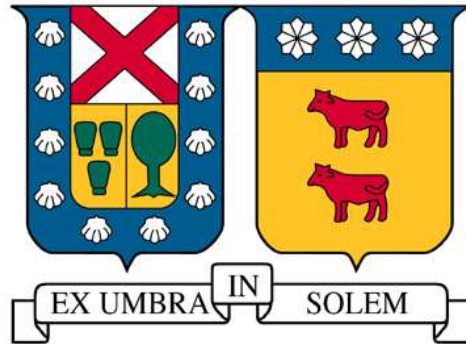


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE AERONÁUTICA
SANTIAGO – CHILE



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA EXTENSIÓN DE
LA DURACIÓN DEL PERIODO DE CERTIFICACIÓN Y
REVALIDACIÓN DE ENTRENADORES Y SIMULADORES
EN CHILE**

JOSÉ ALONSO TRONCOSO MUÑOZ

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL**

PROFESOR GUIA : SR. MARTINUS POTTER.
PROFESOR CORREFERENTE : SR. JORGE AGUIRRE M.

ENERO 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: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA EXTENSIÓN DE LA DURACIÓN DEL PERIODO DE CERTIFICACIÓN Y REVALIDACIÓN DE ENTRENADORES Y SIMULADORES EN CHILE.

Nombre del candidato(a): José Alonso Troncoso Muñoz.

Carrera / Grado: INGENIERÍA EN AVIACIÓN COMERCIAL

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** AERONÁUTICA

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Martinus Potters, 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: 19/01/2026 ; **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 19/01/2026 ; **Firma:** 

BIB-FO2385 01



Agradecimientos

Este trabajo de memoria está dedicado a todas las personas que me acompañaron en el camino hasta llegar a este momento. Agradezco profundamente a mi familia papá, mamá, tata, mami, lela, primos, primas, padrino, tíos y tías por su apoyo constante, no solo durante la carrera, sino en cada etapa de mi vida. También a mi mascota perruna Ronaldinho, que siempre me recibió en casa con alegría infinita, y a mis amigos Julio, Canela, Diego, Thomas, Javier, Martin, Fabriccio, Etan, Carlos, Felipe, Kevin, Georgina, Fabián y Jorge “Tote”, entre otros que quizás olvide mencionar. Aunque muchos no estudiaban lo mismo, su compañía en las noches de desvelo, sus conversaciones, risas y la paciencia para escuchar mis frustraciones hicieron más llevadero este proceso. Extiendo también mi agradecimiento a los señores Martinus y Jorge por su apoyo en la confección de este trabajo.

Quiero destacar especialmente a mi papá y mamá, quienes han sido un pilar fundamental en mi crecimiento personal. Su cariño, comprensión, palabras de ánimo y apoyo incondicional han estado presentes tanto en momentos difíciles como en los más cotidianos. Gracias por ser exactamente lo que necesitaba y por enseñarme con su ejemplo.

Agradezco también a mi ídolo deportivo, Lionel Messi, por inspirarme a entender que ningún talento sustituye al esfuerzo, y que incluso cuando uno está a un paso de cumplir un sueño, pueden ocurrir obstáculos que obliguen a intentarlo de nuevo.

Finalmente, me agradezco a mí mismo por haber tenido la fortaleza para atravesar los ramos difíciles, las noches de mal sueño, las pruebas que parecían imposibles y los trabajos interminables.



Resumen Ejecutivo

El presente estudio evalúa la factibilidad técnica y económica de extender los periodos de vigencia de la certificación y revalidación de entrenadores y simuladores de vuelo (ESV) en Chile, actualmente regulados bajo la normativa DAN 60 de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). La investigación surgió de la problemática identificada respecto a la ineficiencia del esquema actual de certificación anual, el cual generaba elevados costos operativos y logísticos tanto para la autoridad fiscalizadora como para los operadores aéreos, sin discriminar por la categoría o el desempeño técnico de los dispositivos.

Para abordar este desafío, se llevó a cabo un análisis comparativo de la normativa nacional frente a estándares internacionales (FAA, EASA, CAAC), lo que permitió contextualizar las mejores prácticas globales en la gestión de dispositivos de instrucción. Metodológicamente, se identificaron y clasificaron los entrenadores y simuladores operativos en el territorio nacional, analizando sus datos técnicos, historial de fallas y registros de mantenimiento para establecer correlaciones de fidelidad y confiabilidad operativa.

Como resultado principal, se desarrolló una propuesta metodológica basada en un "Índice de Performance del ESV" (IPE), el cual integró indicadores objetivos de Confiabilidad Operacional, Desgaste Técnico Acumulado y la Madurez del programa de Guía de Pruebas de Calificación (QTG). Este modelo permitió fundamentar un esquema de extensión gradual de la certificación, proponiendo ciclos que podrían ampliarse desde los 12 meses actuales hasta 24 o 36 meses para aquellos dispositivos que demostraran un rendimiento sostenido. Finalmente, el estudio concluyó con una evaluación económica que proyectó el impacto en los ingresos tarifarios de la DGAC y el ahorro para los operadores hacia el año 2030, demostrando la viabilidad de modernizar el sistema regulatorio chileno.

Abstract

This study evaluates the technical and economic feasibility of extending the validity periods of the certification and revalidation of flight training devices and simulators (ESV) in Chile, which are currently regulated under the DAN 60 standard issued by the Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). The research emerged from the problem identified in the inefficiency of the current annual certification scheme, which generated high operational and logistical costs for both the regulatory authority and air operators, without distinguishing between device category or technical performance.

To address this challenge, a comparative analysis was conducted between the national regulation and international standards (FAA, EASA, CAAC), allowing the identification of global best practices in the management of training devices. Methodologically, all operational trainers and simulators in the country were identified and classified, and their technical data, failure history, and maintenance records were analyzed to establish correlations regarding fidelity and operational reliability.

As a main result, a methodological proposal was developed based on an “ESV Performance Index” (IPE), which integrated objective indicators of Operational Reliability, Accumulated Technical Wear, and the maturity of the Qualification Test Guide (QTG) program. This model enabled the justification of a gradual certification extension scheme, proposing cycles that could be expanded from the current 12 months to 24 or even 36 months for devices demonstrating sustained performance. Finally, the study concluded with an economic assessment projecting the impact on DGAC tariff revenues and operator cost savings through 2030, demonstrating the feasibility of modernizing the Chilean regulatory system.



Tabla de contenido

Agradecimientos.....	3
Resumen Ejecutivo.....	4
Abstract.....	5
Tabla de contenido.....	6
Índice de Figuras.....	9
Índice de Tablas.....	11
Índice de Ecuaciones.....	13
Índice De Gráficos.....	14
Glosario de Términos.....	15
Introducción.....	17
Capítulo 1. Antecedentes Generales.....	19
1.1. Justificación del Tema.....	20
1.2. Objetivos.....	21
1.2.1. Objetivo General.....	21
1.2.2. Objetivos Específicos.....	21
1.3. Metodología.....	22
1.4. Alcance.....	23
Capítulo 2. Estado del Arte.....	24
2.1. Antecedentes.....	25
2.1.1. Dirección General de Aeronáutica Civil.....	25



2.1.2.	Duración de certificación en diversos organismos regulatorios	29
2.1.3.	Movimientos de las aeronaves.....	32
2.1.4.	Categorías de los ATD	37
2.1.5.	Categorías de entrenadores y simuladores	39
2.1.6.	Costos evaluaciones sobre certificación de ESV.....	52
2.2.	Marco Teórico.....	55
2.2.1.	Guía de Test Aprobados.....	55
2.2.2.	Guía de Componentes Inoperativos.....	56
2.2.3.	Mantenimiento de la certificación	57
2.2.4.	Cantidad de entrenadores y simuladores en Chile.....	58
2.2.5.	Cantidad de entrenadores y simuladores con evaluación entre 2023 y 2025.....	56
2.2.6.	Universo de entrenadores y simuladores a considerar.....	65
2.3.	Propuesta Metodológica	69
Capítulo 3.	Desarrollo	71
3.1.	Introducción al modelo.....	72
3.2.	Criterios del modelo	74
3.3.	Ponderaciones del modelo.....	79
3.3.1.	Indicadores de Confiabilidad Operacional	82
3.3.2.	Indicador de Desgaste Técnico Acumulado	85
3.3.3.	Indicador de Madurez del programa QGT o MQTG.....	88
3.4.	Crecimiento económico de las tarifas por concepto de certificación	91



3.5. Crecimiento cantidad de certificaciones.....	94
Capítulo 4. Conclusiones.....	99
Capítulo 5. Bibliografía.....	102
Capítulo 6. Anexo	106
6.1. Movimientos de rotación de una aeronave, Pitch, Roll y Yaw.....	107
6.2. Movimientos de desplazamiento de una aeronave, Heave, Sway y Surge.....	108
6.3. Tabla A1A normativa DGAC DAN60, paginas desde la 53 hasta la 66 de la normativa chilena.	109
6.4. Informes del estado de los entrenadores y simuladores en Chile hasta el 30 de Septiembre del 2025	123
6.5. Estimación económica desde el año 2025 hasta 2030, sobre los valores tarifarios con un aumento del 1,4%.	126

