juárez, 2021)

La principal característica de la distribución Weibull es que el parámetro α controla completamente la forma de la distribución y el comportamiento de la tasa de falla. Por esta razón se afirma que Weibull es una distribución de forma no definida o flexible.

Por otro lado, el parámetro λ determina la escala temporal de la distribución. Cuando este parámetro aumenta, aumenta la vida útil esperada, la distribución se desplaza hacia la derecha y las fallas ocurren más tardíamente. Cuando disminuye, las fallas ocurren antes, por tanto, la distribución se concentra en tiempos menores.

Las aplicaciones de la distribución Weibull es ampliamente utilizada en confiabilidad de sistemas, mantenimiento basado en condición, etc. En meteorología, por ejemplo, se utiliza para modelar la frecuencia de las diferentes velocidades del viento.

Distribución Normal

Esta distribución se utiliza para modelar fenómenos aleatorios cuyos valores tienen a concentrarse alrededor de una media. Su forma característica corresponde a una curva simétrica en forma de campana, donde la mayor concentración de observaciones se encuentra alrededor del valor medio y disminuye progresivamente hacia los extremos.

Está definida por dos parámetros:

μ : Media o valor esperado, que determina la ubicación del centro de la distribución.

σ : Desviación estándar, que determina la dispersión de los datos respecto de la media.

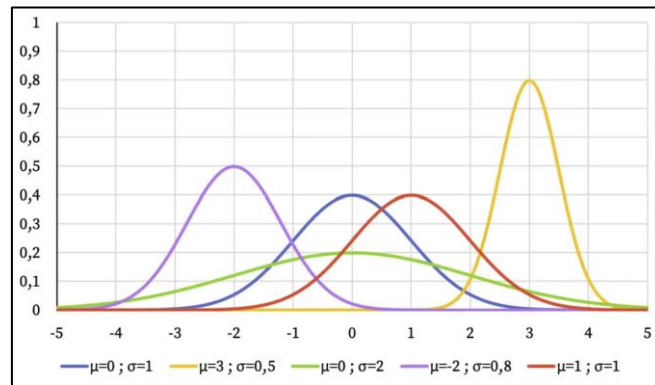
La función de densidad de probabilidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde:

$$-\infty < x < \infty$$

Gráfico 2.9: Distribución Normal



(Fuente: Probabilidad y Estadística, Gisbert Juárez, 2021)

Esta función describe la probabilidad relativa de observar un determinado valor de la variable aleatoria.

Su esperanza matemática corresponde a:

$$E(X) = \mu$$

La media representa el centro de la distribución.

Su varianza se define como:

$$Var(X) = \sigma^2$$

La desviación estándar se calcula como:

$$\sigma = \sqrt{Var(X)}$$

La varianza cuantifica la dispersión de los datos respecto de la media.

Su función de distribución acumulada representa la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor menor o igual a x:

$$F(x) = P(X \leq x)$$

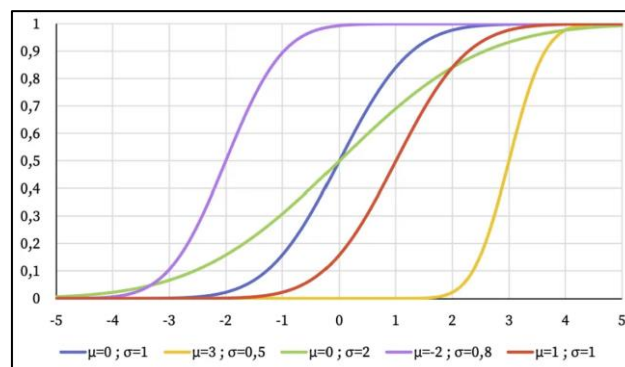
Su expresión analítica no posee una solución cerrada simple, por lo que normalmente se evalúa mediante tablas estadísticas o métodos numéricos. Siendo expresado como:

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

Donde:

$\Phi(z)$: función de distribución acumulada de la normal estándar.

Gráfico 2.10: Distribución Normal acumulada



(Fuente: Probabilidad y Estadística, Gisbert Juárez, 2021)

Correlación de Spearman

Medida estadística no paramétrica que evalúa la asociación entre dos rankings ordinales. En el contexto del RBO, se utiliza para comparar el ranking de prioridad de operadores entre dos ciclos consecutivos de inspección, determinando si el modelo produce resultados estables en el tiempo. Su fórmula es:

$$\rho = 1 - (6 * \sum d^2) / (n * (n^2 - 1))$$

Donde:

d = diferencia entre los rangos de cada operador en los dos ciclos.

N = número de operadores evaluados.

Coeficiente de Variación

Coeficiente de Variación (CV), capacidad discriminante: es una medida de dispersión relativa que expresa la desviación estándar como porcentaje de la media. En el contexto del RBO, mide si el modelo genera diferencias suficientemente grandes entre los índices de riesgo de los operadores para justificar un trato diferenciado en la asignación de recursos de fiscalización:

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\mu} \right) * 100\%$$

Donde:

σ : desviación estándar de los IRO del grupo de operadores.

μ : media de los IRO del grupo de operadores.

Un CV menor al 20% indica que los IRO son homogéneos y el modelo no aporta diferenciación útil respecto al PVC homogéneo. Un CV mayor al 20% indica variabilidad significativa que justifica la diferenciación de la vigilancia (Levine et al., 2017).

Coeficiente de Pearson

Correlación de Pearson, validez predictiva: La correlación de Pearson (r) mide la asociación lineal entre dos variables continuas. En el contexto del RBO, se utiliza para evaluar si los operadores identificados con mayor índice de riesgo en un ciclo efectivamente presentan mayor número de hallazgos críticos en el ciclo de inspección subsiguiente:

$$r = \frac{\sum[(IRO_i + IRO_{promedio})(HC_i - HC_{promedio})]}{\sqrt{[\sum(IRO_i + IRO_{promedio})^2 * \sum(HC_i - HC_{promedio})^2]}}$$

Donde:

IRO_i = índice de riesgo del operador i en el ciclo n.

HC_i = hallazgos críticos del operador i en el ciclo n+1.

Un valor $r \geq 0.61$ indica una correlación moderada-alta que valida la capacidad predictiva del modelo.

2.3 Propuesta metodológica.

Este estudio tiene como objetivo diseñar un modelo discriminatorio según perfiles de riesgo de los proveedores de servicio aeronáutico de transporte público, para apoyar a una transición paulatina a un enfoque de vigilancia nacional basada en el riesgo, permitiendo complementar el PVC de la DGAC. Para ello, el desarrollo del modelo se estructura en etapas secuenciales que analiza el sistema actual hasta la construcción del algoritmo que permita cerrar las brechas del modelo actual con el deseado.

La primera etapa consiste en caracterizar el funcionamiento actual del PVC, identificando sus mecanismos de planificación, ejecución y seguimiento. Este análisis permite establecer el estado actual sobre el cual evaluar la incorporación de elementos de riesgo operacional.

Posteriormente, se caracteriza los principios de la Vigilancia Basada en Riesgo. En esta etapa se considera los conceptos de perfil de riesgo y priorización de recursos utilizados por organismos como la OACI y EASA. Esto establece el modelo objetivo el cual se compara con el modelo actual mediante un Análisis de Brechas, identificando la separación conceptual entre ambos modelos en 4 dimensiones institucionales, siendo evaluadas de manera cualitativa en niveles alta, media o baja, considerando la severidad de impacto. Así sobre esas brechas se construye una propuesta metodológica de implementación progresiva como el plan de acción obtenido de este análisis.

Luego, se construye un modelo de segregación que permita calcular perfiles de riesgo, basado en:

El enfoque de gestión de riesgo operacional utilizado por *Transport Canada Civil Aviation* (TCCA), establecida la relación entre probabilidad, consecuencia y exposición. Este enfoque indica que el riesgo puede ser representado mediante la interacción de dichos componentes, permitiendo evaluar tanto la posibilidad de ocurrencia de un evento como las consecuencias asociadas a su materialización. Sobre esta base se estructura la lógica general del modelo propuesto, con una adaptación de severidad en vez de consecuencia.

Para la determinación de la exposición se adopta la metodología utilizada por el Sistema Regional de Vigilancia de la Seguridad Operacional (SRVSOP), incorporando variables asociadas al nivel de actividad operacional de cada proveedor de servicios. En particular, se consideran la cantidad de operaciones realizadas y el promedio anual de pasajeros transportados, permitiendo representar la magnitud de la actividad desarrollada por cada operador y su potencial impacto sobre el sistema aeronáutico.

Asimismo, se incorpora la metodología PSOE como herramienta de evaluación continua del desempeño operacional.

Para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de eventos se selecciona la distribución exponencial acumulada. Esta decisión responde a la limitante de información pública asociada a accidentes e incidentes segregados por operador, lo que impide estimar comportamientos diferenciados de tasa de falla entre empresas. En consecuencia, se adopta una tasa de falla constante calculada a partir de la frecuencia histórica observada de eventos para el conjunto del segmento de transporte público.

Para evaluar continuamente la eficiencia del modelo, se incorporan tres coeficientes de ajustes: coeficiente de Pearson, coeficiente de Variación y coeficiente de Spearman. Estos coeficientes permiten ajustar periódicamente el modelo, haciéndolo más eficiente según se vayan captando datos, fortaleciendo su alineación con los principios de vigilancia basada en riesgo.

Finalmente, se estimará el costo económico según coste de capacitación, y horas-inspector, para luego graficar el horizonte de implementación una carta Gantt que oriente el proceso de transición PVC a RBO.

A continuación, se presenta gráficamente la estructura del presente estudio:

Tabla 2.15: Estructura del estudio para creación del modelo.



(Fuente: Elaboración propia).

3 DESARROLLO.

3.1 Caracterización del modelo actual de vigilancia de la DGAC: Plan de Vigilancia Continua (PVC).

Es fundamental distinguir entre el USOAP CMA como instrumento de auditoría externa que la OACI aplica a los Estados, y PVC como instrumento de fiscalización interna que la DGAC aplica a los PSA. El primero evalúa si el Estado chileno cumple con sus obligaciones de supervisión internacional. El segundo evalúa si los operadores cumplen con los estándares nacionales e internacionales de seguridad operacional. El PVC de la DGAC está homologado conceptualmente del USOAP CMA, adaptando su estructura de ocho Elementos Críticos como marco de supervisión, pero operando a nivel de PSA en lugar de a nivel estatal.

Cadena de responsabilidad normativa.

El PVC opera bajo una lógica programada, sistémica y homogénea. Su funcionamiento se estructura en cinco niveles que articula desde el marco normativo internacional hasta el proceso de gestión de riesgos de cada PSA (DGAC, 2026):

Tabla 3.1: Cadena de Responsabilidad de 5 niveles del sistema de vigilancia chileno.

Nivel	Actor	instrumento
1	OACI	Marco normativo global - SARPS y Anexos del Convenio de Chicago
2	Chile	SSP - Programa Estatal de la Seguridad Operacional
3	DGAC	SSO - Vigilancia de la Seguridad sobre todos los PSA
4	PSA	SMS - Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional
5	PSA	SRM - Gestión de Riesgos dentro del SMS

(Fuente: Elaboración propia).

El eslabón que conecta los niveles 3 y 4, es precisamente el PVC, que verifica mediante sus listas de verificación que el PSA cumple con los requisitos del SMS definidos en el Anexo 19 y la DAN 19. El eslabón que debería conectar los niveles 4 y 3 en el sentido

inverso, es el SDCPS, cuya implementación está en desarrollo y constituye la brecha tecnológica central del sistema actual.

Los Elementos críticos (CE) y su aplicación en el PVC.

Los ocho CE constituyen los pilares de un sistema eficaz de supervisión estatal. Los CE del 1 al 5 son de establecimiento (normativa, estructura, recursos) y los CE 6 a 8 son de implementación (operación efectiva en terreno). La OACI mide el porcentaje de implementación Efectiva (EI%) de cada CE en sus auditorías USOAP. (Revisar *Anexo C.1: Critical Elements (CE) y su relevancia para el PVC*)

El CE-5 y CE-7 son los puntos de entrada más directos del SDCPS en el ciclo de vigilancia. El primero como herramienta de soporte analítico y el segundo como repositorio de los resultados de inspecciones por PSA. La ausencia de un SDCPS operativo limita la capacidad de la DGAC de ejercer el CE-8 (Resolución de problemas) de forma proactiva, dado que requiere de datos analíticos que hoy no están centralizados (DGAC, 2026).

3.1.1 Funcionamiento del PVC.

- Planificación: El Subdepartamento de Transporte Público (SDTP) calendariza anualmente las inspecciones a los PSA TP a partir del tipo de organización, los requisitos de certificación y las exigencias de las DAN aplicables. Esta planificación establece frecuencias de ciclo que se aplican con independencia del desempeño previo o de perfil de riesgo del operador. La reunión sostenida con funcionarios del Subdepartamento confirmó que el tamaño del PSA es el principal criterio para determinar la complejidad de la LV aplicada, y que el riesgo actúa como factor secundario activado por hallazgos en fiscalizaciones previas, no como elemento primario de planificación.

Figura 3.1: Etapa 1 PVC: Planificación.

ETAPA 1: PLANIFICACION.



- Coordinación:

Figura 3.2: Etapa 2 PVC: Coordinación.

ETAPA 2: COORDINACION.



- Ejecución: las inspecciones se clasifican en programadas (visitas a terreno, auditorías e inspecciones en ruta), y no programadas (re-inspecciones por accidentes, reclamos o hallazgos críticos). El inspector aplica la LV correspondiente, cuya estructura es prescriptiva: cada ítem admite únicamente las respuestas Cumple/No cumple.

Figura 3.3: Etapa 3 PVC: Ejecución de la auditoría.

ETAPA 3: EJECUCIÓN DE LA AUDITORÍA.



- Reporte: los hallazgos se registran en el Sistema Integrado de Seguridad Operacional (SIGO), donde se documentan no conformidades, observaciones, plazos y estados de cierre. Esta información constituye la trazabilidad histórica del PSA en poder de la DGAC.

Figura 3.4: Etapa 4 PVC: Reporte.

ETAPA 4: REPORTE.



- Seguimiento: El PSA debe presentar acciones correctivas ante los hallazgos identificados. El inspector verifica su cierre en el plazo establecido. El ciclo se reinicia con la siguiente inspección programada, independientemente si el PSA demostró mejora sostenida o si sus hallazgos concentraron en áreas de alta criticidad.

3.1.2 La Lista de Verificación de Inspección de Ruta IOA como instrumento central:

El instrumento más relevante del PVC para el presente análisis es la LV de inspección en ruta IOA, que permite al inspector evaluar el cumplimiento operacional del PSA en

tiempo real durante el vuelo. Su estructura comprende 254 ítems organizados en once secciones que cubren la totalidad de las fases del vuelo:

Tabla 3.2: Fases de evaluación por sección de la LV de Ruta IOA.

Sección	Ítems	Fase evaluada
DESPACHO Y PREVUELO	70	Preparación en tierra antes de vuelo
SALIDA Y DESPEGUE	43	Fase de rodaje, despegue e inicial de ascenso
EN RUTA	26	Crucero y navegación
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	68	Descenso, aproximación y rodaje final
FACTORES HUMANOS	7	CRM, TEM y gestión de la tripulación
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS	15	SOP, ALP y uso de listas de verificación
EFB	3	Bolso de vuelo electrónico
APOYO TERRESTRE	3	Coordinación con servicios en tierra
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	5	Procedimientos de cabina
SISTEMAS AERONÁUTICOS	13	Sistemas de la aeronave
GENERALIDADES	1	Aspectos generales de la operación
TOTAL	254	

(Fuente: Elaboración propia).

Cada ítem de la LV tiene asociada a una referencia normativa específica de la DAN 121, que le otorga respaldo regulatorio directo a cada verificación.

Limitación estructural identificada.

La limitación central del PVC puede expresarse con precisión técnica a partir del análisis de la LV y como cada ítem representa un peso distinto según el riesgo inherente que representan. Esta limitación tiene una consecuencia operacional directa: dos PSA con igual porcentaje de cumplimiento en la LV pueden tener perfiles de riesgo radicalmente distintos que el PVC no diferencia, asignándoles el mismo ciclo de fiscalización.

3.2 Caracterización del modelo de Vigilancia Basado en Riesgo (RBO).

Para comprender la transición propuesta, es necesario caracterizar el funcionamiento del modelo de Vigilancia Basada en Riesgos (RBO) como un sistema operativo integrado. A diferencia del enfoque tradicional, el RBO opera como un ciclo dinámico guiado por datos, cuyo objetivo central es transformar la fiscalización en un proceso predictivo, adoptando un enfoque de gestión de desempeño. El RBO se sustenta normativamente del Doc. 9735 de la OACI (sección 3.5), el cual exige una planificación de la vigilancia calibrada según el perfil de riesgo específico de cada PSA.

El modelo funciona bajo una estructura secuencial donde los datos históricos son procesados mediante algoritmos para dictar las acciones de la autoridad aeronáutica.

El modelo RBO se alimenta de datos provenientes de dos fuentes claves que interactúan entre sí:

- Los datos internos del operador (SMS y SRM): El modelo absorbe directamente los Indicadores de Rendimiento de Seguridad Operacional (SPI) y los procesos de Gestión de Riesgos de Seguridad (SRM) del propio PSA. De este modo, el comportamiento y la autogestión de la aerolínea se convierten en un insumo oficial para la autoridad.
- El historial dinámico del Estado (SSO): El sistema mantiene un registro centralizado y activo de la tasa de cumplimiento reglamentario y el histórico acumulado de hallazgos del explotador.

El RBO se caracteriza por no depender de una única fórmula rígida, sino de una arquitectura que integra recopilación de datos (Sistema de Recopilación y Procesamiento de Datos sobre Seguridad Operacional (SDCPS), juicio experto, y calibración y tendencias. Esto permite cumplir con el objetivo esencial de asignación asimétrica de recursos: entre más crítico sea el perfil del PSA, más se aumenta la intensidad de vigilancia; en cambio, una criticidad baja permite una intensidad reducida, dando cavidad a la asignación de recursos en sectores que más lo necesitan.

El resultado final del procesamiento de estos algoritmos es la generación de las directrices de vigilancia, las cuales rompen por completo con la rigidez de los calendarios fijos, mediante el criterio de priorización por Índice de Riesgo:

$$IR = P * S * E$$

Donde:

IR = Índice de Riesgo

P = Probabilidad

S = Severidad

E = Exposición operacional

Este resultado permite:

- Frecuencias y alcances flexibles: los ciclos se expanden o se contraen de forma automática.
- Optimización del capital humano: se reduce el desperdicio de horas-inspector en operadores de bajo riesgo, permitiendo que el personal concentre la fuerza técnica en terreno donde el riesgo sistémico es latente.

3.3 Análisis GAP en cuatro dimensiones: PVC vs. Modelo RBO.

3.3.1 Dimensión normativa:

El PVC se sustenta en una estructura normativa que exige ciclos de inspección homogéneos sin diferenciación explícita por perfil de riesgo. La DAN 19, en su sección 3.3, declara la vigilancia en base a datos como principio orientador, pero no establece mecanismos normativos específicos que obliguen a diferenciar la intensidad de la fiscalización según el riesgo de cada PSA. En términos prácticos, la normativa habilita el RBO conceptualmente pero no lo exige operacionalmente.

El modelo RBO requiere, según el Doc. 9859 de la OACI, que el SSP del Estado establezca explícitamente los criterios de priorización de la vigilancia basados en el perfil de riesgo de cada PSA. La Recomendación 4 de la EASA (2016) establece que el SSP debe estar vinculado a los objetivos del RBO y que el sistema de vigilancia debe ser suficientemente maduro antes de complementarse con el enfoque basado en riesgo.

Tabla 3.3: Análisis GAP dimensión normativa

Criterio normativo	Estado actual PVC	Estado objetivo RBO	Brecha
Fundamento legal del modelo de vigilancia	USOAP CMA (Doc 9735) aplicado homogéneamente a todos los PSA sin diferenciación por riesgo.	Doc 9735, sección 3.5: planificación basada en el perfil de riesgo del PSA con frecuencias diferenciadas.	BAJA: marco habilita RBO, pero no la exige
Criterio de planificación de inspecciones	Tipo de organización, requisitos de certificación y exigencias DAN. Sin criterio de riesgo.	Índice de riesgo $IR = P \times S \times E$ como criterio primario de planificación (DGAC, 2026).	ALTA: ausencia de criterio de riesgo en planificación
Diferenciación por perfil de riesgo	No existe diferenciación formal. Todos los PSA de una categoría reciben igual tratamiento.	Clasificación en cuartiles de riesgo con frecuencias diferenciadas por nivel (DGAC, 2026).	ALTA: sin mecanismo de diferenciación
Vínculo SSP-vigilancia	DAN 19 Sección 3.3 declara vigilancia en base a datos como principio, sin mecanismo operacional.	SSP vinculado a objetivos de RBO con criterios formales de priorización (EASA Recom. 4, 2016).	MEDIA: habilitado normativamente, no implementado
Obligación de incorporar datos SMS	PVC verifica cumplimiento del SMS. No utiliza outputs del SMS como insumo de planificación.	SMS del PSA como insumo activo: SRM, SPI incorporados al perfil de riesgo (Doc 9859, 2018).	ALTA: brecha central del modelo propuesto

Marco habilitante de RBO	Sin procedimiento formal de RBO en el MIO o normativa interna de la DGAC.	Política institucional de RBO aprobada con taxonomía de riesgos y criterios de clasificación.	ALTA: requiere decisión institucional
--------------------------	---	---	---------------------------------------

(Fuente: Elaboración propia).

La brecha normativa identificada es de tipo habilitador: el marco regulatorio chileno no prohíbe el RBO, pero tampoco lo exige, lo que significa que su implementación depende de una decisión institucional de la DGAC y no requiere cambios legislativos previos. Esta condición es favorable para la viabilidad del modelo propuesto.

3.3.2 Dimensión operacional

Esta dimensión evalúa como se planifica, ejecuta y registra la vigilancia en el modelo actual versus el modelo objetivo. Las nueve dimensiones que diferencian ambos modelos son:

Tabla 3.4: Análisis GAP dimensión operacional.

Dimensión operacional	PVC actual — Vigilancia Continua	Modelo RBO objetivo	Brecha
Objetivo del sistema	Garantizar que todos los PSA cumplan requisitos mínimos de forma continua.	Maximizar la efectividad concentrando recursos en PSA y áreas de mayor riesgo demostrado.	MEDIA: objetivos compatibles, metodología distinta
Enfoque de supervisión	Prescriptivo y reactivo: calendario fijo, respuesta a eventos. Igual atención a todos los PSA.	Proactivo y predictivo: anticipa el riesgo usando datos históricos y SMS/SRM del PSA.	ALTA: cambio de paradigma completo
Frecuencia de inspección	Uniforme: todos los PSA de una categoría reciben igual frecuencia independiente del desempeño.	Diferenciada: PSA riesgo crítico inspeccionados mensualmente; riesgo bajo, bienalmente.	ALTA: sin diferenciación actual
Criterio de priorización	Normativo y temporal: calendario anual fijo basado en fecha del último ciclo. Igual prioridad para todos.	Índice de Riesgo $IR = P \times S \times E$. Cada PSA priorizado según perfil actualizado dinámicamente.	ALTA: ausencia de índice de riesgo por PSA
Escala de evaluación por ítem	Binaria: Cumple / No Cumple. Sin registro de nivel de madurez ni criticidad del hallazgo.	Escala cuaternaria (0 / 0.25 / 0.5 / 0.75 / 1) ponderada por criticidad G-HRC.	ALTA: brecha resuelta por Etapa 1 del modelo
Uso de datos históricos del PSA	SIGO registra hallazgos, pero no alimenta formalmente la planificación del siguiente ciclo.	Historial de cumplimiento es insumo directo de la planificación. Mayor historial de hallazgos = mayor frecuencia.	ALTA: datos disponibles no utilizados para planificación

Rol del SMS del PSA	El Estado verifica que el SMS exista y cumpla requisitos mínimos. SMS es objeto de auditoría.	SMS del PSA es insumo activo: SRM y SPI se incorporan al perfil de riesgo del operador.	ALTA: brecha resuelta por Etapa 2 del modelo
Tipo de constatación	Por incumplimiento de ítem específico. Foco en la norma incumplida, no en el riesgo sistémico.	Por riesgo sistémico: combinación de señales débiles que indican tendencia de deterioro.	MEDIA: requiere capacitación analítica del inspector
Gestión de recursos de inspección	Recursos distribuidos uniformemente. Alta carga en PSA de bajo riesgo.	Recursos concentrados donde generan mayor impacto. Reducción de carga en PSA maduros.	ALTA: ineficiencia estructural del sistema actual

(Fuente: Elaboración propia).

La primera brecha operacional y la más relevante, es la ausencia de ponderación por criticidad en los instrumentos de evaluación. Como se demostró en la sección 3.1.4, el PVC registra el porcentaje de cumplimiento agregando indistintamente todos los ítems de la LV, sin distinguir entre hallazgos administrativos y hallazgos directamente vinculados a las G-HRC de la OACI. El modelo RBO, en cambio, requiere que cada hallazgo se evaluado según su severidad y probabilidad, y que la planificación del siguiente ciclo de inspección refleje es evaluación.

La segunda brecha operacional relevante es el uso de información histórica. El SIGO acumula datos de inspecciones previa, hallazgos y acciones correctivas de cada PSA, pero esta información no se utiliza formalmente para ajustar la frecuencia o profundidad del siguiente ciclo de inspección. El modelo RBO establece que el historial de cumplimiento del PSA debe ser un insumo directo de la planificación de vigilancia, de modo que un operador con hallazgos críticos recurrentes reciba mayor frecuencia de inspección.

La tercera brecha operacional es la no incorporación de los datos del SMS. Los PSA TP están obligados por la DAN 19 a mantener un SMS funcional que genere datos de identificación de peligros y evaluación de riesgos. Sin embargo, el PVC no incorpora esta información como variable de planificación. En consecuencia, el inspector verifica si el SMS cumple normativamente mediante la LV de brechas, pero no utiliza lo que el SMS del operador dice sobre sus riesgos para orientar dónde inspeccionar con mayor profundidad.

3.3.3 Dimensión tecnológica:

La dimensión tecnológica concentra la brecha las estructural del sistema actual. El SDCPS se describe como el repositorio que centralizaría los datos provenientes del SSO, SMS y SRM de cada PSA, lo que permitiría a la DGAC monitorear el perfil de riesgo y tomar decisiones basadas en evidencia. El flujo de datos proyectado opera en cinco pasos: generación de datos operacionales por PSA → procesamiento interno en el SMS (SRM) → recopilación en el SDCPS → análisis y generación del perfil de riesgo → decisión de vigilancia diferenciada.

El PVC, por otro lado, opera sobre el SIGO como plataforma de registro de hallazgos e historial de inspecciones. Esta plataforma centraliza información valiosa pero no está diseñada para construir perfiles de riesgos dinámicos por operador ni para cruzar datos del SMS con datos de cumplimiento operacional.

El modelo RBO requiere de un SDCPS operativo que centralice datos del SSO, SMS y SRM de cada PSA, permitiendo a la autoridad monitorear el perfil de riesgo de forma continua y tomar decisiones de planificación basadas en evidencias. Sin embargo, Chile no cuenta con un SDCPS plenamente implementado a la fecha de elaboración de esta memoria.

Tabla 3.5: Análisis GAP dimensión tecnológica

Componente tecnológico	Disponibilidad actual DGAC	Requerimiento modelo RBO	Brecha
Plataforma de registro de hallazgos	SIGO operativo. Registra no conformidades, observaciones y estado de CAP.	SIGO integrado al SDCPS como fuente de datos históricos por PSA.	BAJA: SIGO existe; requiere integración
Repositorio centralizado de datos SMS	No disponible. Datos del SMS de cada PSA quedan en poder del operador.	SDCPS centraliza datos del SSO, SMS y SRM de todos los PSA en tiempo real.	ALTA: SDCPS en desarrollo, no implementado
Sistema de construcción de perfiles de riesgo	No disponible. No existe índice de riesgo automatizado por PSA.	El cálculo del perfil de riesgo es adaptable según el Estado.	MEDIA: requiere SDCPS operativo y un algoritmo de segregación.
Herramienta de análisis de tendencias	No disponible institucionalmente. <i>iSTARS</i> de OACI disponible solo a nivel estatal.	<i>Dashboard</i> de vigilancia diferenciada por operador con alertas automáticas por degradación de SPI.	ALTA: capacidad analítica inexistente a nivel PSA

Integración de fuentes SSO + SMS + SRM	No disponible. Cada fuente opera en silo: inspecciones (SIGO), datos SMS (PSA), accidentes (PREVAC).	SDCPS integra todas las fuentes mediante conectores ETL normalizados y taxonomía común.	ALTA: fragmentación de datos actual
Acceso del inspector a datos históricos	Parcial: inspector accede a historial de hallazgos del PSA en SIGO antes de la inspección.	Inspector accede al perfil de riesgo dinámico del PSA con tendencias y alertas en tiempo real.	MEDIA: SIGO disponible, pero sin analítica de riesgo

(Fuente: Elaboración propia).

3.3.4 Dimensión de capacidades institucionales.

Según la DGAC, se registra el porcentaje de avance hacia un enfoque RBO por tipo de PSA, siendo los operadores aéreos (OOAA, que incluyen los cuatro operadores objeto de esta memoria) el segmento con mayor avance del SAN chileno.

Tabla 3.6: Transición a RBO relativo del SAN chileno.

Tipo de PSA	Área USOAP	Avance hacia RBS
Operadores aéreos (OOAA)	OPS / AIR	45%
Aeródromos (AGA)	AGA	42%
Tránsito Aéreo (ATS)	ANS	38%
Mantenimiento (CMA)	AIR	35%

(Fuente: Elaboración propia)

Estos porcentajes son estimaciones referenciales basadas en el análisis del estado de implementación de los requisitos habilitantes según el Doc. 9735 (5ta Edición, 2023) y el Anexo 19. La evaluación definitiva corresponde a la DGAC en el marco de su autoevaluación SSPIA (DGAC, 2026).

El 45% de avance en el segmento OOAA indica que aproximadamente la mitad de los requisitos habilitantes para la RBO están satisfechos en este segmento. Los requisitos pendientes de mayor relevancia para el modelo propuesto son: el SDCPS operativo, el módulo del perfil de riesgo por operador, y los criterios de clasificación de riesgo formalmente definidos.

Las brechas de capacidades institucionales se organizan en tres tipos:

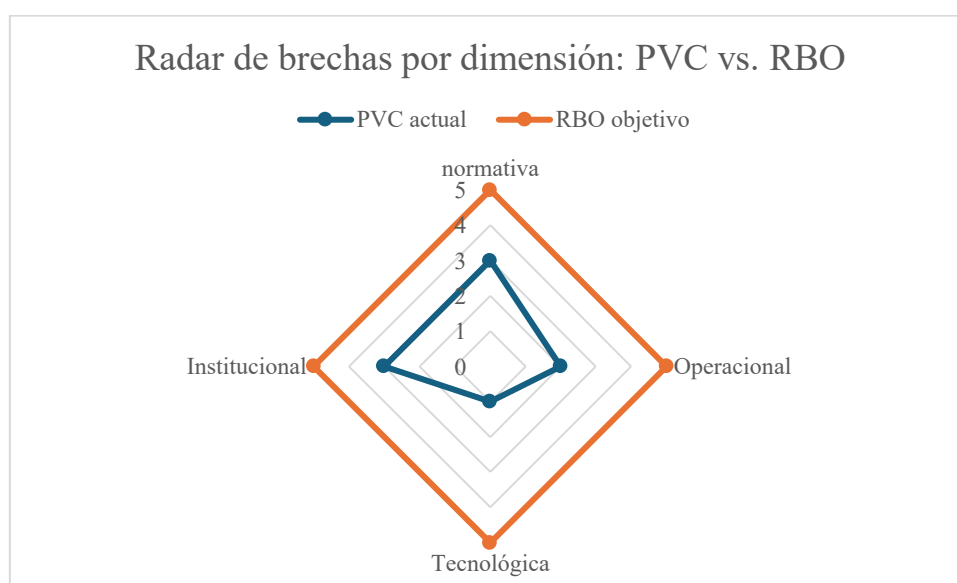
- Competencia analítica: el rol actual del inspector está centrado en la verificación de cumplimiento prescriptivo. El RBO requiere que el inspector actúe como analista de riesgo, evaluando la criticidad de los hallazgos y construyendo perfiles diferenciados.
- Proceso interno: la planificación de la vigilancia no cuenta con un mecanismo formal de construcción de perfiles de riesgo por operador.
- Cultural: la transición implica pasar de una relación verificador-auditor a una más colaborativa y analítica, consistente con el concepto de Cultura Justa (DGAC, 2026; EASA, 2026).

Tabla 3.7: Brechas dimensión institucional.

Capacidad institucional	Estado actual DGAC	Requerimiento RBO	Brecha
Competencias del inspector	Verificación de cumplimiento prescriptivo según ítems de la LV. Rol de verificador.	Evaluación de criticidad de hallazgos, asignación PSOE/MSAT, construcción de perfil de riesgo. Rol de analista.	ALTA: ampliación del perfil de competencias requerida
Proceso de planificación de la vigilancia	Calendarización anual homogénea según tipo de PSA. Sin criterio de riesgo primario.	Proceso formal de construcción de perfiles de riesgo por PSA incorporado en el ciclo de planificación anual.	ALTA: proceso de planificación debe rediseñarse
Cultura organizacional de supervisión	Relación verificador-auditado. Foco en detección de incumplimientos.	Relación colaborativa y analítica consistente con el concepto de Cultura Justa (<i>Just Culture</i>).	MEDIA: cambio cultural progresivo
Capacitación en herramientas RBO	Sin capacitación específica en herramientas de vigilancia basada en riesgo (MSAT, <i>iSTARS</i>).	Capacitación MSAT: 1–2 días por inspector.	MEDIA: costo de implementación estimable y acotado
Mecanismo de retroalimentación inspección-planificación	Hallazgos registrados en SIGO sin vínculo automatizado con la planificación del siguiente ciclo.	Resultados de inspección actualizan automáticamente el perfil de riesgo del PSA en el SDCPS.	ALTA: requiere SDCPS y rediseño del proceso
Gobernanza del modelo de vigilancia	Sin política institucional formal de RBO. MIO define procedimientos prescriptivos.	Política RBO aprobada por la Dirección General de la DGAC con criterios, umbrales y responsables definidos.	ALTA: decisión institucional pendiente

(Fuente: Elaboración propia).

Gráfico 3.1: Radar de brechas por dimensión: PVC vs RBO.



(Fuente: Elaboración propia).

Esta figura muestra gráficamente el alcance del PVC en contraste con el objetivo de implementar un modelo de vigilancia RBO.