Índice de Figuras

Ilustración 2.1: Diagrama jerárquico de la entidad regulatoria de Chile llamada Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC.	26
Ilustración 2.2: Diagrama jerárquico extendido de la entidad que regula la aviación en Chile llamada Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC.	27
Ilustración 2.3: Movimientos de Pitch, Yaw y Roll, emuladas en simuladores y entrenadores.	33
Ilustración 2.4: Movimientos de heave, sway y surge en una aeronave.	35
Ilustración 2.5: Relación entre los movimientos de rotación (Pitch, Roll y Yaw) y desplazamiento (Heave, Sway y Surge).	36
Ilustración 2.6: Entrenador de categoría 1.	40
Ilustración 2.7: Entrenador categoría 2.	41
Ilustración 2.8: Entrenador categoría 3.	42
Ilustración 2.9: Entrenador categoría 4, siendo la primera con el requisito de tener una cabina cerrada.	43
Ilustración 2.10: Entrenador categoría 5.	44
Ilustración 2.11: Entrenador categoría 6.	45
Ilustración 2.12: Entrenador categoría 7, basado en un B777.	46
Ilustración 2.13: Simulador de vuelo categoría A. Modelo Simulador de vuelo 700MXR del CAE.	47
Ilustración 2.14: Simulador categoría B. Modelo Simulador de vuelo ELITE Motion Systems creado por Elite Simulation Solutions.	48



Ilustración 2.15: Exterior e Interior de un simulador categoría C.	49
Ilustración 2.16: Imagen del exterior de simulador categoría D, basado en un A320.....	50
Ilustración 2.17: Esquema representativo de la propuesta metodológica que se llevara a cabo.	70
Ilustración 3.1: Avance gradual de la duración de certificación.	74
Ilustración 3.2: Diagrama de flujo para la extensión del periodo de certificación del ESV. 81	



Índice de Tablas

Tabla 2.1: Comparativa duración de certificación de diversas autoridades regulatorias, siendo la DGAC, FAA, EASA y CAAC.....	31
Tabla 2.2: Ejes de libertad con que cuentan cada simulador, generados con movimientos en la cabina del simulador.	51
Tabla 2.3: Valores relacionados a certificación para los FSTD para 3er trimestre 2025 fijados por DGAC, con valores expresados en CLP (peso chileno).....	53
Tabla 2.4: Valores relacionados a certificación para los FSTD para 4to trimestre 2025 fijados por DGAC, con valores expresados en CLP (peso chileno).....	54
Tabla 2.5: Cantidad de entrenadores y simuladores establecidos en territorio chileno con la cantidad de certificaciones vigentes, vencidas y desactivados separadas por categorías, con los datos hasta el 30 de Septiembre del 2025.	60
Tabla 2.6: Cantidad de entrenadores y simuladores a contabilizar hasta el 30 de Septiembre del 2025.	62
Tabla 2.7: Cantidad de entrenadores y simuladores cuyas últimas certificaciones fueron entre 2023 y 2025.	64
Tabla 2.8: Cantidad total de entrenadores y simuladores a considerar en esta memoria.	67
Tabla 3.1: Ponderaciones para los subindicadores correspondientes a Confiabilidad Operacional.....	84
Tabla 3.2: Ponderaciones para los subindicadores correspondientes a Desgaste Técnico Acumulado.	87
Tabla 3.3: Ponderaciones para los subindicadores correspondientes a Madurez del programa QTG o MQTG.	90



Tabla 3.4: Variación tarifaria entre el 3er y 4to trimestre para el año 2025.	92
Tabla 3.5: Estimación de ingresos promedios por concepto de tarifas de la DGAC por certificación de ESV desde el año 2026 hasta el año 2030.	93
Tabla 3.6: Efecto de la propuesta sobre la cantidad de ESV certificados en tres casos posibles.	96
Tabla 3.7: Ingresos pronosticados en el año 2030 por parte de la DGAC por certificaciones según los tres escenarios planteados, con los precios en fijados en CLP.	98



Índice de Ecuaciones

Ecuación 3.1: Cálculo de Mean Time Between Failures (MTBF).	75
Ecuación 3.2: Cálculo de Mean Time To Repair (MTTR).	75
Ecuación 3.3: Disponibilidad Operacional.	76
Ecuación 3.4: Ponderaciones generales para el Índice de Performance del ESV (IPE).	80
Ecuación 3.5: Cálculo para el indicador de Confiabilidad Operacional.	84
Ecuación 3.6: Cálculo para el indicador de Desgaste Técnico Acumulado.	87
Ecuación 3.7: Cálculo para el indicador de Madurez del programa QTG o MQTG.	91
Ecuación 3.8: Comparación porcentual entre periodos.	91
Ecuación 3.9: Factor de ahorro, representa el ahorro generado por la propuesta por parte del operador.	94
Ecuación 3.10: Representación matemática para el aumento sobre la cantidad de ESV certificados.	95



Índice De Gráficos

Gráfico 2.1: Cantidad total de entrenadores y simuladores separados por su estado de vigencia de la certificación de uso.....	59
Gráfico 2.2.2: Cantidad de entrenadores y simuladores separados por su estado de vigencia, estando vigentes, vencidos o desactivados. Según información de la DGAC al 30 de Septiembre del 2025.	61
Gráfico 2.3: Totalidad de entrenadores y simuladores comprendidos entre los años 2023 y 2025.	63
Gráfico 2.4: Cantidad de entrenadores y simuladores cuyas últimas certificaciones fueron entre 2023 y 2025.	65
Gráfico 2.5: Cantidades absolutas de entrenadores y simuladores a considerar en la memoria.	66
Gráfico 2.6: Cantidad de entrenadores y simuladores a considerar.....	67
Gráfico 2.7: Resumen sobre la cantidad de entrenadores y simuladores sin separar por categorías.	68



Glosario de Términos

SIGLAS or ABBREVIATIONS	ESPAÑOL	ENGLISH
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil	Does not Apply
EASA	Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea	European Union Aviation Safety Agency
FAA	Administración Federal de Aviación	Federal Aviation Administration
CAAC	Administración de Aviación Civil de China	Civil Aviation Administration of China
ESV	Entrenador Sintético de Vuelo	Does not Apply
FSTD	Dispositivo de Instrucción para Simulación de Vuelo	Flight Simulator Training Device
EPVA	Entrenadores de Procedimientos de Vuelo Avión	Does not Apply
FDR	Registrador de Datos de Vuelo	Flight Data Recorder
FFS	Simulador de Vuelo Avión	Full Flight Simulator
FTD	Entrenador para Procedimientos de Vuelo	Does not Apply
ATD	Dispositivo de Entrenamiento de Aviación	Aviation Training Device
PCATD	Dispositivo de Entrenamiento Aeronáutico por Computadora Personal	Personal Computer Aeronautical Training Device
BATD	Dispositivo de Entrenamiento Aeronáutico Básico	Basic Aviation Training Device
AATD	Dispositivo de Entrenamiento Aeronáutico Avanzado	Advanced Aviation Training Device
FFSA	Simulador de Vuelo Avión	Does not Apply



FFSH	Simulador de Vuelo Helicóptero	Does not Apply
FTDA	Entrenador de Procedimientos de Vuelo Avión	Does not Apply
FTDH	Entrenador de Procedimientos de Vuelo Helicóptero	Does not Apply
EDL DOF	Ejes de Libertad	Degree of Freedom
GTA QTG	Guía de Test Aprobados	Qualification Test Guide
MQTG	Guía Maestra de Tests de Calificación	Master Qualification Test Guide
GCI	Guía de Componentes Inoperativos	Does not Apply
SVA	Simulador de Vuelo Avión	Does not Apply
MEL	Lista de Equipamiento Mínimo	Minimum Equipment List
AQP	Programa de Calificación Avanzada	Advanced Qualification Program
LOFT	Entrenamiento de Vuelo Orientado a la Línea	Line Oriented Flight Training
IOS	Estación de Operación del Instructor	Instructor Operation Station
SOC	Declaración de Cumplimiento y de Capacidad	Statement of Compliance Capability
UPRT	Entrenamiento para la Prevención y Recuperación de Trastornos	Upset Prevention and Recovery Training
USA EEUU	Estados Unidos de América	United Estate of America
UE	Unión Europea	European Union



Introducción

La presente memoria de título aborda el "Estudio de factibilidad para la extensión de la duración del periodo de certificación y revalidación de entrenadores y simuladores en Chile", enfocándose en la optimización de los procesos regulatorios aeronáuticos nacionales. En el contexto actual, la normativa DAN 60 establece que la certificación de estos dispositivos debe realizarse de manera anual, un criterio rígido que no considera la categoría del equipo, su nivel de complejidad tecnológica ni su historial operativo. Esta situación conlleva un uso ineficiente de recursos fiscales y privados, elevando los costos por concepto de viáticos y horas-hombre especializadas necesarias para las inspecciones en terreno.

El objetivo central de este trabajo es evaluar la factibilidad técnica de modificar estos periodos de vigencia, proponiendo un modelo sustentado en la confiabilidad operacional y el desgaste técnico que experimentan los simuladores a lo largo del tiempo. La investigación se justifica en la necesidad de alinear la normativa chilena con tendencias internacionales que buscan una gestión más eficiente y basada en datos objetivos, permitiendo focalizar la fiscalización en aquellos dispositivos que presenten mayores riesgos o deficiencias técnicas.

El alcance del estudio se circunscribe al territorio nacional y se centra específicamente en los Entrenadores de Vuelo (FTD) de categorías 4 a 7 y simuladores de categorías A hasta D, excluyendo dispositivos de ala rotatoria (helicópteros). A través de una metodología exploratoria y descriptiva, se analizan los marcos regulatorios comparados (FAA, EASA, CAAC), se caracteriza el parque actual de simuladores en Chile y se diseña una propuesta metodológica que introduce indicadores de desempeño (IPE) para determinar la elegibilidad de extensión de los certificados.



Este enfoque busca modernizar la gestión de la seguridad operacional en la instrucción aérea, garantizando que la eficiencia administrativa no comprometa los estándares de fidelidad y seguridad requeridos para el entrenamiento de pilotos.



Capítulo 1. Antecedentes Generales

Este capítulo sienta las bases de la investigación, justificando la relevancia de extender la certificación de simuladores de vuelo en Chile. Se presentan los objetivos de evaluar esta factibilidad, utilizando criterios de confiabilidad y desgaste, y se describe la metodología general del estudio. Finalmente, se define el alcance técnico y geográfico del análisis.

1.1. Justificación del Tema

En la actualidad, el proceso de certificación de entrenadores y simuladores de vuelo en Chile se lleva a cabo de manera anual, sin considerar la categoría o nivel del dispositivo. Esta práctica genera un incremento significativo en los costos operativos, tanto para la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), que destina recursos institucionales del presupuesto anual, ya sean humanos o financieros para realizar dichas inspecciones, como para los propietarios de los dispositivos, quienes, en muchos casos, deben financiar los gastos asociados a la certificación, particularmente viáticos derivados de la distancia entre la ubicación del simulador y el personal técnico certificador requerido para la realización de las diversas pruebas.

Ante este escenario, surge la necesidad de optimizar los recursos destinados a los procesos de certificación y revalidación, de manera que estos se ajusten a la realidad operativa y técnica de cada dispositivo. Una alternativa viable consiste en diseñar un modelo de certificación que se sustente en datos objetivos, específicamente en indicadores de confiabilidad y en el desgaste progresivo que los simuladores experimentan a lo largo del tiempo. Esta propuesta permitiría establecer criterios diferenciados y técnicamente fundamentados, que contribuyan a una gestión más eficiente, económica y ajustada a las condiciones reales de los entrenadores y simuladores de vuelo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la factibilidad de extender los periodos de vigencia de certificación establecidos actualmente por la normativa (DAN 60) y revalidación para entrenadores y simuladores de vuelo en Chile, basado en la confiabilidad operacional y el desgaste que experimentan en el tiempo.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Analizar la normativa vigente nacional e internacional relativa a la certificación y revalidación de entrenadores y simuladores de vuelo, con énfasis en las normativas de la DGAC (Chile), la FAA (EE. UU.), la EASA (Europa) y la CAAC (China).
2. Identificar y clasificar los entrenadores y simuladores de vuelo actualmente existentes en Chile, según su categoría y nivel de certificación y determinar las aeronaves más representadas en los entrenadores y simuladores del país, identificando qué modelos concentran mayor demanda de emulación y certificación.
3. Comparar y evaluar los datos técnicos generados por los simuladores frente a los modelos de aeronaves reales que representan, con el fin de establecer el grado de fidelidad, confiabilidad y desgaste registrado en el tiempo.
4. Generar un modelo de extensión para la duración de la certificación de vigencia de los entrenadores y simuladores de vuelo, basado en indicadores y analizar el efecto económico que tendría la medida en relación a los ingresos de la DGAC por certificaciones.

1.3. Metodología

La metodología que se llevará a cabo en este estudio de factibilidad corresponde a:

1. Analizar la normativa nacional e internacional relacionada con la certificación y revalidación de entrenadores y simuladores de vuelo, tomando como base la DAN 60 de Chile y comparándola con la normativa de FAA (EE. UU.), EASA (UE), CAAC (China).
2. Identificar y clasificar los entrenadores y simuladores de vuelo disponibles en Chile, según categoría establecida por la DGAC, tipo de aeronave emulada y nivel de certificación, generando un panorama actualizado de los ESV en el país.
3. Comparar la información de desempeño de los simuladores con los datos reales de las aeronaves que emulan, evaluando el grado de fidelidad mediante métricas de confiabilidad y análisis estadístico de correlación.
4. Realizar la propuesta con el plan de extensión de vigencia de los certificados de operación para los entrenadores y simuladores de avión del país.

1.4. Alcance

Esta memoria estará basada en los FTD, a los que hace referencia el Apéndice C de la normativa DAN 60. Enfocada en los entrenadores de categorías desde la 4 (cuatro) a 7 (siete) y los simuladores de categoría desde la A hasta la D, dado que son los entrenadores de mayor categoría, sin contar a los simuladores por ser otra categoría de ESV.

La presente memoria tendrá un carácter exploratorio y descriptivo para la implementación de un nuevo proceso de certificación para entrenadores y simuladores de vuelo, a continuación, se dirán los motivos de la naturaleza del alcance.

Esta investigación será exploratoria porque abordará un área. Se explorará la viabilidad y eficacia de utilizar este tipo de certificación para mejorar los procesos de acreditación actuales.

El alcance geográfico de esta memoria es del país de Chile, ya que será enfocado para los procesos de certificación por parte de la DGAC, que se realizan a nivel nacional. Y en los emuladores que son del tipo de enseñanzas para vuelos de avión, dejando fuera a los de helicópteros. Y los datos sobre tarifas a usar serán hasta 30 de Octubre del 2025, mientras que la cantidad y estado de vigencia de los FSTD serán hasta el 30 de Septiembre del 2025.



Capítulo 2. Estado del Arte

Este capítulo profundiza en los antecedentes del estudio, detallando la organización de la DGAC, la duración de las certificaciones de entrenadores y simuladores a nivel mundial, sus categorías, los movimientos aeronáuticos que simulan y los costos asociados a las evaluaciones periódicas. Además, establece el marco teórico, explicando las guías de pruebas aprobadas, la gestión de componentes inoperativos y cómo se mantiene la certificación, finalizando con la presentación de la metodología de investigación.

2.1. Antecedentes

2.1.1. Dirección General de Aeronáutica Civil

En Chile la dictación de la normativa y la reglamentación son funciones encargadas a la Dirección General de Aeronáutica Civil gracias a la ley número 16.752, en la que además de su creación se especifica que será un servicio dependiente de la Comandancia en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile, pero siendo una entidad descentralizada gracias al decreto de con fuerza de ley número 47. Le correspondiéndole fundamentalmente la dirección y administración de los aeródromos públicos y de los servicios destinados a la ayuda y protección de la navegación aérea. Para eso le corresponde fiscalizar a los actores aeronáuticos a lo largo y ancho del territorio chileno, mientras que al tener que cumplir con diversas funciones para regular la aviación en Chile, la DGAC se subdivide en doce departamentos y una dirección, siendo los siguientes: (*Ley 16.752 de Chile, 2025*)

- Departamento Secretaría General.
- Departamento Planificación.
- Departamento Auditoría Interna.
- Departamento Jurídico.
- Departamento Prevención de Accidentes.
- Departamento Aeródromos y Servicios Aeronáuticos.
- Dirección Meteorológica de Chile.
- Departamento Seguridad Operacional.

- Departamento Tecnologías de Información y Comunicación.
- Departamento Comercial.
- Departamento Logística.
- Departamento Finanzas.
- Departamento Recursos Humanos.



Ilustración 2.1: Diagrama jerárquico de la entidad reguladora de Chile llamada Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC.

Fuente: <https://www.dgac.gob.cl/acerca-de-la-dgac-2/estructura-organizacional/>

Para el caso de la fiscalización de los entrenadores y simuladores son funciones correspondientes al Departamento de Seguridad Operacional. Como este departamento cuenta con más funciones, él mismo se subdivide en cinco subdepartamentos:

- Subdepartamento Planificación y Gestión.

- Subdepartamento Operaciones.
- Subdepartamento Licencias.
- Subdepartamento Aeronavegabilidad.
- Subdepartamento Transporte Público.