3.4 Modelo Complementario

El modelo se estructura en dos etapas de implementación progresiva, coherentes con el objetivo institucional de la DGAC hacia un nivel de productividad 3 en su SSP para el año 2027 (DGAC, comunicación personal, 2026), y con la Recomendación 6 de la EASA (2016) que establece que el RBO debe desplegarse progresivamente.

3.4.1 Etapa 1.

La primera etapa es aplicable de manera inmediata con los recursos e instrumentos actuales de la DGAC. No requiere desarrollo del SDCPS ni modificaciones de LV. Sus únicos insumos son la LV de Inspección en Ruta IOA, cuyos resultados son generados por el propio PVC, y los datos de operaciones anuales por operador, publicados por la JAC.

Clasificación por criticidad de ítems de la Lista de Verificación de “Inspección de Ruta del Inspector de Operador Aéreo”.

El primer paso del modelo corresponde a la clasificación de los 254 ítems de la LV de Inspección de Ruta IOA en tres niveles de criticidad según su vinculación con las Categorías Globales de Alto Riesgo (G-HRC) del GASP de la OACI: pérdida de control en vuelo (LOC-I), impacto controlado contra el terreno (CFIT), impacto controlado contra el terreno (CFIT), excursión de pista (RE), incursión en pista (RI) y colisión en vuelo (MAC).

Tabla 3.8: Clasificación según nivel de criticidad de los ítems de la LV Inspección en Ruta IOA.

Nivel	Definición
Crítico (C)	Falla directamente asociada a G-HRC
Relevante (R)	Falla que puede derivar en condición de riesgo si se combina con otros factores
Administrativo (A)	Falla de forma o documentación sin impacto operacional directo

(Fuente: elaboración propia).

La clasificación de los 254 ítems por sección se presenta en la siguiente tabla resumen:

Tabla 3.9: Resumen clasificación según nivel de criticidad de los ítems de la LV “Inspección en Ruta IOA”.

Sección	Crítico (C)	Relevante (R)	Administrativo (A)	Total	% Crítico	Peso Máximo Posible
DESPACHO Y PREVUELO	18	37	15	70	26%	143
SALIDA Y DESPEGUE	28	15	0	43	65%	114
EN RUTA	17	9	0	26	65%	69
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	57	11	0	68	84%	193
FACTORES HUMANOS	7	0	0	7	100%	21
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS	11	3	1	15	73%	40
EFB	1	2	0	3	33%	7
APOYO TERRESTRE	1	2	0	3	33%	7
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	3	1	1	5	60%	12
SISTEMAS AERONÁUTICOS	8	5	0	13	62%	34
GENERALIDADES	0	0	1	1	0%	1
TOTAL	151	85	18	254	59%	641

(Fuente: elaboración propia.).

NOTA: La clasificación completa ítem por ítem se presenta en el Anexo C.2: “Clasificación de los criterios según criticidad” del presente documento.

Esta clasificación es preliminar y debe ser validada por inspectores del Subdepartamento de Transporte Público de la DGAC antes de su aplicación formal, dado que su asignación tiene un componente de juicio experto que excede el alcance del análisis documental.

Cálculo del índice de Cumplimiento Operacional Ponderado (COP):

El siguiente paso es el cálculo del COP, que permite cuantificar el desempeño operacional del vuelo ponderando cada ítem de la LV de Ruta IOA según la criticidad de los ítems, permitiendo identificar áreas de menor desempeño. El COP reemplaza el porcentaje de cumplimiento homogéneo del PVC por un índice que pondera cada ítem según su criticidad operacional, cuya fórmula es:

$$COP = \frac{\sum(\text{puntaje ítem} * \text{Peso criticidad})}{641}$$

Donde:

Puntaje ítem $\in \{0; 0.25; 0.50; 0.75; 1\}$

Peso criticidad: $C = 3 / R = 2 / A = 1$.

641 = peso máximo posible (todos los ítems cumplen plenamente).

La escala cuaternaria del puntaje ítem toma valores cuaternarios según cumplimiento parcial:

Tabla 3.10: Puntaje ítem según cumplimiento parcial de criterios de LV Ruta.

Valor	Significado
0	No cumple - ausencia total del requisito
0,25	Cumplimiento muy deficiente - fallas graves
0,5	Cumplimiento parcial - fallas moderadas
0,75	Cumplimiento mayoritario - deficiencias menores
1	Cumple plenamente.

(Fuente: Elaboración propia).

Nota: La estandarización de los criterios de asignación por ítem específico es una condición de aplicación del modelo que requiere el desarrollo de una guía complementaria por parte del Subdepartamento de Transporte Público, en línea con la Recomendación 9 de la EASA (2016).

El resultado del COP de los PSA TP, debido a que el cumplimiento actual de la LV de ruta es información protegida de la DGAC, se han establecido como supuestos representativos explicados en propuesta metodológica, obteniendo:

Tabla 3.11: COP hipotéticos representativos de cada PSA TP

Operador	COP
LATAM	0,942
SKY	0,914
JETSMART	0,871
DAP	0,823

(Fuente: Elaboración propia).

El COP hipotético de cada operador se fundamenta en dos criterios combinados de información pública:

- Tamaño y complejidad operacional: operadores más grandes con mayor diversidad de rutas tienen estadísticamente mayor probabilidad de

hallazgos en ítems relevantes, aunque mantengan alto cumplimiento en ítems críticos. LATAM y SKY por escala operacional tendrían COP ligeramente más alto que JetSMART y DAP por su mayor madurez procedimental, por ejemplo.

- b) Años de operación bajo PVC: LATAM y SKY operan bajo fiscalización DGAC desde hace más de 20 años. JetSMART desde 2017. DAP desde hace más tiempo, pero con escala más pequeña. A mayor tiempo bajo PVC, mayor ajuste al cumplimiento de la LV.

Cálculo de la Probabilidad de evento por volumen operacional $P(x)$.

En continuidad, se calcula la probabilidad de evento dado el número de operaciones por aerolínea. Como se especifica en Marco Teórico, la Distribución Acumulada de la Exponencial modela la probabilidad de que ocurra un evento de seguridad con tasa de falla constante, en función del volumen de operaciones del operador:

$$P(x) = 1 - e^{-(\lambda x)}$$

Donde:

x = operaciones anuales del operador (vuelos Chile, datos JAC).

λ = tasa de falla del segmento TP

Cálculo de λ :

La tasa de falla se calcula a partir de los sucesos del segmento de transporte aéreo comercial sobre 5700 kg y 19 pasajeros registrados por el PREVAC de la DGAC para el periodo 2022-2025, y el total de operaciones de los cuatro operadores AOC en ese mismo periodo según datos de la JAC, siendo:

$$\lambda = \frac{6 [\text{suceso}]}{958269 [\text{operación}]} \approx 6,3 \times 10^{-6}$$

En otras palabras, la ocurrencia de un suceso de accidentabilidad corresponde a aproximadamente 6 sucesos por cada millón de operaciones.

Esta tasa de accidentabilidad no representa una probabilidad individual específica para cada operador, sino una tasa basal de ocurrencia asociada al universo operacional del segmento de Transporte Público analizado.

Al implementar esta ecuación, la probabilidad de falla de cada operador es:

Tabla 3.12: Probabilidad de falla por cantidad de operaciones

Operador	P(x)
LATAM	0,62094
SKY	0,29700
JETSMART	0,19988
DAP	0,04733

(Fuente: Elaboración propia)

Cálculo del índice de exposición (EXP) según pasajeros promedio por vuelo (Anual).

Este índice tiene por objetivo cuantificar el nivel de exposición a los que enfrenta cada operador según la cantidad de pasajeros que transporta, ya que la gravedad de las consecuencias de un suceso es directamente proporcional a la cantidad de pasajeros transportados.

El índice de exposición se calcula dado los pasajeros promedio anual de los proveedores, calculándose como:

$$EXP = \left(\frac{\text{Pasajeros totales anuales}}{\text{Vuelos anuales}} \right)$$

Este cociente mide cuantas personas están expuestas en promedio por operación. Con los datos públicos de la JAC, se tiene por operador:

Tabla 3.13: Pasajeros transportados promedio anual por PSA TP

Aerolínea	LATAM	SKY	JETSMART	DAP
EXP	109 [Pax]	91 [Pax]	95 [Pax]	17 [Pax]

(Fuente: Elaboración propia)

Este resultado refleja la cantidad de pasajeros promedio por vuelo.

Para su incorporación al modelo como un indicador, se debe normalizar entre 0 y 1 dividiendo por el máximo del grupo, obteniendo:

Tabla 3.14: Índice de Exposición normalizada

Aerolínea	LATAM	SKY	JETSMART	DAP
EXPnorm	1,000	0,839	0,874	0,159

(Fuente: Elaboración propia)

Cálculo del Índice de Riesgo del Operador (IRO₁)

El siguiente paso es el cálculo del IRO₁ de la Etapa 1, integrando la probabilidad de falla, la exposición y el riesgo operacional de la siguiente forma:

$$IRO_1 = P(x) * EXP_{norm} * (1 - COP)$$

Donde:

P(x) = probabilidad de ocurrencia

EXP_{norm} = exposición operacional normalizada

COP = severidad implícita dado los G-HRC

Dado $\lambda = 6 \times 10^{-6}$ [suceso/operación], y el escenario base del año 2025, se obtiene:

Tabla 3.15: Resultados de Indicador de Riesgo Operacional primario por PSA TP.

Operador	[Vuelo]	P(x)	EXP _{norm}	COP	(1-COP)	IRO ₁	Ranking
LATAM	154928	0,621	1,000	0,942	0,058	0,036	1°
SKY	56283	0,297	0,839	0,914	0,086	0,021	3°
JETSMART	35614	0,200	0,874	0,871	0,129	0,023	2°
DAP	7744	0,047	0,159	0,823	0,177	0,001	4°
Total	958269						

(Fuente: Elaboración propia)

El resultado indica que el Operador que enfrenta un riesgo más alto es LATAM, seguido por SKY, JetSMART y Aerovías DAP, respectivamente.

Como se puede verificar, el IRO₁ de SKY y JetSMART tienen una diferencia mínima, esto se debe a que, si bien SKY lidera en operaciones, los índices de probabilidad y exposición, JetSMART acota esta diferencia dada sus falencias según el resultado del riesgo de severidad por G-HRC de su LV de ruta (1-COP). Esto refleja exactamente el principio del modelo: el riesgo no solo depende de la exposición operacional, sino a la calidad de su gestión.

Para ejemplificar, revisar Anexo C.3: “Escenario de deterioro: JetSMART con hallazgos críticos”).

Limitaciones de la Etapa 1

El COP utiliza valores supuestos de cumplimiento de la LV SMS dado que los resultados reales de las inspecciones de ruta de la DGAC son información de acceso restringido. La validación con datos reales requeriría de acceso a la base histórica del SIGO, lo que excede el alcance declarado de este estudio.

El λ se calculó con datos del periodo 2022-2025, que corresponde a un periodo pospandémico con recuperación acelerada del tráfico. Una serie más larga aumentaría la robustez estadística del estimador.

La clasificación C/R/A de los 254 ítems es preliminar y requiere validación experta. Cambios en esa clasificación modificarían los pesos del COP y potencialmente el ranking de los operadores.

La Etapa 1 no incorpora la madurez del SMS del operador como variable del modelo. Dos operadores con igual COP, P(x) y EXP obtendrían el mismo IRO_i, aunque uno tenga un SMS efectivo y el otro tenga un SMS apenas presente.

3.4.2 Etapa 2

La Etapa 2 requiere de un SDCPS operativo que centralice los datos del SMS de los operadores, por tanto, esta etapa es aplicable al término del desarrollo del SDCPS de la DGAC para el año 2027 (DGAC, 2026). también, es necesaria la modificación del formato de la LV de análisis de Brechas del SMS para incorporar la escala PSOE en reemplazo del formato actual Si/No. Tercero, la capacitación de los inspectores del Subdepartamento de Transporte Público en la aplicación del MSAT.

Lista de Verificación de Análisis de Brechas del SMS.

El primer paso es el reemplazo de la escala binaria Si/No por la escala de cuatro niveles del MSAT de la EASA (MSAT - Issue 2, 2023). Esta sustitución es normativamente coherente dada las cuatro fases de implementación del SMS de la DAN 19, ya que se corresponden directamente con los cuatro niveles del PSOE:

Tabla 3.16: Homologación LV Análisis de Brechas según MSAT de la EASA.

Fase DAN 19	Nivel PSOE	Puntaje
-------------	------------	---------

Fase 1 - Planificación SMS	Presente	1
Fase 2 - Análisis reactivo de identificación de peligros	Adecuado	2
Fase 3 - Análisis proactivo y predictivo	Operativo	3
Fase 4 - Garantía de la seguridad operacional.	Efectivo	4

(Fuente: Elaboración propia).

La diferencia fundamental entre ambas es el estándar probatorio: la DAN 19 exige que el elemento exista documentalmente, el MSAT exige que el elemento opere en la práctica. Un SMS puede estar documentalmente en Fase 3 y operativamente en Fase 1, y la LV actual no lo detecta. El MSAT sí, porque requiere que el inspector busque evidencia de aplicación real, y no solo documentación existente.

Cálculo del índice de madurez del SMS (MS):

El paso siguiente es integrar un índice que cuantifique el nivel de funcionamiento real del sistema de gestión de seguridad operacional mediante la LV de Análisis de Brechas con escala PSOE. El objetivo principal de esta LV es evaluar los cuatro componentes del SMS definidos en el Anexo 19 de la OACI y replicados en la DAN 19, asignando peso doble al Componente 2 (gestión de Riesgos) por constituir el núcleo funcional del SMS.

$$MS = \frac{C1 * 1 + C2 * 2 + C3 * 1 + C4 * 1}{5}$$

Donde:

MS: Madurez del SMS

C_i: componente i del SMS

Cada componente de la LV recibe el promedio de los puntajes PSOE de sus elementos constitutivos (escala 1-4). Para su incorporación al IRO2, se normaliza a escala 0-1 mediante MSnorm = MS/4.

Tabla 3.17: Escala cuaternaria de cumplimiento de LV de Análisis de Brechas del SMS.

Nivel	Puntaje	Descripción
Cumple plenamente	4	El procedimiento existe, se aplica consistentemente y

		genera resultados demostrables
Cumple con observaciones	3	El procedimiento existe y se aplica, pero con desviaciones menores no críticas
Cumple parcialmente	2	El procedimiento existe, pero su aplicación es inconsistente o incompleta
No cumple	1	El procedimiento no existe o no se aplica

(Fuente: Elaboración propia).

Resultados

Escenario base: año 2025

Supuesto: Los valores de MS hipotéticos reflejan que los cuatro PSA TP tienen SMS implementado y funcionales, con distintos niveles de madurez, LATAM y Sky, como operadores más establecidos, tienen SMS más maduros. JetSMART, en expansión acelerada, tiene un SMS más reciente. DAP, como operador regional, tiene un SMS adecuado para su escala de operaciones, pero con menor profundidad en el análisis proactivo, plasmando los siguientes resultados:

Tabla 3.18: Resultados de los MS de cada PSA TP.

Componente SMS	LATAM	SKY	JETSMART	DAP
C1 - Política y Objetivos	3,8	3,6	3,2	3
C2 - Gestión de Riesgos	3,5	3,2	2,8	2,5
C3 - Garantía de la Seguridad	3,6	3,4	2,9	2,6
C4 - Promoción de Seguridad	3,7	3,5	3,1	2,8
MS (escala 1-4)	3,62	3,38	2,96	2,68
Msnorm (escala 0-1)	0,905	0,845	0,74	0,67

(Fuente: Elaboración propia).

Dado el cálculo de los índices anteriores se establece un algoritmo de integración mediante el cálculo IRO_2 , el cual toma los índices MS, COP, $P(x)$ y EXP, calculados en la Etapa 1 y 2, siendo integrados en el siguiente algoritmo:

Cálculo del Índice de Riesgo del Operador secundario (IRO_2):

$$IRO_2 = P(x) * EXP_{norm} * [\alpha * (1 - COP) + \beta * (1 - MS_{norm})]$$

Donde:

$$\alpha + \beta = 1$$

Ponderación inicial propuesta: $\alpha = 0.50$; $\beta = 0,50$

MSnorm = MS/4 (normalizado a escala 0-1)

Obteniendo:

Tabla 3.19: Resultado de los Índices de Riesgo de los PSA TP.

Operador	P(x)	EXPnorm	1 - COP	MSnorm	1 - MSnorm	$\alpha(1-COP)+\beta(1-MS)$	IRO ₂	Ranking
LATAM	0,621	1,000	0,058	0,905	0,095	0,077	0,048	1°
SKY	0,297	0,839	0,086	0,845	0,155	0,121	0,030	3°
JETSMART	0,200	0,874	0,129	0,740	0,260	0,195	0,034	2°
DAP	0,047	0,159	0,177	0,670	0,330	0,254	0,002	4°

(Fuente: Elaboración propia).

Condiciones de aplicación

Etapas 2:

- Operatividad del SDCPS para centralizar los datos del SMS de los operadores.
- Modificación del formato de la LV de Análisis de Brechas para incorporar escala PSOE.
- Capacitación de inspectores en la aplicación del MSAT.
- Calibración de los ponderadores de α y β mediante análisis de sensibilidad con los datos históricos de inspecciones reales *(Revisar Anexo C.4: Análisis de sensibilidad de α y β .)*
- La Etapa 2 no puede implementarse hasta que Chile cuente con un SDCPS operativo y los inspectores estén capacitados en la aplicación del MSAT.