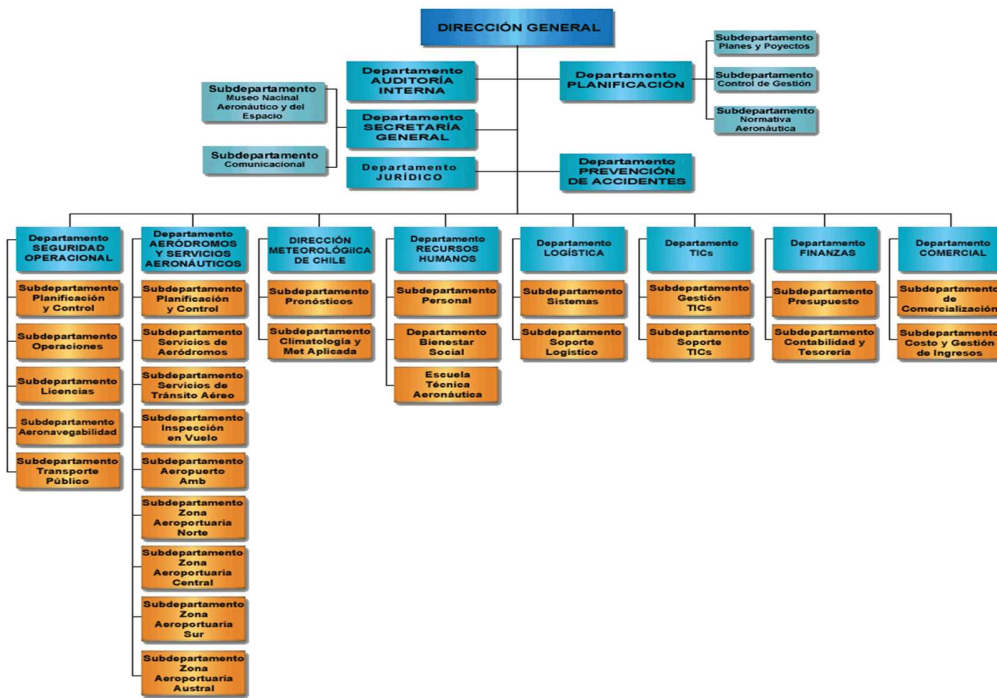


Ilustración 2.2: Diagrama jerárquico extendido de la entidad que regula la aviación en Chile llamada Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC.

Fuente: <https://www.dgac.gob.cl/transparencia/organica.html>.

Los entrenadores y simuladores son jurisdicción del subdepartamento de Licencias, los cuales son encargados de realizar la certificación y evaluaciones recurrentes de los emuladores a través de la sección de entrenadores. Este subdepartamento es responsable de administrar la acreditación del personal aeronáutico de la aviación nacional, incluyendo tripulaciones de vuelo y cabina, así como personal de apoyo en tierra. Además, gestiona y



programa los exámenes de pericia en simuladores conforme a la normativa vigente, tanto para obtención como para entrenamiento recurrente, incluyendo el Entrenamiento para la Prevención y Recuperación de Trastornos (UPRT).

Además, se debe señalar que, en el caso del entrenamiento con uso de entrenadores y simuladores para los pilotos, señalado en la DAN 61 sobre LICENCIAS PARA PILOTOS Y SUS HABILITACIONES, la DGAC lo describe como “período durante el cual un piloto practica en tierra el vuelo simulado por instrumentos, en un dispositivo de simulación de vuelo para instrucción autorizado por la DGAC”. Junto con esto está la importancia sobre su uso, ya que se señala “el uso de dispositivos de instrucción para simulación de vuelo (simuladores y entrenadores) puede ser autorizado por la DGAC para acreditar el cumplimiento de requisitos de entrenamiento, adquisición y demostración de competencias y experiencia reciente siempre que estos dispositivos cumplan con la respectiva normativa técnica aeronáutica de general aplicación.” (LICENCIAS PARA PILOTOS Y SUS HABILITACIONES, 2025). Lo anteriormente señalado se ve afectado en caso de que el entrenador o simulador se encuentra con su certificación en estado de “Autorizaciones Vencidas”, ya que en dichos casos el entrenamiento efectuado por parte de los pilotos no se verá contabilizado como tiempo de vuelo.



2.1.2. Duración de certificación en diversos organismos regulatorios

Las diversas autoridades aeronáuticas civiles, como la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) de Chile, la Federal Aviation Administration (FAA) de Estados Unidos, la European Union Aviation Safety Agency (EASA) y la Civil Aviation Administration of China (CAAC), han desarrollado sus propias regulaciones para la certificación y evaluación.

Si bien estas normativas presentan aspectos similares, difieren en la forma de aplicar las evaluaciones para la certificación de los FSTD y ESV, particularmente en la duración de las certificaciones otorgadas.

Para los emuladores de vuelo pertenecientes a Chile, se requiere de una certificación con una periodicidad de 12 meses. De esta manera el tiempo volado por los pilotos en el emulador es aceptado por la DGAC como tiempo de vuelo, según el tiempo máximo que la autoridad admite para ese emulador específico. Cada emulador es certificado de manera individual, independientemente de que se tengan más de uno que simule el mismo modelo de aeronave, en las que se requieren pruebas técnicas y prácticas. Las pruebas prácticas deben ser realizadas por un piloto habilitado para el mismo modelo de aeronave al cual que se quiera certificar el emulador.



En EEUU se aplican plazos similares a los de Chile. Esto se debe a que la normativa chilena se encuentra basada en la de EEUU, teniendo la certificación por un periodo de un año. El modelo de EEUU sin embargo es extensible a 24 y hasta 36 meses basado en la implementación de un Sistema de Calidad (QMS) que amerite una certificación menos frecuente, manteniendo un monitoreo cada 12 meses por parte del National Simulator Program Manager (NSPM). En la Unión Europea, que es regida por la EASA, existen dos medidas. La primera es que el emulador cumple con los estándares mínimos, dándole una duración de 12 meses, pero si tiene un rendimiento superior esta certificación puede ser extendida de entre 24 y 36 meses según estime la autoridad competente.

La extensión del periodo de evaluación recurrente debe estar impulsada por un enfoque basado en el riesgo como parte de la supervisión continua. Una vez que la autoridad competente haya concedido un período de evaluación recurrente ampliado, el operador podrá planificar todas las evaluaciones recurrentes posteriores del FSTD pertinente con el intervalo de tiempo ampliado, según corresponda, hasta que decida volver a un período de evaluación recurrente más corto (Easa, 2018).

En China se aplica de forma distinto el proceso de certificación, ya que después de la primera certificación se requiere que cada 5 años se exige una re-evaluación integral del simulador (similar a una certificación inicial). En este proceso se incluye verificación física, revisión del QTG (Qualification Test Guide) completo, calibraciones y pruebas subjetivas del desempeño, haciendo una evaluación completa del simulador, mientras que se realizan inspecciones anuales para mantener el certificado operativo o Statement of Qualification.

Este certificado es emitido tras una evaluación remota o recurrente y tiene una validez de 12 meses, con la finalidad de corroborar que el FSTD siga manteniendo los estándares técnicos¹.

Mostrando resumidamente en la siguiente tabla las diferentes duraciones de las certificaciones de los FSTD por parte de las diferentes autoridades.

Autoridad Regulatoria	País	Normativa	Duración de Certificación
DGAC	Chile	DAN 60	12 meses
FAA	EEUU	CFR Part 60	12 meses, extensible de 24 a 36 meses
EASA	Unión Europea	CS-FSTD	12 meses, extensible de 24 a 36 meses
CAAC	China	CCAR 142	5 años de forma completa, anualmente estándares técnicos

Tabla 2.1: Comparativa duración de certificación de diversas autoridades regulatorias, siendo la DGAC, FAA, EASA y CAAC.

Fuente: dgac.gob.cl; faa.gov; easa.europa.eu; caac.gov.cn

En aquellos países que aceptan prórrogas las realizan siempre y cuando se cumplan con planes para asegurar la mantención de calidad, los que deben ser debidamente autorizados

¹ Referencias bibliográficas (The CERTIFICATION REGULATIONS for FLIGHT TRAINING CENTERS (CCAR-142), 2004) (Procedures for Conducting Remote Recurrent Evaluation of Flight Simulation Training Devices in Hong Kong SAR and Macao SAR and Overseas Areas, n.d.)

por el organismo respectivo. Mientras que las que son anuales cuentan con una fecha de vigencia de la certificación.

2.1.3. Movimientos de las aeronaves

Las aeronaves cuentan con movimientos de rotación generados durante sus operaciones, siendo los principales movimientos los señalados a continuación:

- Yaw o Guiñada: Un movimiento de guiñada es un movimiento lateral del morro de la aeronave. El movimiento de guiñada se debe a la desviación del timón de dirección de esta aeronave. El timón es una sección articulada en la parte trasera del estabilizador vertical. (NASA & Centro de Investigación Glenn, n.d.)
- Roll: Podemos definir la orientación de la aeronave por la rotación de sus partes a lo largo de estos ejes principales. El eje de alabeo se encuentra a lo largo de la línea central de la aeronave. Un movimiento de alabeo es un movimiento ascendente y descendente de las alas de la aeronave. El movimiento de balanceo se debe a la deflexión de los alerones del avión. El alerón es una sección articulada en la parte trasera de cada ala. Los alerones trabajan en oposición: cuando el alerón derecho sube, el izquierdo baja.(NASA & Glenn Research Center, n.d.-b)
- Pitch: El movimiento de pitch o elevación se debe al movimiento de los alerones traseros (estabilizadores horizontales) de la aeronave, generando el movimiento de subir o bajar el morro del avión, para que se genere el movimiento ambos alerones deben moverse en el mismo sentido, generando rotación sobre el centro de gravedad.(NASA & Glenn Research Center, n.d.-a)

Estos movimientos pueden ser vistos como conjunto y cada uno de manera individual, ya que durante la operación de una aeronave no se desarrollan siempre los tres movimientos en simultáneo, si no que en la medida que se van requiriendo, para mantener el rumbo o comenzar operaciones de despegue o aterrizaje.²

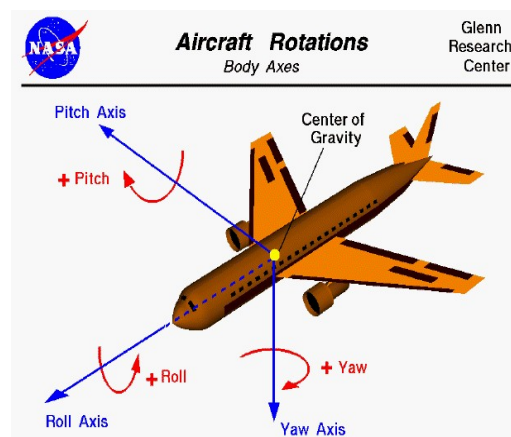


Ilustración 2.3: Movimientos de Pitch, Yaw y Roll, emuladas en simuladores y entrenadores.

Fuente: grc.nasa.gov.

Los entrenadores más avanzados se le exige tres ejes de libertad además de los anteriormente mencionados. Los que no establecen movimientos de rotación, siendo correspondiente a los movimientos de desplazamiento³ generados en la aeronave. Estos siendo los siguientes:

² Imágenes de cada movimiento de rotación separado en el Anexo 6.1.

³ Imágenes de cada movimiento de desplazamiento en Anexo 6.2.

-
- Ascensión o Heave: Corresponde al movimiento de traslación vertical, es decir, el desplazamiento hacia arriba o hacia abajo de la cabina o plataforma de un simulador. En simulación de vuelo, reproduce las aceleraciones verticales que percibe un piloto durante ascensos, descensos, turbulencia o variaciones de sustentación. Este movimiento es fundamental para recrear la sensación física de “peso” o “ligereza” que se experimenta cuando la aeronave gana o pierde altitud. (McDonald, 2016)

 - Derrape lateral o Sway: Correspondiente al movimiento de traslación de izquierda a derecha o viceversa, a lo largo del eje lateral de la aeronave o simulador. En un simulador, reproduce la sensación de desplazamiento lateral, como la que ocurre por situaciones como turbulencia, viento cruzado o virajes rápidos, maniobras de guiñada o cuando la aeronave se desplaza lateralmente en tierra o aire. Es clave para una reproducción fiel del movimiento real en los entrenadores de alta fidelidad.

 - Derrape longitudinal o Surge: El término describe el movimiento de traslación hacia adelante o hacia atrás, esto paralelo al eje longitudinal de la plataforma de simulador. Reproduciendo los movimientos de aceleración o desaceleración que se experimenta en la cabina durante despegue, aproximación o frenada de la aeronave, logrando entregarle al piloto una sensación realista sobre los cambios de velocidad. (McDonald, 2016)
-

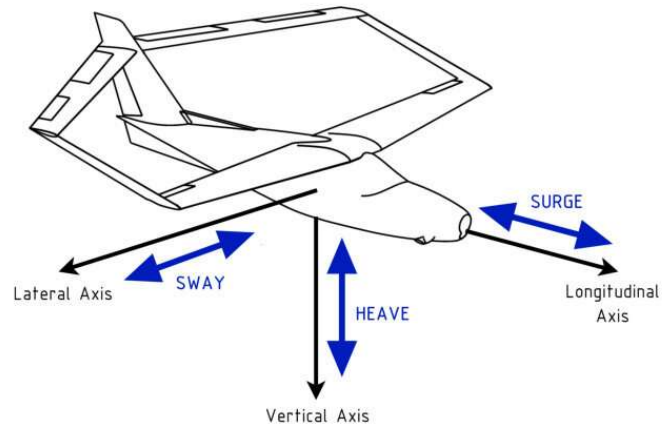


Ilustración 2.4: Movimientos de heave, sway y surge en una aeronave.

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Six-Degrees-of-Freedom-for-an-Aircraft_fig37_360076363.

Los seis grados de libertad o ejes de libertad anteriormente descritos se relacionan directamente, ya que al generar rotación se logra realizar el desplazamiento de la aeronave. Con lo anterior se obtiene que al generar una rotación de Yaw y Roll realiza el movimiento para modificar la dirección de derecha o izquierda, mientras que el primero realiza el movimiento sin generar inclinación de la aeronave el movimiento de Roll si genera una inclinación de la aeronave. Mientras que Pitch afecta a el movimiento de Heave, generando que el avión se mueva hacia arriba o hacia abajo.

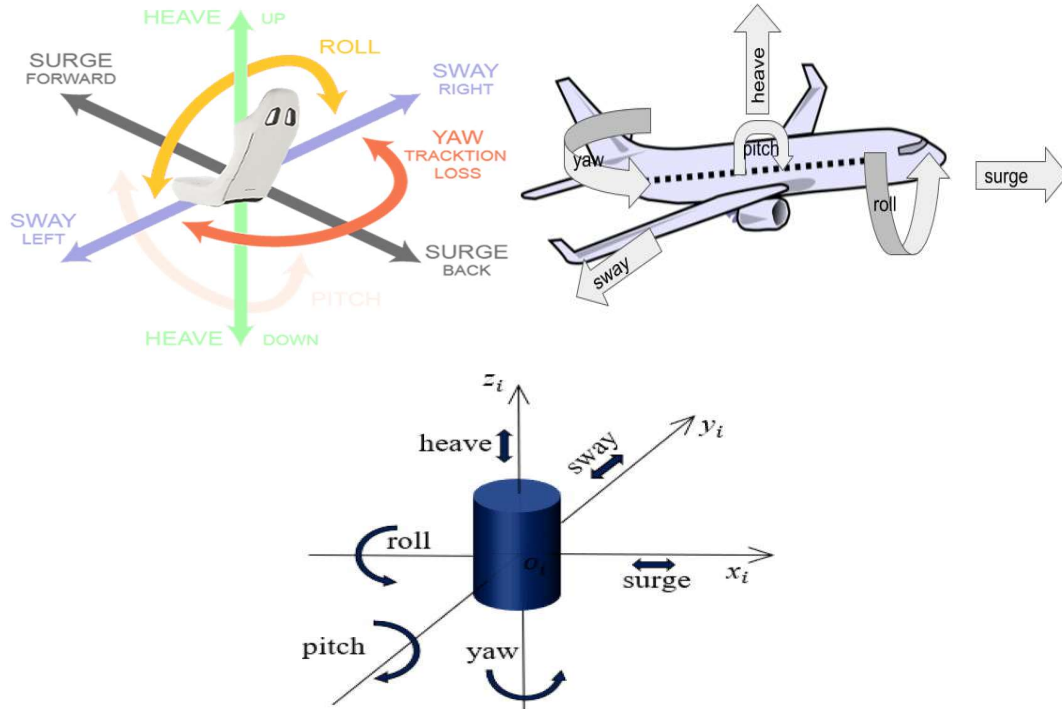


Ilustración 2.5: Relación entre los movimientos de rotación (Pitch, Roll y Yaw) y desplazamiento (Heave, Sway y Surge).

Fuente: <https://www.simracingstudio.com/post/motion-101-roll-pitch-yaw-sway-surge-heave-and-traction-loss-explained>, <https://robprojects.github.io/flightsim/2020/03/22/flightsim2.html> y https://www.researchgate.net/figure/The-definition-of-the-six-degrees-of-freedom-of-an-isolated-cylinder_fig2_380415349.

2.1.4. Categorías de los ATD

En primera instancia se debe esclarecer que en Chile se cuentan con diversas categorías para los entrenadores y simuladores de vuelo, entre ellos los llamados Aviation Training Devices, los cuales se dividen en tres categorías, siendo las siguientes:

- Entrenador de Vuelo por Instrumentos PCATD (Personal Computer Aeronautical Training Device): Corresponde a un entrenador inicial el cual es utilizado por los alumnos para familiarizarse con los elementos de cabina y la operación de un avión monomotor, correspondiendo a un dispositivo que funcionalmente proporciona una plataforma de entrenamiento conforme a lo exigido para el entrenamiento de vuelo instrumental y tal como señala la DAN 61 “que está equipado con los instrumentos apropiados, y que simula el entorno del puesto de pilotaje de una aeronave en vuelo en condiciones de vuelo por instrumentos”⁴.