3.5 Estimación de Costo Operacional.

3.5.1 Supuestos declarados

La estimación de horas efectivas anuales se realizó mediante la siguiente expresión:

$$H_{eff} = H_m * 40\% * 12$$

Donde:

H_{eff} : Horas efectivas anuales dedicadas a fiscalización.

H_m : jornada laboral mensual del inspector.

Por lo tanto, la disponibilidad efectiva anual por inspector corresponde aproximadamente a 844,8 horas-inspector/año, determinando una capacidad teórica anual de 12675 horas-inspector/año.

Esta aproximación permite representar de manera más realista la disponibilidad efectiva de recursos de inspector.

Tabla 3.20: Supuestos declarados para la estimación del costo de implementación del modelo complementario.

Supuesto	Valor	Fuente
Inspectores con dedicación parcial al segmento TP.	15	Observación propia
Porcentaje de jornada dedicado a fiscalización TP	40%	Supuesto declarado
H_m	176 [hora]	Código del trabajo Chile
H_{eff}	12672 [hora]	Cálculo propio
Costo hora-inspector promedio	\$13.418	Escalafón DGAC, Servicio Civil 2024.
Costo total anual horas-inspector segmento TP	12672 [hora] x \$13.418	\$ 170.032.896

(Fuente: Elaboración propia).

3.5.2 Estimación del costo de implementación del modelo.

La estructura de costos del modelo se organiza en dos categorías: costos de implementación únicos, que corresponden al año de transición, y costos operacionales recurrentes, que corresponden al funcionamiento continuo del modelo una vez implementado.

Costos de implementación únicos

Componente 1: Capacitación MSAT

Este es el único costo nuevo que el modelo agrega al PVC actual. Todos los demás costos son redistribuciones de recursos existentes. La capacitación MSAT está disponible en modalidad online y presencial con costos referenciales documentados por la EASA:

Tabla 3.21: Calculo del costo de capacitación MSAT a inspectores.

Modalidad	Duración	Costo referencial	Referencia
Online (autoestudio)	1 día equivalente	€ 89 por inspector	EASA Training, 2024
Presencial (webinar)	2 días	€ 150-300 por inspector	EASA Training, 2024
In-house (grupo)	2 días	Negociable por volumen	EASA Training, 2024

(Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Sassofia.com).

Tabla 3.22: Costo de capacitación MSAT según modalidad y cantidad de inspectores.

Escenario	Nº Inspectores	Modalidad	Costo total estimado (EUR)	Equivalente (CLP)
Conservador	10	Online € 89	€ 890	\$ 924.000
Base	15	Presencial € 200	€ 3.000	\$ 3.114.650
Ampliado	20	Presencial € 300	€ 6.000	\$ 6.229.250

(Fuente: Elaboración propia).

NOTA: El costo de capacitación es único y no recurrente.

NOTA: Los costos expresados en euros fueron convertidos a pesos chilenos utilizando un tipo de cambio de referencia de \$1.038 CLP por euro, correspondiente a la cotización observada durante mayo de 2026.

Componente 2: Modificación del formato de la LV de Análisis de Brechas.

La incorporación de la escala PSOE en la LV de brechas requiere rediseño del instrumento y validación interna. Este costo corresponde a horas-inspector dedicadas al proceso de adaptación, estimadas en un taller de dos días con los inspectores del subdepartamento. Bajo los supuestos de dotación declarados:

Tabla 3.23: Costo hora-inspector de rediseño de LV de Brechas SMS según modalidad y n° de inspectores.

Concepto	Supuesto	Estimación
Talles de rediseño	15 inspectores x 2 días x 8 horas	240 horas-inspector
Costo hora-inspector	Grado 3-10 Escalafón DGAC (Transparencia DGAC, 2024)	\$ 13.418/hora
Costo total estimado	240 horas x \$13.418 (promedio)	\$ 3.220.320

(Fuente: Elaboración propia).

Componente 3: Validación de la clasificación C/R/A.

La validación de los 254 ítems de la LV de Ruta propuesta en esta memoria requiere validación por inspectores con experiencia operacional. Se estima un taller de un día:

Tabla 3.24: Costo horas-inspector de validación de la clasificación C/R/A.

Concepto	Supuesto	Estimación
Taller de validación	10 inspectores x 1 día x 8 horas	80 horas-inspector
Costo hora-inspector	\$ 13.418	\$ 1.073.440

(Fuente: Elaboración propia).

Costo total de implementación:

Tabla 3.25: Costo adicional total de implementación del modelo complementario.

Componente	Escenario base
Capacitación MSAT	\$ 3.114.650
Rediseño LV de Brechas	\$ 3.220.320
Validación clasificación C/R/A	\$ 1.073.440
Total implementación	\$ 7.408.410

(Fuente: Elaboración propia).

Costos operacionales recurrentes

Modelo de distribución horas-inspector.

Bajo el PVC actual, las horas-inspector se distribuyen aproximadamente de forma homogénea entre los cuatro operadores. Bajo el modelo propuesto, se distribuyen proporcionalmente al IRO₁ de cada operador.

Distribución económica bajo PVC actual:

Tabla 3.26: Distribución recurso económico bajo modelo actual PVC.

Operador	%Horas asignadas	[Horas]/[año]	Costo asignado
LATAM	25%	3168	\$ 42.508.224
SKY	25%	3168	\$ 42.508.224
JETSMART	25%	3168	\$ 42.508.224
DAP	25%	3168	\$ 42.508.224
Total	100%	12672	\$ 170.032.896

(Fuente: Elaboración propia).

Distribución bajo el modelo propuesto:

Proporcional al IRO₁ escenario base: LATAM = 0,036, SKY = 0,021, JetSMART = 0,023, DAP = 0,001.

Tabla 3.27: Distribución de recursos económicos bajo modelo propuesto Etapa 1.

Operador	IRO ₁	% sobre total	[Horas]/[año]	Costo asignado
LATAM	0,036	44,29%	5613	\$75.310.374
SKY	0,021	26,36%	3340	\$44.812.903
JETSMART	0,023	27,71%	3512	\$47.124.181
DAP	0,001	1,64%	208	\$2.785.438
Total	0,081	100,00%	12672	\$170.032.896

(Fuente: Elaboración propia).

El costo anual no cambia. Lo que cambia es dónde se gastan esas horas. LATAM recibe 1600 horas adicionales de inspección por año respecto al PVC actual, mientras que DAP recibe 2059 horas menos, liberando recursos que pueden redirigirse a otros PSA del universo de fiscalización de la DGAC.

El modelo no genera ahorro presupuestario, sino capacidad de fiscalización adicional redistribuida. En términos de seguridad operacional, la redistribución implica que los

operadores con mayor IRO_1 reciben mayor intensidad de fiscalización sin costo adicional, lo que es coherente con el principio central del RBO documentado por la OACI y EASA: la vigilancia basada en riesgo no necesariamente reduce la cantidad de supervisión, sino que aumenta su calidad y efectividad.

3.6 Propuesta de proceso de implementación estratégica del modelo RBO.

La operatividad del modelo propuesto requiere de un proceso que mitigue las brechas establecidas en el Análisis GAP, en concordancia OACI sobre la transición paulatina a un modelo basado en riesgo. Para ello, se detalla la propuesta de implementación de este modelo mediante un análisis en seis dimensiones (6M de Ishikawa), utilizado como metodología de diseño preventivo.

3.6.1 Ishikawa: 6M.

Método:

Para la implementación de la primera etapa del modelo propuesto, se realizará la edición del Manual del Inspector de Operaciones mediante talleres donde se establezcan criterios confiables para establecer el perfil de riesgo como método principal de priorización, vinculándose directamente con el SSP del Estado.

Establecido por la OACI y adoptado por la EASA como herramienta, la transición a un sistema basado en riesgo se propone mediante metodología MSAT. Se sustituye el esquema de la Lista de Verificación de Brechas del SMS binaria por el sistema de escalas ponderadas PSOE, permitiendo establecer un puntaje por cumplimiento parcial.

Adicionalmente, basado en el Doc. 9859 se integra a la Lista de Verificación de Ruta IOA criterios de criticidad diferenciados por elemento (Crítico, Relevante y Administrativo), según corresponda, permitiendo calcular el riesgo de la operación del proveedor de servicio.

En primera instancia, la priorización de inspección mediante el cálculo de índice de riesgo (IRO_1 e IRO_2), permitiendo la conexión entre hallazgos y riesgo.

Finalmente, en la segunda etapa del modelo, se utiliza un método cíclico de retroalimentación dinámico, permitiendo el reajuste continuo de los perfiles de riesgo del operador.

Maquinaria:

El uso del Manual del Inspector de Operaciones como el documento base en el cual se establece el procedimiento de inspección.

En la primera etapa se utilizará la plataforma SIGO y hojas de cálculo estandarizadas para la captura de información y cálculo inicial el IRO₁, permitiendo ser la herramienta útil ante la falta de automatización actual.

En la etapa 2, se utiliza el SCDPS (el cual, a la fecha de redacción de esta memoria se encuentra en desarrollo), para la consolidación de indicadores SMS permitiendo la generación automática de perfiles de riesgo y actualización dinámica del sistema.

Mano de obra:

Se necesitan inspectores con capacidad analítica basada en riesgo, para ello, este proceso considera programas de capacitación teórica específica en escala PSOE y el uso de criterios de criticidad, y calibración estándar como parte de normalización de la percepción técnica de los inspectores.

Adicionalmente, el modelo requiere de una decisión de la alta jerarquía de la DGAC que incorpore el IRO como criterio formal de planificación y sea establecido en el MIO. Sin esto, el modelo carecería de respaldo normativo interno.

Medio ambiente:

El entorno se desarrolla con la cultura justa como base, permitiendo a los inspectores a reportar de manera objetiva sin represalias con el operador, eliminando presiones externas, garantizando que la criticidad del hallazgo sea el único factor que determine el perfil de riesgo.

Otro factor es la facilidad de alcance de información al inspector, asegurando la conectividad y accesibilidad a los sistemas antes, durante y después de las actividades de inspección. Esto permite la agilidad y transparencia del proceso.

Materia prima:

La información trazable es la materia prima fundamental para el funcionamiento del modelo. Los insumos primarios son los datos operacionales públicos de la JAC, los registros de hallazgos históricos registrados en el SIGO, y los resultados de las LV de Brechas y de Ruta IOA.

En la segunda etapa, la información crucial adicional son los datos del SMS de cada operador capturados por el SDCPS.

Medición:

El modelo incorpora un mecanismo de medición en dos niveles para su aplicación más pronta. El primer nivel permite priorizar la inspección con las facultades institucionales actual, siendo el IRO1 el indicador primario de desempeño del operador. A nivel de modelo, su calibración (α y β) y validación se propone mediante la correlación de Spearman, Pearson y Coeficiente de Variación. Su estabilidad actúa como indicador de madurez del modelo, y cualquier variación significativa en el IRO de un operador es una señal de alerta que activa una revisión del ciclo de vigilancia.

3.6.2 Brechas por dimensión cerradas.

A continuación, se presenta el resumen de las brechas que se cierran con la implementación del proceso propuesto:

Tabla 3.28: Brechas cerradas por dimensión.

Dimensión GAP	Brecha	M que la cierra
Normativa	Sin criterio de riesgo en planificación (IRO)	Método
	Sin mecanismo de diferenciación por perfil	Método

	SSP no vinculado operacionalmente a vigilancia	Método
	SMS del PSA no usado como insumo planificación	Método + Maquinaria
	Sin política institucional formal de RBO	Mano de obra
Operacional	Sin ponderación por criticidad en LV	Método + Materia prima
	Datos SIGO no usados para planificación	Maquinaria + Materia prima
	SMS no incorporado como variable planificación	Método + Maquinaria
	Enfoque prescriptivo y reactivo	Método + Mano de obra
	Sin índice de riesgo por PSA	Método
	Frecuencia de inspección uniforme	Método + Medición
	Constatación por incumplimiento, no riesgo sistémico	Mano de obra
	Ineficiencia en gestión de recursos	Método + Medición
Tecnológica	SIGO no integrado al SDCPS	Maquinaria
	Sin repositorio centralizado datos SMS	Maquinaria
	Sin módulo perfil de riesgo automatizado	Maquinaria
	Sin herramienta análisis de tendencias	Maquinaria + Medición
	Fragmentación datos SSO+SMS+SRM	Maquinaria
	Inspector sin acceso analítica en tiempo real	Maquinaria + Medio ambiente
Institucional	Competencias del inspector insuficientes	Mano de obra
	Proceso planificación sin criterio de riesgo	Método + Mano de obra
	Cultura organizacional verificador-auditado	Medio ambiente
	Sin capacitación herramientas RBO	Mano de obra
	Sin retroalimentación inspección-planificación	Medición
	Sin gobernanza formal del modelo	Mano de obra

(Fuente: Elaboración propia)

3.7 Estimación del tiempo de implementación del modelo (Carta Gantt).

El proceso de implementación de este modelo comienza en agosto de 2026, con el objetivo de obtener la aprobación política institucional de la DGAC para implementar el IRO₁ como criterio primario de planificación de vigilancia. Una vez obtenida la aprobación, se actualiza y se integra este modelo en el Manual del Inspector de Operaciones. Posteriormente, se desarrollan y publican circulares internas y directrices operacionales que formalizan su aplicación.

Luego, para su aplicación, los inspectores son capacitados en los programas MSAT de la EASA para el uso de los criterios PSOE, y el reconocimiento del riesgo sistémico de las operaciones. Con las nuevas competencias adquiridas, se procede a la modificación de la Lista de Verificación de Análisis de Brechas del SMS, incorporando la escala PSOE y estandarizando criterios de evaluación. En paralelo, se imparten talleres donde se busca la aprobación de la clasificación C/R/A de los 254 ítems de la Lista de Verificación de Ruta IOA.

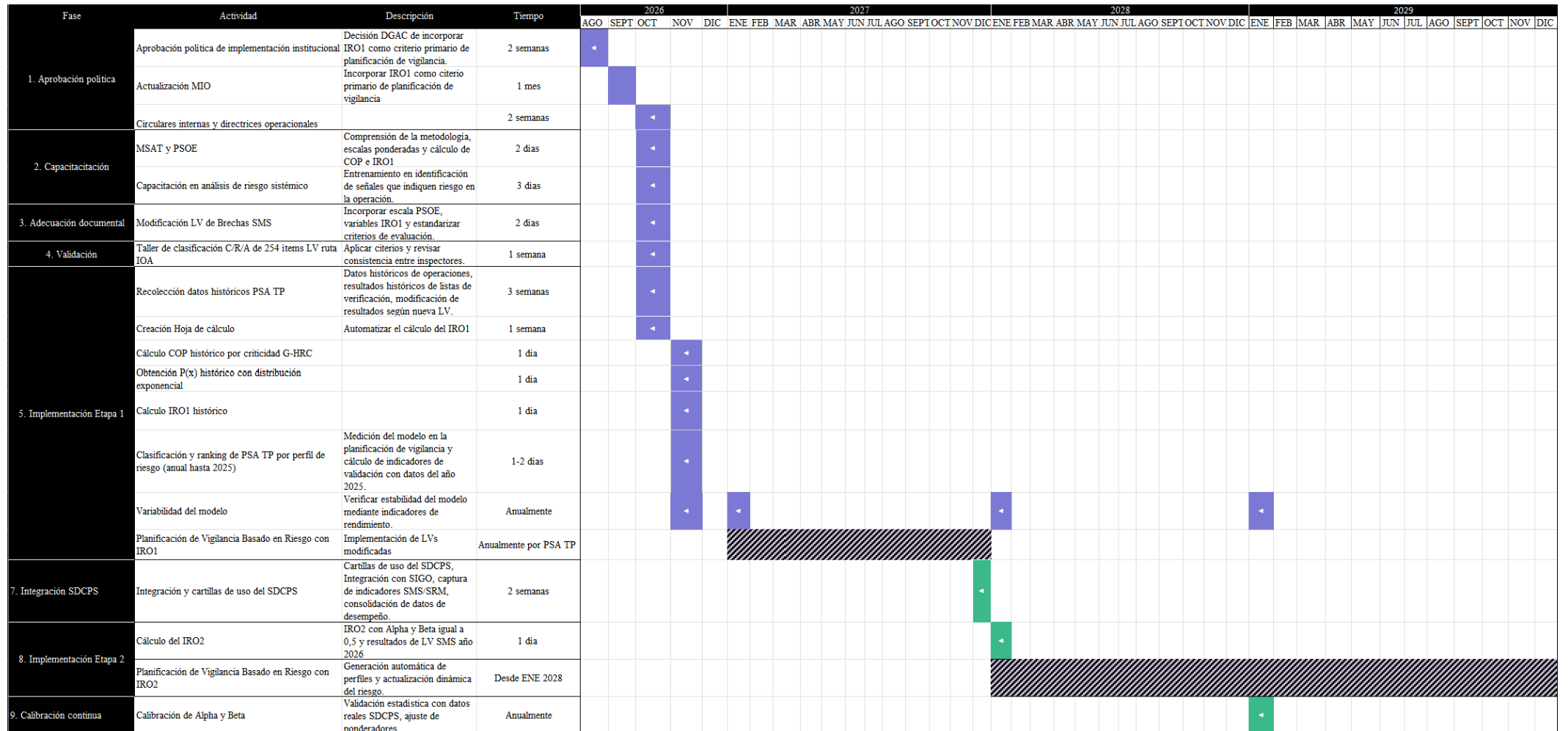
Con las LV modificadas, se procede a la recolección de datos históricos de cada PSA TP (resultados de lista de verificación de ruta IOA previas, ajustados según su criticidad, junto con datos JAC y PREVAC). Posteriormente, se desarrolla una hoja de cálculo que automatiza el cálculo de los índices necesarios para el IRO₁ (COP, P(x) y EXP). Con los datos históricos y la herramienta desarrollada, se procede al cálculo del IRO₁ histórico, clasificando a los PSA TP de acuerdo con el perfil de riesgo obtenido hasta el año 2025. Finalizada la clasificación, se estudia la estabilidad del modelo con los índices de rendimiento establecidos. Al inicio del año 2027, y con la incorporación de los datos operacionales del año 2026, se vuelve a hacer uso de la herramienta desarrollada para obtener el ranking de los PSA TP destinado a la planificación de vigilancia y evaluar su estabilidad.