➤ ⁴ Referencias bibliográficas (REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019) (Departamento de Aeronáutica de la Universidad Técnica Federico Santa María, n.d.) (LICENCIAS PARA PILOTOS Y SUS HABILITACIONES, 2025)



- BATD (Basic Aviation Training Device). Es un dispositivo que funcionalmente proporciona una plataforma de entrenamiento conforme a lo exigido para el entrenamiento de vuelo instrumental y que además satisface o supera los requerimientos establecidos en el Apéndice 2 de la AC 61-136⁵ de la legislación FAA, y que se le haya emitido una certificación bajo lo establecido en esta AC por parte de esa autoridad aeronáutica.

Corresponde a aquellos dispositivos similares denominados PCATD. (REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)

- AATD (Advanced Aviation Training Device). Es un dispositivo que funcionalmente proporciona una plataforma para realizar tareas de entrenamiento tanto en tierra como en vuelo orientada a la obtención de licencias de piloto privado, piloto comercial, pilotos de línea aérea, instructor de vuelo e instructor de vuelo por instrumento; que además satisface o supera los requerimientos establecidos en el Apéndice 2 y Apéndice 3 de la AC 61-136 de la legislación FAA, y que se le haya emitido una certificación bajo lo establecido en esta AC por parte de esa autoridad aeronáutica. Corresponde de forma similar a aquellos dispositivos FTD niveles 1, 2 y 3. (REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)

⁵ Enlace a [AC 61-136 de la FAA](#) en Bibliografía.

2.1.5. Categorías de entrenadores y simuladores

Para la normativa vigente en Chile (DAN 60) existen dos tipos de simuladores y de entrenadores, los que emulan aviones y los de helicópteros (FFSH y FTDH). Para efectos de este trabajo de memoria nos enfocaremos únicamente en los de tipo avión, siendo los que emulan el vuelo de siglas FFSA y los que simulan procedimientos con siglas FTDA.

Los entrenadores son dispositivos computacionales en los que se pueden realizar aprendizaje para operaciones de pilotos sin la necesidad de la utilización de la aeronave emulada. Estos dispositivos son categorizados por números siguiendo en orden de complejidad, siendo para estos:

- Categoría número 1: Dispositivo básico que permite la práctica de procedimientos elementales de vuelo. No requieren de cubierta de vuelo (cabina realista), limitándose a paneles simplificados y controles esenciales para la familiarización con instrumentos básicos. No requieren sistema visual avanzado ni de movimiento, y su programación dinámica es mínima. Son útiles en las etapas iniciales de instrucción para practicar coordinación de mandos y procedimientos simples en condiciones normales. No están diseñados para simular emergencias ni situaciones complejas.



Ilustración 2.6: Entrenador de categoría 1.

Fuente: <https://www.tagpilotsupply.com/ProductImagesNew/N-S/pcatd.jpg>.

- Categoría número 2: Dispositivo que incorpora una cabina parcial con mayor realismo en los instrumentos. Puede incluir algunos sistemas de simulación de navegación o comunicaciones, aunque de manera limitada. Su programación permite reproducir con cierta fidelidad el comportamiento de la aeronave en condiciones normales, pero aún no contempla una gama amplia de fallas o emergencias. El sistema visual, si existe, es rudimentario y restringido a escenarios básicos.



Ilustración 2.7: Entrenador categoría 2.

Fuente:

https://cdn.shopify.com/s/files/1/3081/6184/files/Cirrus_AATD_more_white_space_for_shopify_9_26a_b3861-10f0-4713-b1c9-f2aa7402422e_480x480.png

- Categoría número 3: Dispositivo que ofrece una representación más avanzada y cercana a la cabina real, incluyendo sistemas operativos básicos del avión que se emula. Aunque no llega al nivel de los entrenadores de procedimiento de categoría superior, permite practicar navegación básica, vuelo instrumental limitado y coordinación de tripulación. El sistema visual suele ser más desarrollado que en los niveles previos, pudiendo representar pistas y aeródromos de manera simplificada. No cuenta con sistema de movimiento, pero sí con mejor fidelidad en los instrumentos y controles.



Ilustración 2.8: Entrenador categoría 3.

Fuente: <https://www.rumboaeronautico.com/2024/06/ventajas-de-los-simuladores-de-vuelo-en.html>.

Cabe señalar que las categorías 1, 2 y 3 son nombrados como ATD y que para normativas DGAC y FAA no están categorizados como tal, ya que fueron sustituidos desde la Advisory Circular AC 120-45A al ser creada la FAR 60 en 2008, pasando las categorías 1 y 2 a ser BATD mientras que la categoría 3 paso a ser AATD. En la normativa existen solamente entrenadores de las categorías 4, 5, 6, 7 y 8, mientras que los simuladores son los correspondientes a las categorías A, B, C y D.

➤ Categoría número 4: Dispositivo que puede tener una cubierta de vuelo abierta o cerrada específica de un tipo de aeronave y al menos un sistema operativo. Se requiere que esté representada la lógica del vuelo en condiciones aire/tierra (no es requisito programación aerodinámica). Todos los displays pueden ser representaciones del tipo plano LCD u otro tipo similar, que contengan la representación de los displays de la aeronave simulada. Todos los controles,

interruptores y perillas pueden ser de activación sensible al tacto (touch screen) o pueden ser réplicas físicas de los controles reales de la aeronave.(REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)



Ilustración 2.9: Entrenador categoría 4, siendo la primera con el requisito de tener una cabina cerrada.

Fuente: <https://baatraining.com/wp-content/uploads/2022/11/A320-FTD-RFT965x545.webp>.

- Categoría número 5: Dispositivo que puede tener una cubierta de vuelo abierta o cerrada específica de un tipo de aeronave, en que la programación aerodinámica es genérica de una familia de aeronaves, y al menos un sistema operativo y el “control loading” representativo de la aeronave simulada en una configuración y velocidad de aproximación. Todos los displays pueden ser representaciones del tipo plano LCD u otro tipo similar, que contengan la representación de los displays de la aeronave simulada. Aquellos controles de vuelo primarios y secundarios (tales como por ejemplo; “Rudder”, “ailerons”, “elevator”, “flaps”, “spoilers/speedbrakes”, “engine controls”, “landing gear”, “nose Wheel steering”, “trims”, “brakes”) deben ser controles físicos. Todos los otros controles tales como interruptores y perillas pueden ser de activación sensible al tacto (touch screen). (REQUISITOS PARA LA

EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN
PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)



Ilustración 2.10: Entrenador categoría 5.

Fuente: <https://baatraining.com/es/habilitacion-de-tipo/cursos-de-calificacion/instructor-de-vuelo-sintetico-sfi/>.

- Categoría número 6: Dispositivo que tiene una cubierta de vuelo cerrada específica de una aeronave, en que la programación aerodinámica corresponde a una aeronave específica, con todos los sistemas aplicables a esa aeronave operativos; el “control loading” debe ser el representativo de la aeronave simulada durante toda su envolvente tanto en tierra como en vuelo y se debe tener la representación de sonidos significativos. Todos los displays pueden ser representaciones del tipo plano LCD u otro tipo similar, que contengan la representación de los displays de la aeronave simulada. Sin embargo, Todos los otros controles tales como interruptores y perillas, deben replicar físicamente a la aeronave en el control de su operación.(REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)



Ilustración 2.11: Entrenador categoría 6.

Fuente: <https://verticalmag.com/press-releases/entrol-delivers-s-64-ftd-level-6-simulator-to-korea-forest-aviation-headquarters/>.

- Categoría número 7: Es un dispositivo que cuenta con una cabina de vuelo cerrada de un avión específico, programación aerodinámica correspondiente a un avión específico, todos los sistemas aplicables del avión operativos, carga en los controles representativos del avión simulado en toda la envolvente operacional de vuelo y en tierra, y representación significativa del sonido. Todos los paneles pueden ser representaciones en pantallas LCD o las representaciones reales de las pantallas de la aeronave, sin embargo, todos los controles, interruptores y botones deberán replicar físicamente a la aeronave en su operación. También cuenta con un sistema visual que proporciona una vista al exterior de la cabina (para ambos pilotos simultáneamente) con un campo visual de al menos 180° horizontalmente y 40° verticalmente. (REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)



Ilustración 2.12: Entrenador categoría 7, basado en un B777.

Fuente: <https://flightdecksolutions.com/our-fleet/B777>.

Los entrenadores no tienen la necesidad de generar movimiento en los emuladores, ya que estos cuentan con movimientos lógicos, los cuales son simulaciones sin la necesidad de que la cabina requiera moverse realmente para generar las sensaciones durante vuelo de las actividades que se emulan, por lo que no requieren grados de libertad al no simular los movimientos.

Los simuladores son dispositivos electrónicos más sofisticados que los entrenadores, generando mayor realismo con la aeronave emulada, los cuales son definidos por la DAN 61 como “Simulador de vuelo (Full Flight Simulator “FFS”), que proporciona una representación exacta del puesto de pilotaje de un tipo particular de aeronave, hasta el punto de que simula con fidelidad las funciones de los mandos de las instalaciones y sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc., de a bordo, el entorno normal de los miembros de la tripulación de vuelo, y la performance y las características de vuelo de ese tipo de aeronave”

(LICENCIAS PARA PILOTOS Y SUS HABILITACIONES, 2025). Estos están categorizados por letras ordenados según complejidad, siendo para estos⁶:

- Categoría A: Simulador con cabina representativa, pero con sistemas básicos. Puede carecer de movimiento, pero cuando cuenta con movimiento este se define por tener tres grados de libertad (pitch, roll y elevación) y de un sistema visual avanzado. Su uso es limitado para entrenamiento de procedimientos generales y habilidades básicas de vuelo.



Ilustración 2.13: Simulador de vuelo categoría A. Modelo Simulador de vuelo 700MXR del CAE.

Fuente: [Simulador de vuelo - 700MXR - CAE - de prácticas / en cabina.](#)

- Categoría B: Simulador con una cabina representativa con sistemas operativos más desarrollados y programación dinámica de fidelidad moderada. Aunque el movimiento y la visualización son opcionales, el simulador permite instrucción básica en procedimientos y habilidades de vuelo. Se mantiene la modelación dinámica de vuelo y la simulación de operaciones en superficie, incluyendo efectos

⁶ Tabla con los requisitos generales para los simuladores de vuelo en Anexo 6.3.

de viento cruzado. El sistema de movimiento debe contar con al menos tres grados de libertad (pitch, roll, elevación), y el visual conserva un campo colimado de 45° horizontales y 30° verticales. La fidelidad sonora se orienta a reproducir los ruidos reales de cabina.



Ilustración 2.14: Simulador categoría B. Modelo Simulador de vuelo ELITE Motion Systems⁷ creado por Elite Simulation Solutions.

Fuente: [Simulador de vuelo - ELITE Motion Systems - Elite Simulation Solutions - de avión / de movimiento / de prácticas.](#)

- Categoría C: Corresponde a simuladores de alta fidelidad, con cabina completa y sistemas capaces de replicar condiciones normales y de emergencia con elevado realismo. La cabina debe ser una réplica dimensionalmente precisa, incluyendo efectos de actitud de cabeceo y dinámica del centro de gravedad por movimiento de combustible. El sistema de movimiento exige seis grados de libertad

⁷ Video referencial en la web https://video.aeroexpo.online/video_ar/videos/video-11898.mp4.

(pitch, roll, yaw, ascensión, sway, surge), y el visual debe alcanzar un campo colimado de 176° horizontales y 36° verticales, sin discontinuidades. Se requiere modelar condiciones de pista diversas y fallas de frenos, así como efectos aerodinámicos del hielo, efecto suelo y efecto Mach. Este nivel es apto para instrucción avanzada y evaluación.



Ilustración 2.15: Exterior e Interior de un simulador categoría C.

Fuente: [Simulador de vuelo - Airliner - ALSIM - de prácticas / en cabina / FFS.](#)

➤ Categoría D: Representa el estándar más alto en simulación de vuelo, integrando todas las capacidades previas con énfasis en la máxima fidelidad operacional. Requiere una cabina completa, idéntica al avión real, con funcionalidad total de sus componentes. El sistema de movimiento debe contar con seis grados de libertad, y el visual debe ofrecer alta resolución con campo de visión extendido. Se exige la simulación de fenómenos meteorológicos complejos, como lluvia variable y pistas contaminadas con nieve o agua, incluyendo efectos ópticos como reflejos. El sistema de sonido debe reproducir con precisión la amplitud, frecuencia y direccionalidad de los ruidos de cabina, incorporando eventos críticos como aterrizajes catastróficos. Este nivel permite entrenamiento y certificación completa sin necesidad de aeronave real.



Ilustración 2.16: Imagen del exterior de simulador categoría D, basado en un A320.

Fuente: [What Is A Level D Simulator?](#)⁸.

⁸ Video referencial al entrenador de categoría D basado en el avión A320
<https://youtu.be/K7QV8OwWxNw?si=7hA2rss7uGD2j1HB>

La cantidad de ejes de libertad, son generados con movimientos en la cabina. Aquellos DOF al no ser requerimiento en cada simulador se pueden resumir en la siguiente tabla.

DOF/Categoría	A	B	C	D
Pitch	X	X	X	X
Roll	X	X	X	X
Yaw			X	X
Heave	X	X	X	X
Sway			X	X
Surge			X	X

Tabla 2.2: Ejes de libertad con que cuentan cada simulador, generados con movimientos en la cabina del simulador.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque los ESV son de aeronaves en particular también se encuentran excepciones por motivos de que el software y hardware del emulador le pueda cambiarse, con la finalidad de poder convertirse en un modelo diferente, generalmente del mismo tipo de aeronave. La misma plataforma, cabina de vuelo, sistemas de movimiento y visual, computadoras y equipamiento periférico puede ser usado en más de una simulación; estos son llamados ESV convertibles.



2.1.6. Costos evaluaciones sobre certificación de ESV

Los costos asociados a las evaluaciones, cualquiera fuera su naturaleza se encuentran establecidos en la DAR-50 y los montos son publicados, a través del sitio oficial de la DGAC, de manera trimestral por el “Reglamento de Tasas y Derechos Aeronáuticos”. Estos montos deben ser cubiertos en la totalidad por el solicitante u operador del FSTD. En esta memoria serán considerados para los flujos económicos los montos de costos sobre certificación correspondientes para el tercer trimestre del 2025 y cuarto trimestre del mismo año, publicado el primero mencionado el día 8 de Julio del 2025, mientras que el segundo fue publicado el 8 de Octubre del 2025. Esto con la finalidad de establecer el cambio en los costos, con la finalidad de estimar el cambio que sufrirán en el futuro. (*Tarifas 3er Trimestre 2025, 2025*) (*Tarifas 4to trimestre 2025, 2025*)



Entrenadores Sintéticos de Vuelo	
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP
Primera certificación	679.801
Evaluación recurrente	399.880
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP
Primera certificación	475.849
Evaluación recurrente	237.932
Renovación certificado Door Trainer	193.199
Renovación certificado Tobogán Trainer	159.134
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP
Primera certificación	283.128
Evaluación recurrente	141.567
Servicios	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	148.478

Tabla 2.3: Valores relacionados a certificación para los FSTD para 3er trimestre 2025 fijados por DGAC, con valores expresados en CLP (peso chileno).

Fuente: <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf>.



Entrenadores Sintéticos de Vuelo	
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP
Primera certificación	689.318
Evaluación recurrente	405.478
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP
Primera certificación	482.511
Evaluación recurrente	241.263
Renovación certificado Door Trainer	195.904
Renovación certificado Tobogán Trainer	161.362
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP
Primera certificación	287.092
Evaluación recurrente	143.549
Servicios	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	148.465

Tabla 2.4: Valores relacionados a certificación para los FSTD para 4to trimestre 2025 fijados por DGAC, con valores expresados en CLP (peso chileno).

Fuente: <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf>.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Guía de Test Aprobados

Los diversos entrenadores, categorías 4 a 7 y simuladores son sometidos a pruebas con la finalidad de comprobar la calidad de similitud con los modelos que emulan. Estas pruebas son llamadas Qualification Test Guide (QTG), en los cuales se demuestran a través de informes que contienen gráficos, la similitud durante la operación del ESV o FFS con la aeronave. Corresponde al documento inicial de referencia usado para la evaluación de un ESV. Contiene los resultados de tests, los SOC, la configuración del aeronave simulada e información diversa de utilidad para el evaluador de la Departamento de Seguridad Operacional (DSO) de la DGAC para evaluar el ESV de acuerdo con la normativa aplicable.(REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)

A la anteriormente mencionada QTG se le debe agregar la Guía Maestra de Tests de Calificación (MQTG), la cual corresponde a la Guía de Tests de Calificación aprobada por la DGAC u otra autoridad aeronáutica internacional reconocida por la DGAC y que contiene el testimonio de fe de los resultados de esos tests por parte de la antedicha autoridad.(REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)

2.2.2. Guía de Componentes Inoperativos

Al igual que las aeronaves cuentan con sus respectivas Listas de Equipo Mínimo o MEL por sus siglas en inglés (Minimum Equipment List), la cual es una guía sobre qué elementos pueden quedar inoperativos, bajo qué condiciones y durante cuánto tiempo estos pueden estar en mal funcionamiento sin riesgos para la seguridad del vuelo, los ESV cuentan con la Guía de Componentes Inoperativos (GCI). El GCI es un documento que define las condiciones reales de operación y las habilitaciones y nivel de calificación efectivo que un Simulador de Vuelo adquiere frente a situaciones de fallas o degradación en alguno o varios de sus sistemas, haciendo que tal cómo su nombre indica son las condiciones y componentes mínimos que requiere para su funcionamiento.⁹

Cuando los ESV cuentan con componentes inoperativos o faltantes estos cambian el nombre del tipo de entrenamiento que pueden realizar, pasando de un entrenamiento normal a uno restringido, en donde puede continuar siendo usado de acuerdo con su nivel de calificación certificado (QPS), pero que queda restringido para completar aquellas tareas de entrenamiento para las cuales se requiera un correcto funcionamiento del componente defectuoso o faltante.