Al finalizar el año 2027, se cuenta con un SDCPS completamente desarrollado, por tanto, su implementación se inicia a comienzos del año 2028, para el cual se publican cartillas operacionales dirigida a los inspectores. De forma paralela, comienza la planificación de las inspecciones priorizadas mediante el IRO₂ a partir de los resultados de la LV de Brechas del SMS de la inspección realizada el año 2027, manteniendo los parámetros

Alpha y Beta en un valor inicial de 0,5, los cuales se calibran progresivamente a partir del análisis mediante de los resultados de los años posteriores.

A continuación, se presenta la carta Gantt de tiempos de implementación del modelo:

Gráfico 3.2: Carta Gantt: tiempos de implementación del modelo propuesto.



(Fuente: Elaboración propia)

4 CONCLUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito desarrollar una metodología que apoyara la transición del Plan de Vigilancia Continua de la Dirección General de Aeronáutica Civil hacia un enfoque de Vigilancia Basada en Riesgo para los Proveedores de Servicios Aeronáuticos de Transporte Público, considerando aspectos metodológicos, documentales, organizacionales y de capacitación necesarios para su implementación. Para ello, se caracterizó y analizó el modelo de vigilancia actual, se identificaron las brechas respecto de las recomendaciones internacionales mediante un análisis GAP y se diseñó una propuesta metodológica orientada a priorizar la vigilancia en función del riesgo operacional, adaptada a la realidad chilena.

Asimismo, esta memoria consideró una estrategia de implementación gradual plasmada en una Carta Gantt, estableciendo una planificación temporal, las principales actividades requeridas y una estimación de los recursos necesarios para su ejecución.

En consecuencia, se considera que el objetivo general y los objetivos específicos fueron cumplidos al desarrollarse una metodología alineada con las recomendaciones internacionales adaptada al contexto operacional de la DGAC.

En cuanto a las principales fortalezas del modelo, se destaca su carácter complementario al Plan de Vigilancia Continua, ya que reutiliza información actualmente recopilada por la DGAC sin modificar la estructura del proceso de vigilancia, permitiendo iniciar su aplicación con la información recopilada actual, para luego evolucionar hacia un modelo más robusto conforme se incorporen nuevas capacidades de gestión de datos. Asimismo, incorpora metodologías y herramientas recomendadas internacionalmente, tales como MSAT (EASA), la escala PSOE y principios de gestión de riesgo operacional, proporcionando una base técnica alineada con OACI y otras autoridades aeronáuticas.

Por otro lado, la principal limitación de esta propuesta corresponde a la disponibilidad de información operacional necesaria para desarrollar perfiles de riesgo dinámicos, condición que depende del futuro Sistema de Recopilación y Procesamiento de Datos de Seguridad Operacional. A ello se suma el proceso de actualización documental, modificación de las Listas de Verificación y capacitación de inspectores. Cabe destacar que la efectividad del modelo dependerá de la calidad, consistencia y actualización de la información utilizada para construir los perfiles de riesgo. En general, al ser una institución pública, la adopción de nuevas metodologías depende de procesos

administrativos, disponibilidad presupuestaria y decisiones institucionales que exceden el alcance de esta investigación.

En cuanto a investigaciones futuras, esta memoria fue desarrollada utilizando antecedentes documentales y metodologías internacionales, sin acceso a bases de datos operacionales protegidas de la DGAC, por lo que su validación mediante información histórica es un paso necesario para futuras implementaciones, permitiendo analizar el comportamiento de los índices de riesgo y ajustar sus ponderaciones de acuerdo con la experiencia operacional. Asimismo, la metodología propuesta podría adaptarse a otros Proveedores de Servicios Aeronáuticos fiscalizados por la DGAC, permitiendo que esta metodología constituyendo una base para la implementación de enfoques de Vigilancia Basada en Riesgo en otras áreas de la DGAC, incluyendo Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil, Centros de Mantenimiento Aeronáutico, Operadores RPAS y organizaciones de Aviación General.

Esta investigación demuestra que la transición hacia un enfoque de Vigilancia Basada en Riesgo no requiere una transformación inmediata del sistema de vigilancia existente, sino que puede abordarse mediante una implementación progresiva que aproveche las capacidades actualmente disponibles y evolucione conforme la DGAC fortalezca su infraestructura de gestión de datos.

Bibliografía

Aerovías DAP, (2024). Informativo de la certificación BARS [Folleto informativo en PDF].

AeroCardal. (s.f.). AeroCardal. <https://aerocardal.com/en/aerocardal/>

Agencia Federal de Aviación Civil [AFAC]. (2025). Proceso de vigilancia de la seguridad operacional basado en riesgos (P-DSSP-CGR-JDPV-03). Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/985590/proceso-vigilancia-seguridad-operacional-basado-riesgos-p-dssp-cgr-jdpv-03-25032025r.pdf>

Alhabib, R., Ranna, M. M., Farah, H., & Salama, A. A. (2018). *Some neutrosophic probability distributions. Neutrosophic Sets and Systems*, 22, 30–38.

Auditool. (s.f.). Análisis de brechas: lo que todo auditor debe saber y pocos aplican. <https://www.auditool.org/blog/control-interno/analisis-de-brechas-lo-que-todo-auditor-debe-saber-y-pocos-aplican>

Civil Aviation Authority. (2013). *CAP 1059: Safety Management Systems – Guidance for small, non-complex organisations.* UK CAA. <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP1059.pdf>

Civil Aviation Authority. (2020). *CAP 2391: Performance-Based Oversight Principles.* UK CAA. <https://www.caa.co.uk/safety-initiatives/how-we-regulate/safety-plan/enhancing-cao-oversight/performance-based-oversight/>

Civil Aviation Authority. (2025). *The UK National Aviation Safety Plan (NASP).* UK CAA. <https://www.caa.co.uk/safety-initiatives/how-we-regulate/safety-plan/the-uk-national-aviation-safety-plan/>

Congreso Nacional de Chile. (2019). Ley 21182: Modifica el Código Aeronáutico en materia de derechos de los pasajeros. Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1156889>

Dirección de Presupuestos [DIPRES]. (2025). Visualizador de Datos de Gestión Financiera y de Personal del Sector Público: Ministerio de Defensa Nacional - DGAC. Gobierno de Chile. <https://www.dipres.gob.cl/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (2021). Manual de Seguridad Operacional – Regulación Aeronáutica DAN 19, Volumen I (Edición 2). Subdepartamento de Seguridad Operacional. <https://www.dgac.gob.cl/normativa-aeronautica/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (2025). Norma de Aeronavegabilidad DAP 08-55: Requisitos para la autorización de organizaciones de mantenimiento (MRO) (Edición 5). Subdepartamento de Seguridad Operacional. <https://www.dgac.gob.cl/normativa-aeronautica/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (s.f.-a). Cuentas Públicas de Gestión Institucional (Repositorio Histórico 2020-2024). <https://www.dgac.gob.cl/transparencia/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (s.f.-b). Normativas DAN (DAN 63, 91, 119, 135, 137, 141, 145). Departamento de Seguridad Operacional. <https://www.dgac.gob.cl/normativa-aeronautica/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (s.f.-c). Organización institucional, dotación de personal técnico y funciones del Subdepartamento de Operaciones. Transparencia Activa. <https://www.dgac.gob.cl/transparencia/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (s.f.-d). Políticas de Privacidad y Tratamiento de Datos Institucionales. <https://www.dgac.gob.cl/>

Dirección General de Aeronáutica Civil [DGAC]. (s.f.-e). Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SIGO) y Programa de Seguridad del Estado (SSP). <https://www.dgac.gob.cl/>

EcoCopter. (2011, diciembre). *EcoCopter News* (N.º 13). <https://www.ecocopter.com/content/uploads/2018/03/13-Ecocopter-News-Diciembre-2011.pdf>

European Union Aviation Safety Agency [EASA]. (2015). *Introduction to Just Culture in Aviation Safety*. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/introduction-just-culture-aviation-safety>

European Union Aviation Safety Agency [EASA]. (2016). *Practices for Risk-Based Oversight*. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/practices-risk-based-oversight>

European Union Aviation Safety Agency [EASA]. (2020). *Annual Safety Review 2020*. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/annual-safety-review-2020>

Federal Aviation Administration [FAA]. (2025). *Runway Safety Fact Sheet: Mitigating Surface Risks*. U.S. Department of Transportation. <https://www.faa.gov/newsroom/runway-safety-fact-sheet>

Flight Safety Foundation. (2014, 4 de noviembre). *Performance-Based Oversight: Shifting surveillance from checklists to performance*. *AeroSafety World*. <https://flightsafety.org/asw-article/performance-based-oversight/>

Flight Safety Foundation. (2016). *Estándar para Operaciones de Aviación Fundamental (BARS) (Versión 5)*. <https://flightsafety.org/>

Gisbert Juárez, M. (2021). *Distribución exponencial*. Probabilidad y Estadística. <https://www.probabilidadyestadistica.net/distribucion-exponencial/>

Helmreich, R. L., Klinec, J. R., & Wilhelm, J. A. (1999). *Models of Threat, Error, and CRM in Flight Operations*. *Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology*, 677-682. University of Texas at Austin. <https://www.crm-losa.com/>
<https://www.easa.europa.eu/en/en/en/easa-digital-services/easa-organisation-approvals-tool>

International Air Transport Association [IATA]. (2022). *Global Aviation Data Management (GADM) Program*. <https://www.iata.org/en/programs/safety/gadm/>

International Air Transport Association [IATA]. (2025). *IATA Annual Safety Report: Global Metrics and Safety Performance Indicators*. <https://www.iata.org/en/publications/safety-report/>

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2013). *Principles of Risk-Based Oversight (Working Paper A38-WP/365)*. Presentado por Canadá en la 38.^a Asamblea de la OACI, Montreal, Canadá. https://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/WP/wp365_en.pdf

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2018). *Safety Management Manual (Doc 9859, 4th ed.)*. International Civil Aviation Organization. <https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/>

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2020). iSTARS – Integrated Safety Trend Analysis and Reporting System: Manpower Planning and Risk-Based Surveillance Tools. <https://www.icao.int/safety/iStars/>

International Civil Aviation Organization. (2022). Implementation of safety management provisions and progress on safety risk-based oversight (A41-WP/314, EX/131). https://www.icao.int/sites/default/files/Meetings/a41/Documents/WP/wp_314_en.pdf

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2025a). ICAO Safety Report: Global Metrics and Safety Performance Indicators. <https://www.icao.int/safety/Pages/Safety-Report.aspx>

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2025b). Risk-Based Surveillance and Manpower Toolkit (RBST). Operational Safety Section. <https://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>

Kuklev, E. A., Shapkin, V. S., Filippov, V. L., & Shatrakov, Y. G. (2019). Aviation System Risks and Safety. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8122-5>

Levine, D., Stephan, D., y Szabat, K. (2017). Statistics for managers using Microsoft Excel (8ª ed.). Pearson.

NASA Aviation Safety Reporting System [ASRS]. (2021). Aviation Safety Reporting System: Program Overview and Confidential Reporting Guidelines. <https://asrs.arc.nasa.gov/overview/>

Organización de Aviación Civil Internacional [OACI]. (2016). Anexo 19 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional – Gestión de la seguridad operacional (2.ª ed.). Organización de Aviación Civil Internacional. <https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/>

Organización de Aviación Civil Internacional [OACI]. (2023). Manual de gestión de la seguridad operacional (Doc 9859, 4.ª ed.). Organización de Aviación Civil Internacional. <https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/>

RotorTec. (s.f). ¿Sabías que contamos con certificación BARS? <https://www.rotortec.cl/noticias/sabias-que-contamos-con-certificacion-bars/>

Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional [SRVSOP]. (2020). Manual sobre ejemplos de metodologías para la planificación de la

vigilancia basada en riesgos (RBS) del SRVSOP (Código M-GEN-004, Primera Edición).
<https://www.srvsop.aero/>

SKYbrary Aviation Safety. (s.f.-a). *Risk-Based Oversight (RBO)*.
<https://www.skybrary.aero/articles/risk-based-oversight>

SKYbrary Aviation Safety. (s.f.-b). *Risk-Based and Performance-Based Oversight – Guidance for National Aviation Authorities*. <https://www.skybrary.aero/articles/risk-based-and-performance-based-oversight-guidance>

Transport Canada. (2018a). *Risk-Based Oversight – A smarter approach to civil aviation surveillance*. Gobierno de Canadá. <https://tc.canada.ca/en/aviation/publications/risk-based-oversight-smarter-approach-surveillance>

Transport Canada. (2018b). *State Safety Programme Manual – Canada (TP 13598)*. Civil Aviation Directorate. <https://tc.canada.ca/en/aviation/publications/state-safety-programme-manual-tp-13598>

Transport Canada Civil Aviation (TCCA). *Pilot Decision Making (PDM) — TP 13897, Module 5: Risk Management*. Disponible en:
<https://tc.canada.ca/en/aviation/publications/pilot-decision-making-pdm-tp-13897/module-5-risk-management>

Transport Canada. (2021). *Departmental Results Report: Flight Standards and Resource Capacity*. <https://tc.canada.ca/en/corporate-services/transparency/corporate-reports/departmental-results-report>

Transport Canada. (2024). *Canadian Aviation Regulations (SOR/96-433) – Canadian Aviation Regulation Advisory Council (CARAC) updates*.
<https://tc.canada.ca/en/corporate-services/acts-regulations/list-regulations/canadian-aviation-regulations-sor-96-433/>

Transport Canada. (2025). *2024–25 Departmental results report*. Government of Canada. <https://tc.canada.ca/en/corporate-services/transparency/corporate-management-reporting/departmental-results-reports-drr/2024-25-departmental-results-report>

. (2022). Circular de Asesoramiento CA SA-02/22: Guía para la realización de análisis de riesgos de seguridad operacional. Gobierno de México

. (2025). CAP3146: *Annual Safety Review 2024*. UK CAA CAP3146

. (s.f.). *Oversight of AOC holders*. CAA UK

U.S. Nuclear Regulatory Commission. (2016). *Reactor Oversight Process (NUREG-1649, Revision 6)*. U.S. Nuclear Regulatory Commission. <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1649/>

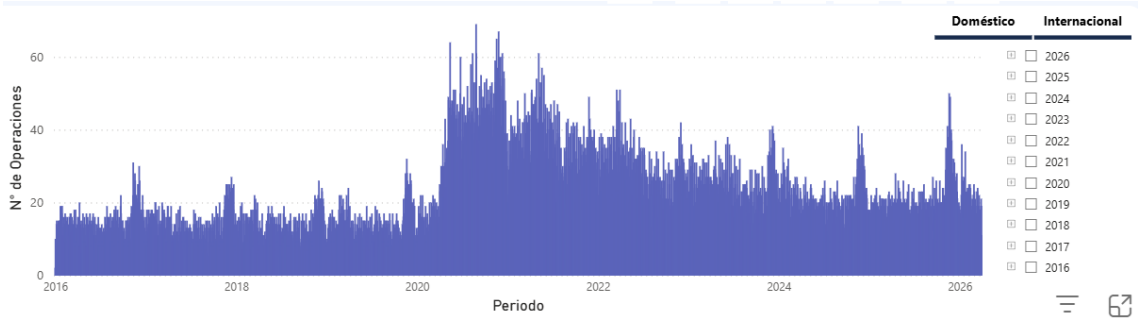
Sofema Aviation Services. (s.f.). *EASA Management System Assessment Tool for Operators (MSAT)*. Recuperado el 25 de junio de 2026, de <https://sofemaaviation.com/news/new-course-launch-easa-management-system-assessment-tool-for-operators-msat-on-sofema/>

ANEXOS

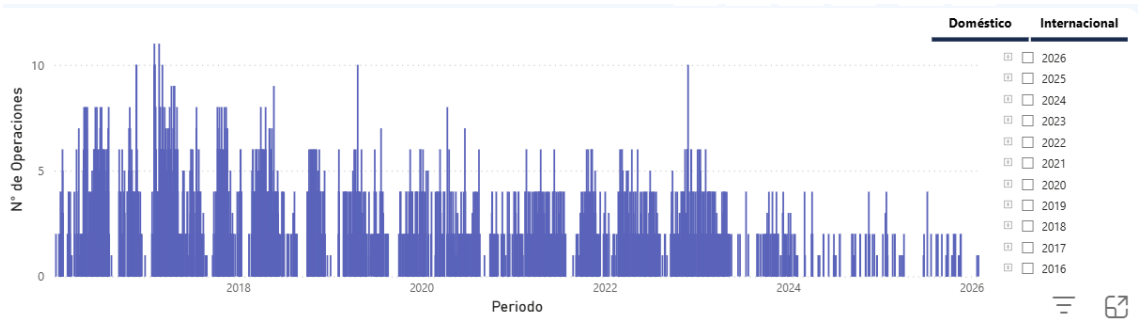
4.1 Anexos Antecedentes.

Anexo A.1: Operaciones anuales desglosada por tipo de operación. (DGAC, 2026):

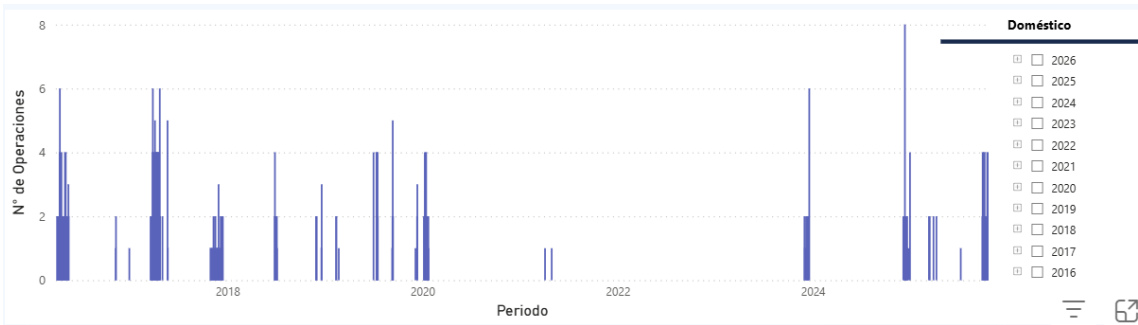
Carga:



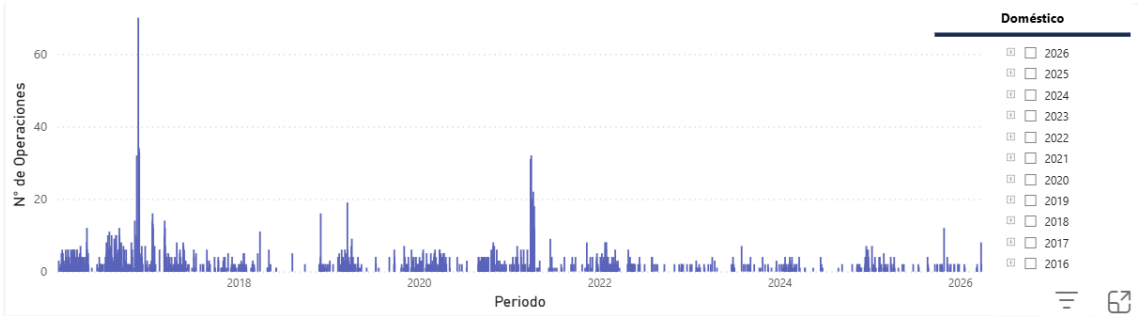
Prospección pesquera:



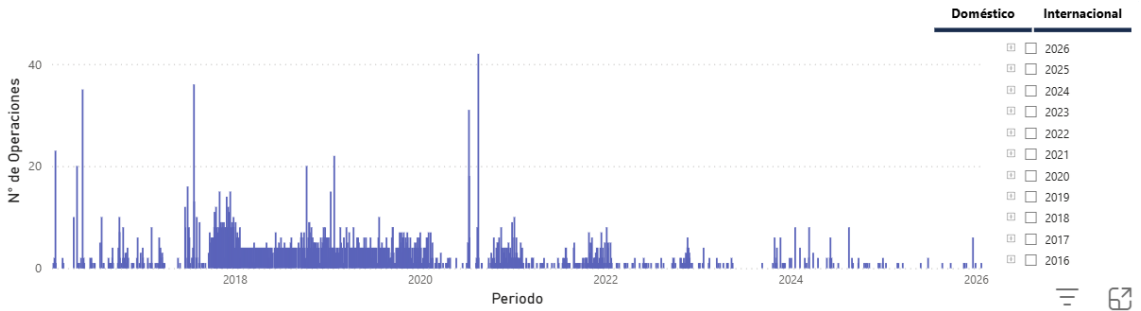
Prospección minera:



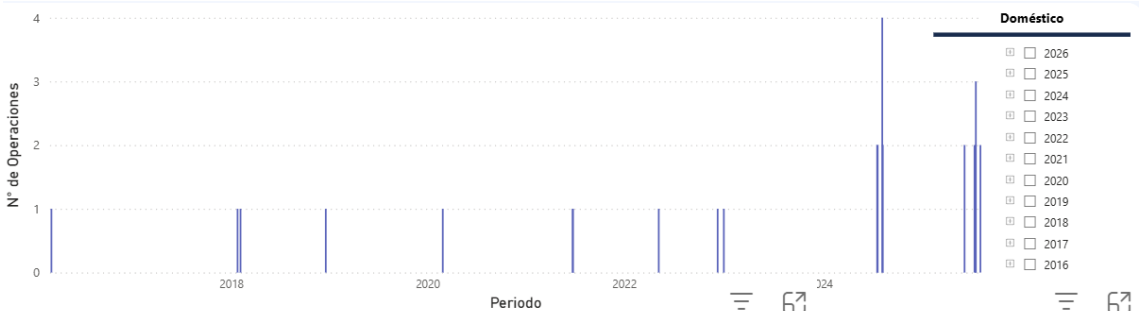
Otras prospecciones:



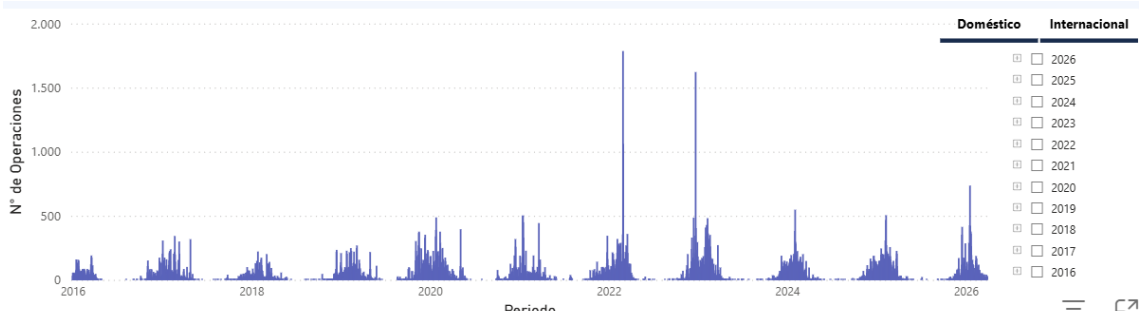
Fumigaciones:



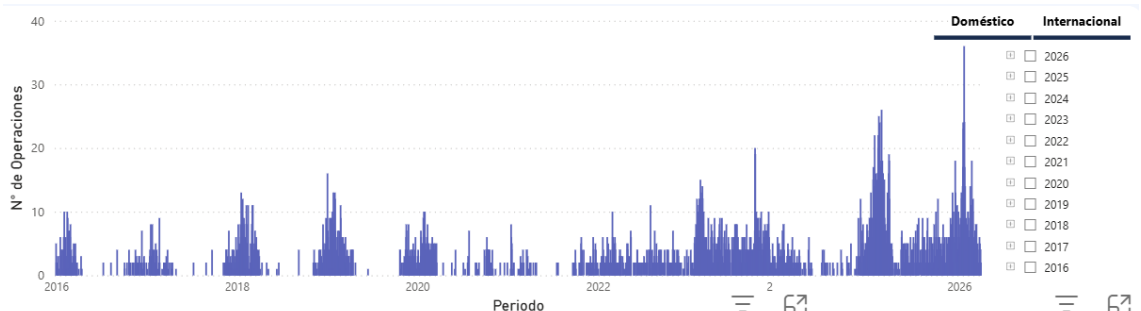
Tratamiento de nubes:



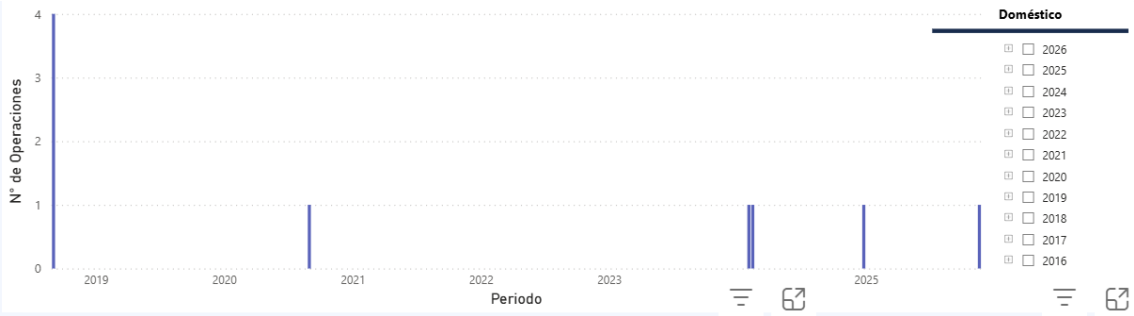
Extinción de incendios:



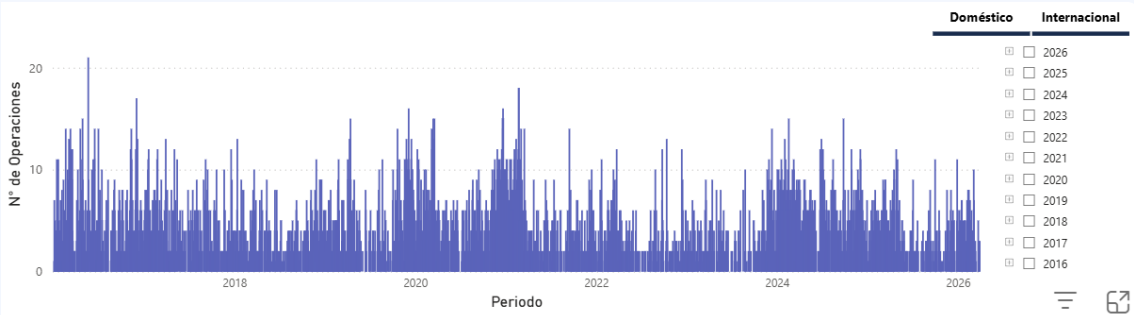
Patrullajes No Militares:



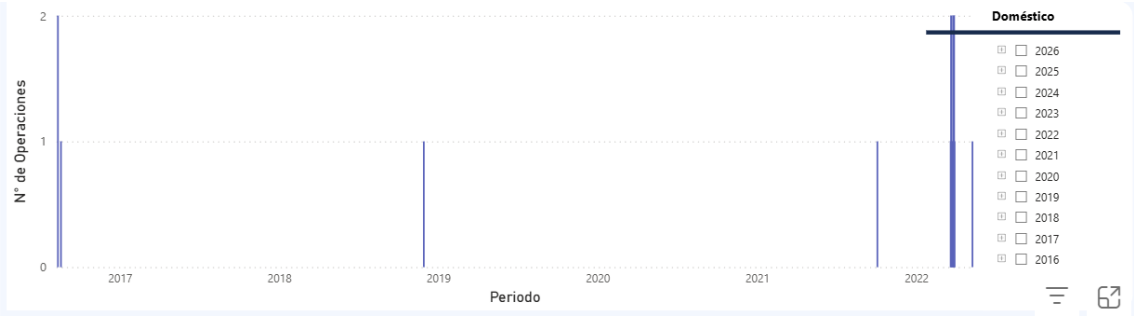
Repoblación de animales:



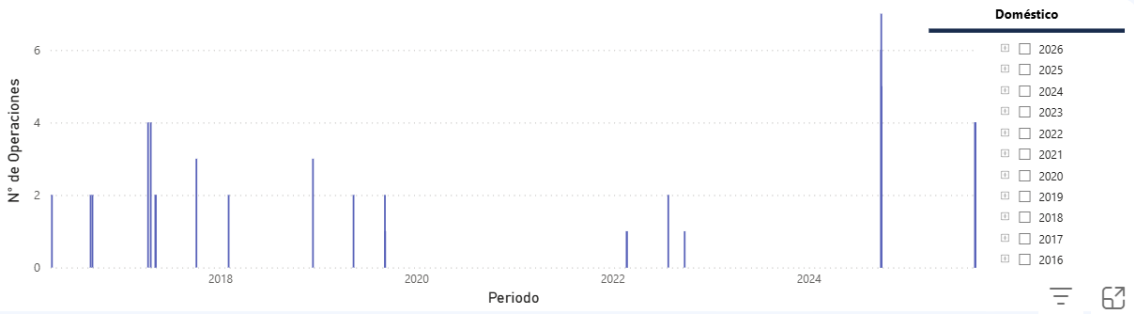
Fotos aéreas/Topografías:



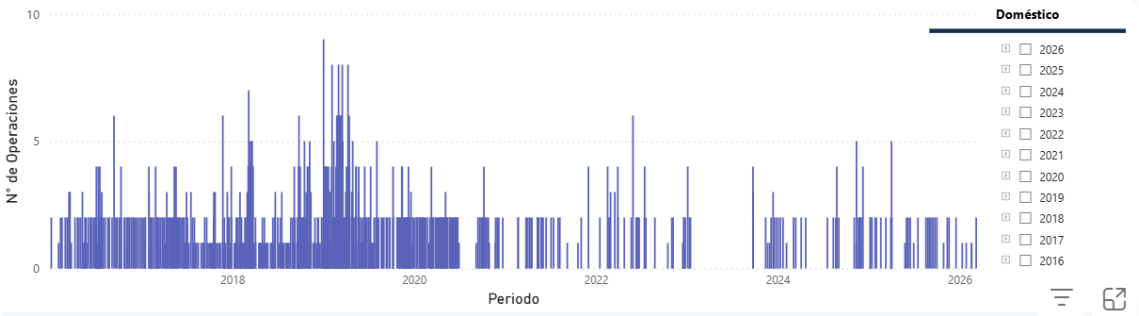
Observaciones meteorológicas:



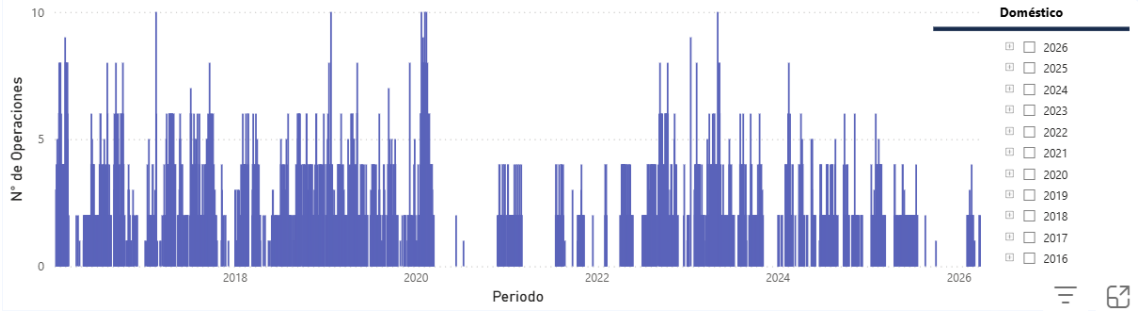
Periodismo y Filmaciones:



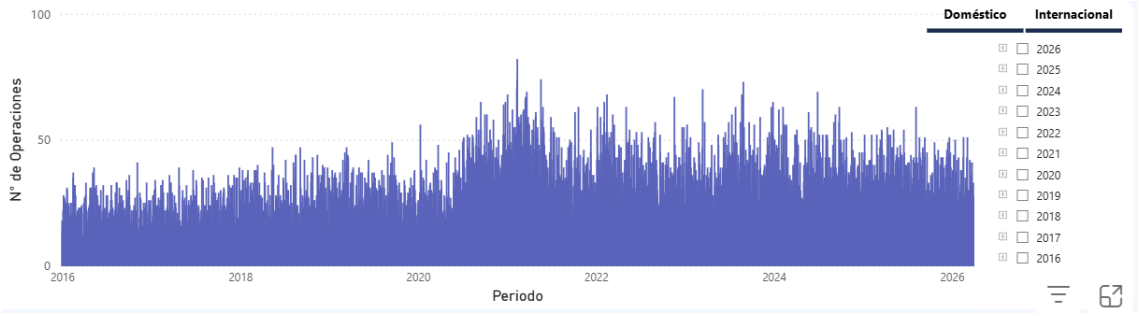
Inspecciones de Obras:



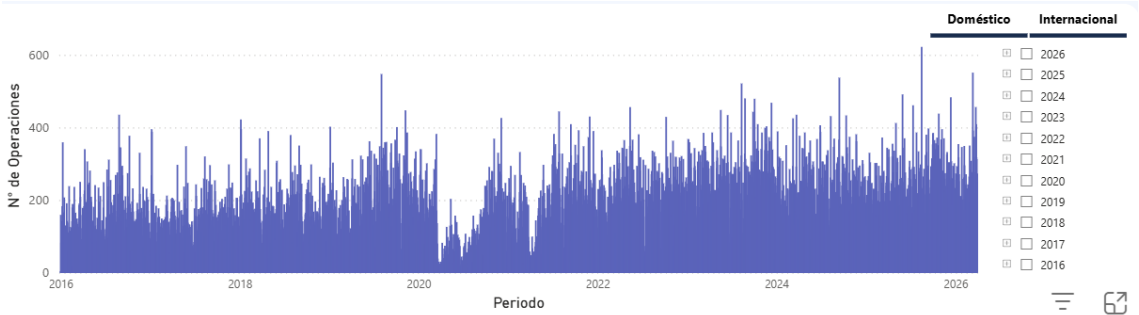
Propaganda Aérea:



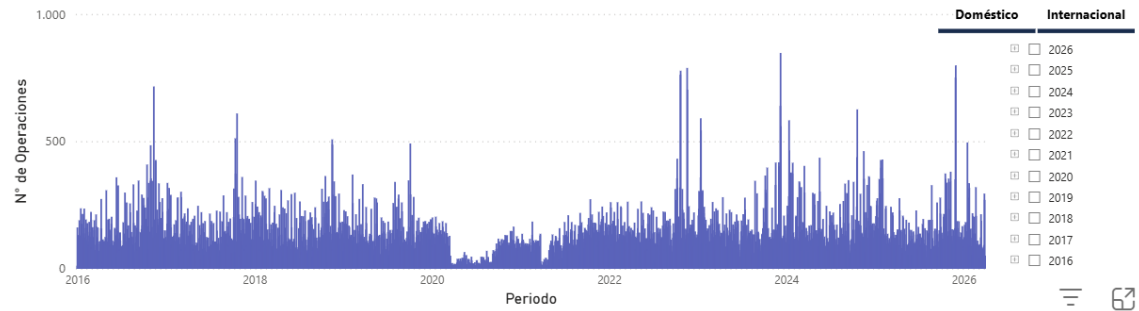
Ambulancia Aérea:



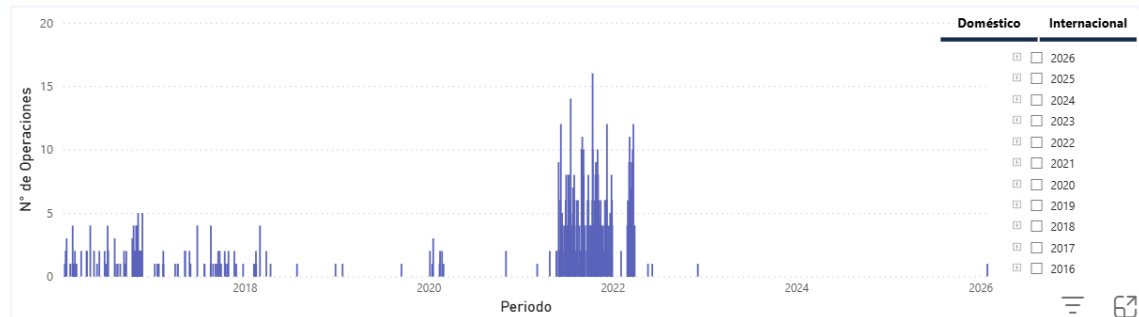
Instrucción:



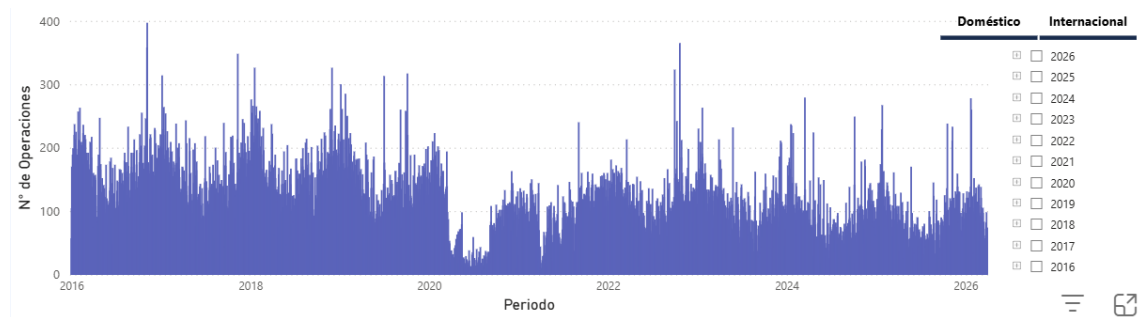
Deportivas:



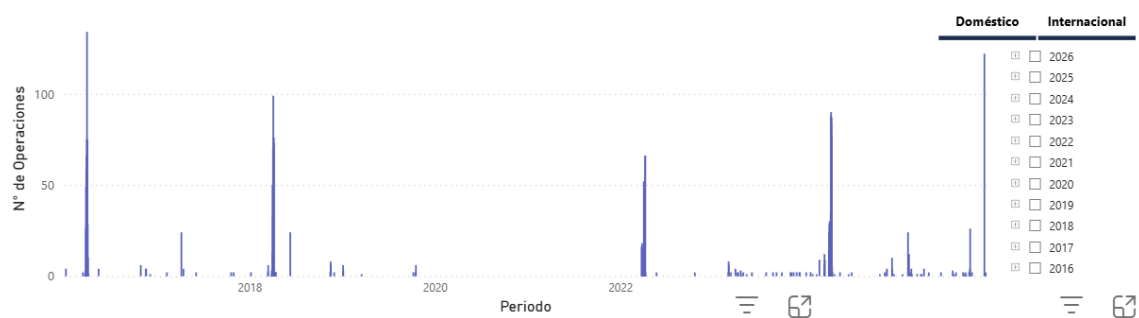
Fiscales:



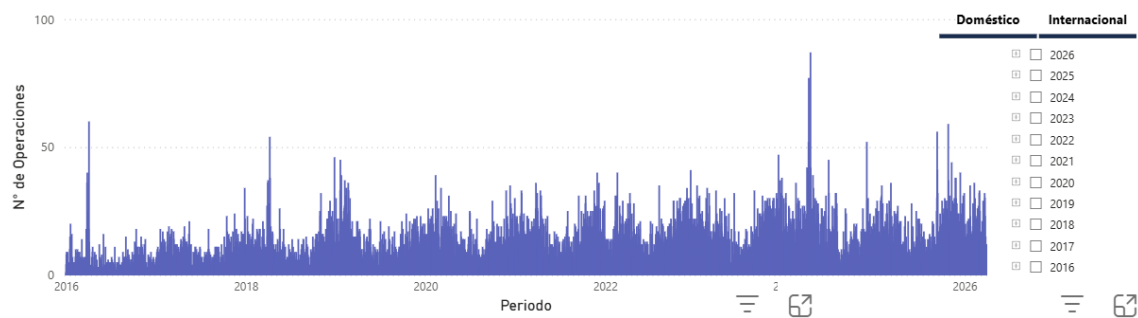
Particulares:



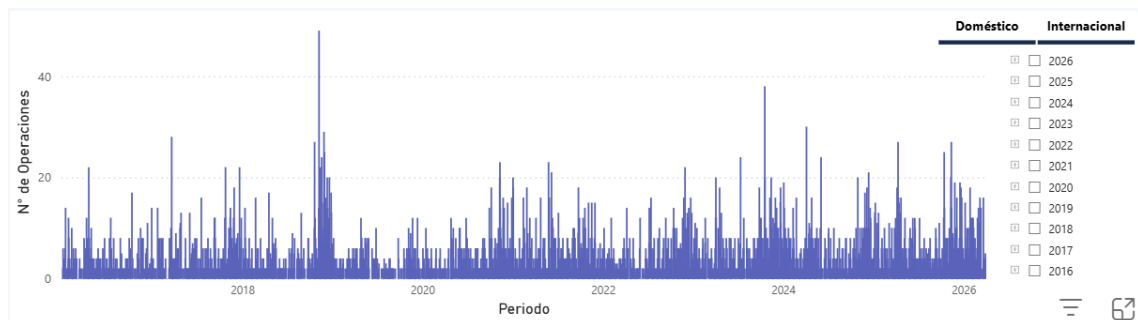
Vuelos Demostrativos / Exhibiciones:



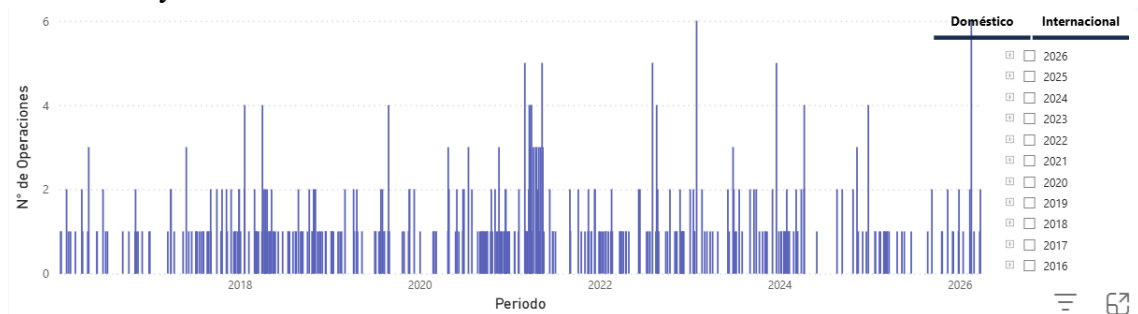
Vuelos de Traslado / Posicionamiento (Sin pasajero, carga o correo):



Vuelos de Pruebas:



Vuelos Ferry o de Traslado:



Anexo A.2: Incidentes graves y accidentes del SAN chileno por tipo de operación
(Fuente: PREVAC, DGAC, 2026).

Aplicaciones agrícolas:



Carga aérea:



Construcción / Carga Externa:



Desconocido:



Entrenamiento / Instrucción de Vuelo:



Espectáculos Aéreos / Carreras:



Extinción de incendios:



Fotografía Aérea:



Gobierno:



Lanzamiento de Paracaídas:



Observación Aérea:



Otros:



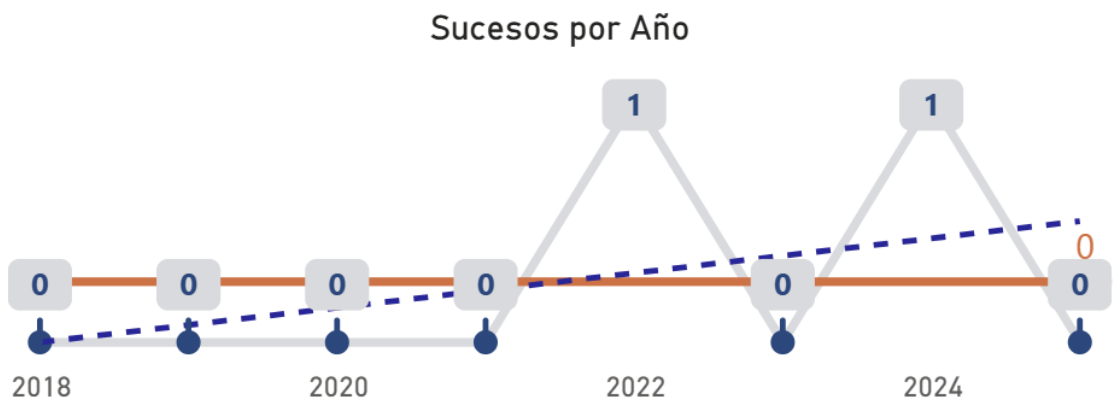
Pasajeros:



Policía:



Publicidad Aérea:



Recreación o Deporte:



Traslado de Aeronave:



Vuelo de Prueba:



Análisis de brechas SMS

19.101 POLÍTICA Y OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL (Capítulo B)			
Elemento 1 – Compromiso de la administración / Sección 19.101 (a)			
Referencia	Aspectos a ser analizados o preguntas que deben ser respondidas	Respuestas	Situación de la puesta en ejecución
	¿Existe un sistema de gestión de la seguridad operacional con sus componentes definidos establecidos, mantenidos y adheridos?	☐ Sí ☐ No	
	¿Es apropiado el sistema de gestión de la seguridad operacional al tamaño y a la complejidad del proveedor de servicios aeronáuticos?	☐ Sí ☐ No	
	¿Se ha establecido una política de seguridad operacional?	☐ Sí ☐ No	
	¿Ha basado el proveedor de servicios aeronáuticos su sistema de gestión de la seguridad operacional en la política de seguridad operacional?	☐ Sí ☐ No	
	¿Aprueba y promueve la persona responsable la política de seguridad operacional?	☐ Sí ☐ No	
	¿Se revisa periódicamente la política de seguridad operacional?	☐ Sí ☐ No	
	¿Existe un proceso formal para desarrollar un conjunto coherente de objetivos de seguridad operacional?	☐ Sí ☐ No	
	¿Están los objetivos de seguridad operacional relacionados con los Indicadores de seguridad, las metas de seguridad y los requisitos de seguridad?	☐ Sí ☐ No	
	¿Se publican y distribuyen los objetivos de seguridad operacional?	☐ Sí ☐ No	
	¿Se ha establecido una política que asegure un reporte eficaz de las deficiencias de seguridad operacional, de los peligros, o de los eventos de seguridad operacional incluyendo las condiciones de protección por aplicación de medidas disciplinarias y/o acciones administrativas?	☐ Sí ☐ No	

4.2 Anexos Estado del Arte.

Anexo B.1: Extracto Doc. 9859 (Fuente: OACI, 2019):

2.14 RIESGOS DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL

2.14.1 La gestión de riesgos de seguridad operacional es otro componente clave de un sistema de gestión de la seguridad operacional. El término gestión de riesgos de seguridad operacional fue creado para diferenciar esta función de la gestión de riesgos financieros, legales, económicos, etc. Esta sección presenta los fundamentos del riesgo de seguridad operacional e incluye los siguientes temas:

- a) definición de un riesgo de seguridad operacional;
- b) probabilidad del riesgo de seguridad operacional;
- c) gravedad del riesgo de seguridad operacional;
- d) tolerabilidad del riesgo de seguridad operacional; y
- e) gestión del riesgo de seguridad operacional.

Anexo B.2: Resultado del programa IASA de la OACI. (Fuente: FAA, 2025).

4/18/2025
Alvarez:R119

FAA Flight Standards Service
International Aviation Safety Assessment (IASA) Program

COUNTRY	CATEGORY	COUNTRY	CATEGORY
Argentina	1	Latvia	1
Aruba	1	Lithuania	1
Australia	1	Luxembourg	1
Austria	1	Malaysia	1
Azerbaijan	1	Malta	1
Bahamas	1	Mexico	1
Bahrain	1	Morocco	1
Bangladesh	2	Netherlands incl. Bonaire, Saba, St. Eustatius	1
Belgium	1	New Zealand	1
Bermuda	1	Norway	1
		Organization of Eastern Caribbean States -	2
		Eastern Caribbean Civil Aviation Authority	
		members : Antigua & Barbuda, Dominica,	
		Grenada, St. Lucia, St. Vincent and The	
		Grenadines, St. Kitts and Nevis	
Bolivia	1	Panama	1
		Peru	1
Brazil	1	Philippines	1
Bulgaria	1	Poland	1
Canada	1	Portugal	1
Cabo Verde	1	Qatar	1
Cayman Islands	1	Rwanda	1
Chile	1	Republic of Korea	1
China	1	Romania	1
Colombia	1	Russia	2
Costa Rica	1	Samoa	1
Croatia	1	San Marino	1
Czech Republic	1	Saudi Arabia	1
Denmark incl. Faroe Islands	1	Serbia	1
Dominican Republic	1	Singapore	1
Ecuador	1	South Africa	1
Egypt	1	Spain	1
El Salvador	1	Suriname	1
Ethiopia	1	Sweden	1
Fiji	1	Switzerland	1
Finland	1	Taiwan	1
France incl. Guadeloupe, French Polynesia	1	Thailand	1
Germany	1	Trinidad & Tobago	1
Greece	1	Turkey	1
Hong Kong	1	Ukraine	1
Iceland	1	United Arab Emirates	1
India	1	United Kingdom incl. Anguilla, British Virgin	
Ireland	1	Islands, Montserrat, Turks and Caicos	1
Israel	1		
Italy	1	Uzbekistan	1
Japan	1	Venezuela	2
Jordan	1	Vietnam	1
Kenya	1		
Kuwait	1		

Category rating definitions are located at: <https://www.faa.gov/about/initiatives/iasa/definitions>

Anexo B.2: *Extracto de preguntas de protocolo USOAP CMA (AGA)(inglés). (Fuente: USOAP CMA, OACI, 2024).*

PQ No.	Protocol Question	Guidance for Review of Evidence	ICAO References	PPQ	CE
8.001	Has the State promulgated specific operating regulations to transpose the provisions of Annex 14?	1) Confirm the title, date of promulgation and last amendment of all regulations related to aerodromes. 2) Verify that the content of the regulations is consistent, sufficient, properly organized to cover aerodrome design and operation.	CC Arts. 15, 28 & 37 STD A19 3.2.2.2 GM Doc 9734 Part A, C3	Yes	CE-2
8.003	Has the State implemented procedures for the amendment of its specific regulations, taking into consideration ICAO provisions and their amendments?	1) Review documented evidence of effective implementation of procedures for the amendment of the regulations. 2) Verify that regulations are amended in a timely manner whenever an Annex 14 amendment is received. 3) Verify the action taken by the State after receipt of the last amendments of Annex 14. Note to the auditor: The development of these procedures is addressed in PQ LEG PQ 1.009.	CC Art. 37 GM Doc 9734 Part A, C3	Yes	CE-2
8.005	Has the State promulgated regulations for the certification of aerodromes?	Verify that: 1) the State has established a requirement to certify aerodromes used for international operations; and 2) the scope of certification covers all relevant specifications established through the regulatory framework applicable to the aerodrome.	CC Art. 15 STD A14 Vol. I, 1.4.1 & 1.4.3 RP A14 Vol. I, 1.4.2 PANS Doc 9981 (AGA)	Yes	CE-2
8.011	If the State is involved in the provision of aerodrome facilities and services, is there a clear separation of authority between the	Review established method used to ensure objective and impartial safety management.	GM Doc 9774 1.1 Doc 9734	Yes	CE-3

4.3 Anexos Desarrollo.

Anexo C.1: *“Critical Elements (CE) y su relevancia para el PVC” (Fuente: Elaboración propia).*

CE	Tipo	Descripción	Relevancia para el PVC
CE-1	Establecimiento	Legislación aeronáutica básica	Marco que autoriza a la DGAC a fiscalizar
CE-2	Establecimiento	Reglamentos de explotación específicos	DAN que regula cada tipo de PSA
CE-3	Establecimiento	Sistema estatal de aviación civil y autoridad	Estructura organizacional de la DGAC
CE-4	Establecimiento	Personal técnico calificado	Inspectores del Subdepartamento de TP
CE-5	Establecimiento	Guía técnica, herramientas e información	MIO, LV, SDCPS (en desarrollo)
CE-6	Implementación	Obligaciones de certificación	AOC, habilitaciones PSA
CE-7	Implementación	Obligaciones de vigilancia e inspección	PVC, inspecciones de ruta, auditorías
CE-8	Implementación	Resolución de problemas de seguridad	Gestión de hallazgos, CAP

Anexo C.2: “Clasificación de los criterios según criticidad C/R/A” (Fuente: Elaboración propia).

Sección	N° ítem	Materia	Pregunta	Referencia	Clasificación	Peso	Vinculación G-HRC
► DESPACHO Y PREVUELO							
DESPACHO Y PREVUELO	A01a	Hoja briefing	Nombre del operador	DAN 121.809	ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A01b	Hoja briefing	Matrícula y modelo de la aeronave	DAN 121.809	ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A01c	Hoja briefing	Número y fecha del vuelo.	DAN 121.809	ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A01d	Hoja briefing	Aeródromo de salida, de destino y de alternativa	DAN 121.809	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01e	Hoja briefing	Nombres tripulantes y comandante	DAN 121.809	ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A01f	Información meteorológica (DAN 121.231)	Aeródromo de salida	DAN 121.809	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01g	Información meteorológica (DAN 121.231)	Ruta	DAN 121.809	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01h	Información meteorológica (DAN 121.231)	Aeródromo de destino	DAN 121.809	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01i	Información meteorológica (DAN 121.231)	Aeródromos de alternativa.	DAN 121.809	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01j	Condición de aeronavegabilidad	Restricciones operacionales	DAN 121.225	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01k	Condición de aeronavegabilidad	Equipamiento de la aeronave para la ruta planificada	DAN 121.225	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01l	Plan de Vuelo Operacional	Aeródromos, ruta, alternativas	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01m	Plan de Vuelo Operacional	Tipo de operación, VFR, IFR.	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01n	Plan de Vuelo Operacional	Taxeo	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01ñ	Plan de Vuelo Operacional	Trayecto	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01o	Plan de Vuelo Operacional	Contingencias	DAN 121.227	CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A01p	Plan de Vuelo Operacional	Alternativa	DAN 121.227	CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A01q	Plan de Vuelo Operacional	Reserva final	DAN 121.227	CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A01r	Plan de Vuelo Operacional	Adicional	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01s	Plan de Vuelo ATC	Presentación a ATC	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01t	Plan de Vuelo ATC	Concordancia con Plan de vuelo operacional	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01u	Plan de Vuelo ATC	Vigencia	DAN 121.227	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01v	NOTAMS	Aeropuerto de salida	DAN 121.233	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01w	NOTAMS	Ruta	DAN 121.233	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01x	NOTAMS	Aeropuerto de destino	DAN 121.233	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01y	NOTAMS	Alternativas	DAN 121.233	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A01z		Predicción de performance / RAIM	DAN 06 22 Ap. A	CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A02a		Tripulación de vuelo	DAN 121.601	CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A02b		Tripulación auxiliar de cabina	DAN 121.602	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A02c		EOV	DAN 121.701	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A02d		OCE	DAN 121.702	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A02f		Mecánico	121601	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A03a		Contenido	121601	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A03b		Claridad	121601	RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A04		Walk around	121601	CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A05a		Certificado de matrícula	DAN 121.801	ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo

DESPACHO Y PREVUELO	A05b		Certificado de aeronavegabilidad	DAN 121.801	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A06a		Bitácora de vuelo (Flight Log)	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06b		Certificado de ruido	DAN 121.801	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A06c		Certificado de Estación de Radio	DAN 121.801	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A06d		Certificado de Operador Aéreo (AOC)	DAN 121.801	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A06e		Especificaciones Relativas a las Operaciones	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06f		Carpeta de despacho de la aeronave	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06g		Análisis de Aeródromos	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06h		Registros de combustible y aceite	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06i		Listas de verificación (Check Lists)	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06j		Cartas de navegación, SID, STAR, IAP	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06k		Quick Reference Handbook	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06l		AFM	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06m		Manual Cold Weather Operations	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06n		Manual de Operaciones del operador	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06ñ		FCOM	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06o		MEL	DAN 121.801	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A06p		Lista de Verificación proced. búsqueda de bombas	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06q		Manual de Mercancías Peligrosas	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A06r		Instrucciones de empleo de las señales a utilizar en búsqueda y rescate	DAN 121.801	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A07a	Formato	Nacionalidad y matrícula de la aeronave	DAN 121.805	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A07b	Formato	Fecha, lugar de salida y llegada	DAN 121.805	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A07c	Formato	Hora de salida y llegada	DAN 121.805	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A07d	Formato	Horas de vuelo, ciclos	DAN 121.805	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A07e	Formato	Nombres y función de los tripulantes	DAN 121.805	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A07f	Formato	Propósito del vuelo	DAN 121.805	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A07g	Formato	Observaciones durante el vuelo	DAN 121.805	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A07h	Formato	Licencia y firma de la persona a cargo	DAN 121.805	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
DESPACHO Y PREVUELO	A07i		Autorización de vuelo de aeronave (release)	DAN 121.225 (a) (1)	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A08		Inspección interior	DAN 121.401	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A09		Uso de MEL/CDL	121813	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A10		Procedimiento de carga de combustible	121235	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESPACHO Y PREVUELO	A11		Información de pasajeros y carga	121225	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESPACHO Y PREVUELO	A12		Mercancías peligrosas (NOTOC)	121105	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
► SALIDA Y DESPEGUE						
SALIDA Y DESPEGUE	B01a		Comprensión		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B01b		Utilización		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B02a		Datos vuelo	DAN 121.301 (d)	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B02b		Datos aeronave		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B02c		Cumplimiento límites operacionales		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B03a		Copiado		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B03b		Congruencia PV ATC y operacional		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC

SALIDA Y DESPEGUE	B04a	Procedimiento de cálculo	121.301 (e)	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B04b	Crosscheck entre pilotos		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B05a	Procedimientos normales		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B05b	Taxeo		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B05c	Hotspots		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B05d	SID		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B05e	Emergencias		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B05f	Cruce de cordillera		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B06a	Autorización		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B06b	Coordinación con personal de tierra		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B06c	Procedimiento		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B07a	Coordinación con personal de tierra		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B07b	Procedimiento		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B08a	Autorización		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B08b	Velocidad		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B08c	Mantenión eje calles de rodaje		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B08d	Chequeos del avión		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B09a	Coordinación con personal de tierra		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B09b	Procedimiento		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B10a	Actualización de autorizaciones		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B10b	Modificación datos navegación		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B10c	Modificación datos despegue		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B11	Autorización de despegue		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12a	Uso de potencia		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12b	Mantenión centro de pista		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12c	Control de viento cruzado		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12d	Cumplimiento V1, VR, V2		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12e	Rotación		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12f	Tren y flaps		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12g	Franqueamiento de obstáculos		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B12h	Interceptación de SID	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B13a	Cumplimiento de restricciones de altitud	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B13b	Cumplimiento de restricciones de velocidad	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SALIDA Y DESPEGUE	B13c	Uso de radio ayudas	No aplica	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B14a	Cambio a QNE	No aplica	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
SALIDA Y DESPEGUE	B14b	Interceptación de aerovía	No aplica	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
► EN RUTA					
EN RUTA	C01a	Procedimientos normales		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C01b	Consideraciones operacionales especiales	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C01c	Alternativas del tramo		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C01d	Falla de presurización		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C01e	Falla de motor		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C01f	Actualización del briefing		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado

EN RUTA	C02a		Cumplimiento de reportes obligatorios		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C02b		Análisis condiciones meteorológicas actuales		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C02c		Desvíos de ruta		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C02d		Ruta paralela		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C02e		Control y administración del combustible		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C03a	Procedimiento RVSM	Chequeos prevuelo		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C03b	Procedimiento RVSM	Briefing ante falla sistema		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C03c	Procedimiento RVSM	Chequeos antes ingreso a espacio RVSM		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C03d	Procedimiento RVSM	Chequeos en espacio RVSM		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C03e	Procedimiento MNPS	Briefing		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C03f	Procedimiento MNPS	Cumplimiento de restricciones		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C03g	Procedimiento ETOPS	Chequeos prevuelo		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C03h	Procedimiento ETOPS	Chequeos previos a ingresar a tramo ETOPS		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C03i	Procedimiento ETOPS	Ingreso de ETP a data de navegación		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C03j	Procedimiento ETOPS	Coordinación con TC		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EN RUTA	C04a	Relevo de tripulación	Briefing al piloto entrante		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C04b	Relevo de tripulación	Mantención del control del avión		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C04c		Procedimiento abandono puesto plt	121237	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C04d		Procedimiento de salida de cockpit	121901	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EN RUTA	C04e		Cumplimiento restricciones alimentación	121109	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
► DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE						
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D01a		Procedimiento STAR		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D01b		Procedimiento IAP	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D01c		Ingreso información a sistema navegación		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D01d		Consideraciones meteorológicas		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02a		Procedimientos normales		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02b		Análisis entorno		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02c		Procedimiento de aproximación		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02d	Situaciones anormales/emergencias	Degradaciones sistema de navegación		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02e	Situaciones anormales/emergencias	Falla de motor		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02f	Situaciones anormales/emergencias	Restricciones meteorológicas		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02g	Aproximación frustrada	Condiciones		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02h	Aproximación frustrada	Procedimiento		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02i	Decisión para ir a alternativa	Consideraciones de combustible		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC

DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02j	Decisión para ir a alternativa	Verificación ruta	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02k		Actualización del briefing	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D02l		Actualización navegación	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D03a		Cumplimiento restricciones velocidad	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D03b		Cumplimiento restricciones altitud	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D04a		Cumplimiento perfil de velocidad	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D04b		Cumplimiento restricciones altitud	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D04c		Verificación de sistemas	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D05a		Uso de flaps	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D05b		Restricciones bajada tren aterrizaje	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D06a		Uso de automatización	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D06b		Control de la aeronave	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D06c		Configuración	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D07a		Uso de automatización	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D07b		Control de la aeronave	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D07c		Configuración	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08a		Velocidad	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08b		Configuración	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08c		Razón de descenso	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08d		Inclinación alar	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08e		Desviaciones de rumbo	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08f		Trayectoria de planeo	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08g		Eje de pista	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08h		Listas pasadas	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D08i		Cabina libre	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D009a		Quiebre de planeo	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC

DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D009b	Mantenión centro de pista		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D009c	Control de viento cruzado/cola	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D009d	Control de frenado		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D009e	Uso de reversos / speed brake		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D009f	Abandono de pista		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D10a	Autorización		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D10b	Velocidad		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D10c	Mantenión eje calles de rodaje		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D10d	Chequeos del avión		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D11a	Verificación área de seguridad		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D11b	Verificación wing walkers		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D11c	Seguimiento sistema automático de guía	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D11d	Velocidad de ingreso		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D11e	Uso freno de estacionamiento		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D12a	Comunicación con tierra		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D12b	Cumplimiento procedimientos normales		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D12c	Registro de novedades del avión		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D13a	Centro de pista		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D13b	Control viento cruzado/cola		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D13c	Control de velocidad		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D13d	Touchdown / rollout		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D13e	Reverso / speed brake		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D13f	Frenado		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D14a	Toma de decisión oportuna y acertada	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D14b	Ejecución de procedimiento		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE	D14c	Análisis de situación para dirigirse a alternativa		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC

DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE D14d		Consideraciones de combustible		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE D14e		Análisis meteorología		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
DESCENSO, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE D11f		Procedimiento de corte de motores	FCOM	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
► FACTORES HUMANOS					
FACTORES HUMANOS E01		Alerta/conciencia situacional	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
FACTORES HUMANOS E02		Distribución de tareas	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
FACTORES HUMANOS E03		Comunicación efectiva	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
FACTORES HUMANOS E04		Toma de decisiones y liderazgo		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
FACTORES HUMANOS E05		Administración automatización y tecnología		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
FACTORES HUMANOS E06		Monitoreo		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
FACTORES HUMANOS E07		Administración amenaza y error		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
► CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS					
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F01		Cabina estéril	121 Ap 2	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F02		Cumplimiento de especificaciones relativas a las operaciones	DAN 121.7	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F03		SOP y ALP		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F04		Limitaciones de la aeronave	121capD	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F05		Uso del radar y equipos de abordó		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F06		Uso de listas de verificación	121217	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F07		Uso de Manuales / QRH	No aplica	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F08		Cumplimiento de instrucciones ATC		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F09		Procedimiento TCAS		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F10		Capacitación de ruta y aeródromo	121601	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F11		Call-outs		CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F13		Lentes de repuesto	121137	ADMINISTRATIVO	1 Sin impacto operacional directo
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F14		Briefings al observador		RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F15		Vigencia cartas SID, STAR, IAC, AD	121137	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
CUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS F12		Comunicaciones	Sin referencia	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
► EFB					
EFB F16a		Vigencia publicaciones	DAN 121.801 (d)	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado
EFB F16b		Vigencia base de datos navegación	DAN 121.801 (d)	CRÍTICO	3 LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
EFB F16c		Cumplimiento procedimientos de uso	DAN 121.801 (d)	RELEVANTE	2 Riesgo indirecto o combinado

► APOYO TERRESTRE							
APOYO TERRESTRE	F17a		Coordinación con personal de tierra		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
APOYO TERRESTRE	F17b		Equipamiento de apoyo		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
APOYO TERRESTRE	F17c		Carguío de la aeronave		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
► TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA							
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	G01		Documentación operacional		ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	G02		Cumplimiento de funciones durante abastecimiento comb.		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	G03		Coordinación y comunicación con el PIC		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	G04		Cabina estéril		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
TRIPULACIÓN AUXILIAR DE CABINA	G05		Conocimiento de equipos de emergencia		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
► SISTEMAS AERONÁUTICOS							
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H01		Iluminación		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H02		Protección y seguridad del público		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H03		Comunicaciones ATC		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H04		Áreas estériles		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H05		Puente de embarque (manga)		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H06		Plataforma		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H07		Calles de rodaje		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H08		Pistas		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H09		Señales / Marcas		RELEVANTE	2	Riesgo indirecto o combinado
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H10		Obstrucciones		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H11		Contaminación /FOD		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H12		Radio ayudas de APP		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
SISTEMAS AERONÁUTICOS	H13		Control de nieve y hielo		CRÍTICO	3	LOC-I / CFIT / RE / RI / MAC
► GENERALIDADES							
GENERALIDADES	I01		Otras observaciones		ADMINISTRATIVO	1	Sin impacto operacional directo

Los colores refieren a:

Rojo: Criterio Crítico

Amarillo: Criterio Relevante

Verde: Criterio Administrativo.

Anexo C.3: “Escenario de deterioro: JetSMART con hallazgos críticos”. (Fuente: Elaboración propia).

Para ilustrar cómo el modelo reacciona ante un deterioro del desempeño operacional, e presenta un escenario alternativo donde JetSMART registra una inspección con mayor concentración de hallazgos en Ítems Críticos:

Operador	Vuelos 2025	P(x)	EXPnorm	COP	(1-COP)	IRO ₁	Ranking
LATAM	154928	0,621	1,000	0,942	0,058	0,036	2°
SKY	56283	0,297	0,839	0,914	0,086	0,021	3°
JETSMART	35614	0,200	0,874	0,739	0,261	0,046	1°
DAP	7744	0,047	0,159	0,823	0,177	0,001	4°
total	958269						
λ	0,000006						

El COP de 73,9%, JetSMART pasa a ser la primera prioridad de vigilancia con $IRO_1 = 0,046$, superando incluso a LATAM a pesar de tener un volumen operacional significativamente menor. El modelo detecta el deterioro y lo traduce inmediatamente en mayor prioridad de inspección.

Anexo C.4: Análisis de sensibilidad de α y β . (Fuente: Elaboración propia).

Una limitación declarada del modelo es que los ponderadores α y β son preliminares. Para evaluar la robustez del ranking ante variaciones en esos ponderadores, se presenta el siguiente análisis de sensibilidad usando el escenario de divergencia:

Escenario α / β	LATAM IRO2	SKY IRO2	JETSMART IRO2	DAP IRO2
$\alpha = 0,50 ; \beta = 0,50$	0,048	0,030	0,034	0,002
$\alpha = 0,70 ; \beta = 0,30$	0,043	0,027	0,029	0,002
$\alpha = 0,30 ; \beta = 0,70$	0,052	0,033	0,039	0,002
$\alpha = 1,00 ; \beta = 0,00$	0,036	0,021	0,023	0,001

El ranking es estable ante variaciones de α y β en todos los escenarios excepto cuando $\alpha = 1,00$ (modelo equivalente a la Etapa 1 pura, sin componente SMS). Esto indica que la incorporación del MS en cualquier proporción mayor a cero modifica el ranking respecto al modelo sin SMS, lo que valida la relevancia del índice de madurez como variable discriminante.

La única excepción ($\alpha = 1,00$) demuestra que si se ignora completamente el SMS el modelo colapsa a la Etapa 1, perdiendo la capacidad de detectar operadores con buen cumplimiento operacional pero SMS estructuralmente débil. Esto fundamenta la necesidad de mantener $\beta > 0$ en cualquier calibración posterior del modelo.