⁹ Referencias bibliográficas (REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019) (pilotinstitute, n.d.)

2.2.3. Mantenimiento de la certificación

Para la mantención de la certificación de operación del emulador esta se puede llegar a suspender o cancelar por parte de la DGAC si la autoridad estima que el dispositivo no cumple con los estándares de clasificación a los que son sometidos, dependiendo de la categoría que corresponda. Esto es analizado mediante las revisiones recurrentes o especiales a las que se es sometido el emulador.

En el caso de que un operador, planea desactivar el PCATD por un período prolongado (por ejemplo, más allá de tres meses), deberá cumplir con lo siguiente para reiniciar su funcionamiento debidamente aprobado por la DGAC:

- Comunicar por escrito con al menos 30 días de anticipación a la fecha de salida del servicio a la DGAC de tal intención. El documento debe señalar el tiempo estimado durante el cual el PCATD permanecerá inactivo; y
- Para recobrar su aprobación de funcionamiento, la DGAC efectuará y en coordinación con el operador, una evaluación al PCATD. El contenido de tal evaluación y el tiempo requerido para su ejecución y cumplimiento estará relacionado con la cantidad de evaluaciones recurrentes no efectuadas durante el período de inactividad.(REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)

Mientras que, si el operador traslade el PCATD a una nueva ubicación, deberá cumplir con lo siguiente para mantener su aprobación de funcionamiento:

- Comunicar por escrito a la DGAC de tal intención, con al menos 30 días de anticipación;
- Previo a la vuelta al servicio del PCATD en su nueva ubicación, el operador deberá realizar una evaluación de acuerdo con lo establecido en la presente Norma y siguiendo los estándares de calificación establecidos en el Apéndice “F” de esta Norma. Los resultados así obtenidos, deberán ser conservados y presentados a la DGAC en la siguiente evaluación programada, o según requerimiento de la DGAC; y
- Sin perjuicio de lo anterior, la DGAC podrá disponer si lo estima necesario efectuar una evaluación especial al PCATD, antes de su vuelta al servicio. (REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO, 2019)

2.2.4. Cantidad de entrenadores y simuladores en Chile

En Chile se tienen registrados un total de 201 entrenadores y simuladores, de los cuales 2 fueron desactivados y los cuales se encuentran distribuidos en el territorio nacional. Estos datos son entregados de manera mensual por parte de la DGAC en su “ESTADO DE ENTRENADORES SINTÉTICOS EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL” y para los PCATD son publicados en el informe “ESTADO DE ENTRENADORES DEL TIPO "PCATD" EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL”¹⁰. Con fines de esta memoria son

¹⁰ Informes en Anexo 6.4.

considerados los informes hasta el 30 de Octubre del 2025¹¹, el cual se encuentra de manera pública. Estos son desglosados por categorías según:

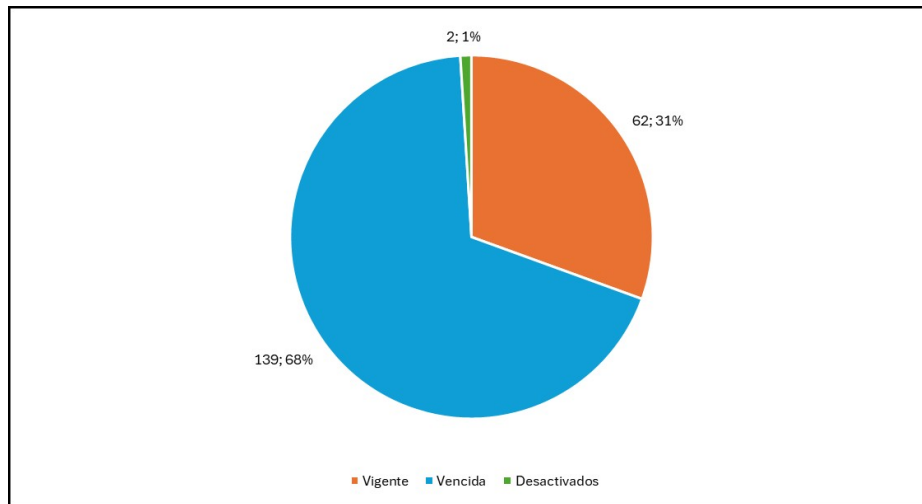


Gráfico 2.1: Cantidad total de entrenadores y simuladores separados por su estado de vigencia de la certificación de uso.

Fuente: Elaboración propia, con información del informe mensual de la DGAC <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

¹¹ Referencias bibliográficas (*ESTADO DE ENTRENADORES SINTETICOS EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL SEPTIEMBRE 2025, 2025*) (*ESTADO DE ENTRENADORES DEL TIPO "PCATD" EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL SEPTIEMBRE 2025, 2025*)

Entrenador	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Categoría 1	1	0	1	0
Categoría 2	0	0	0	0
Categoría 3	2	0	2	0
Categoría 4	17	9	8	0
Categoría 5	12	5	7	0
Categoría 6	0	0	0	0
Categoría 7	1	0	1	0

Simuladores	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Categoría A	0	0	0	0
Categoría B	2	0	1	1
Categoría C	14	1	12	1
Categoría D	69	20	49	0

Otras Categorías	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
AATD	5	2	3	0
BG	1	0	1	0
DG	1	0	1	0
DT	4	3	1	0
EF	1	1	0	0
TC	2	1	1	0
PCATD	69	20	49	0

Tabla 2.5: Cantidad de entrenadores y simuladores establecidos en territorio chileno con la cantidad de certificaciones vigentes, vencidas y desactivados separadas por categorías, con los datos hasta el 30 de Septiembre del 2025.

Fuente: Elaboración propia, con información del informe mensual de la DGAC <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

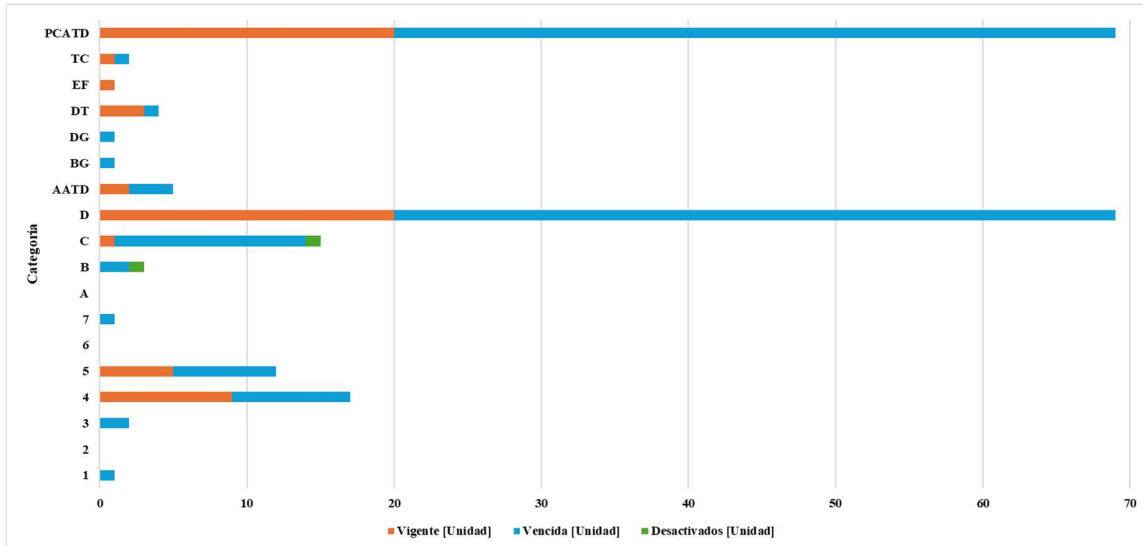


Gráfico 2.2.2: Cantidad de entrenadores y simuladores separados por su estado de vigencia, estando vigentes, vencidos o desactivados. Según información de la DGAC al 30 de Septiembre del 2025.

Fuente: Elaboración propia, con información del informe mensual de la DGAC <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

Se debe señalar que para el apartado de “Otras Categorías” las siglas tienen los significados de:

- AATD: Explicados en 2.1.4.
- BG: Base General. Entrenador o dispositivo con funcionalidades básicas, utilizado para instrucción general o familiarización con procedimientos no específicos de aeronave.
- DG: Datos Generales. Dispositivo o módulo orientado a la enseñanza de aspectos teóricos o generales del tipo de aeronave.
- DT: Door Trainer. Entrenador de operación de puertas, utilizado para instrucción en procedimientos normales y de emergencia de apertura, cierre y evacuación.

- EF: Entrenador de Fuego. Dispositivo destinado a la práctica de procedimientos de combate de incendios y emergencias relacionadas en aeronaves o cabinas simuladas.
- TC: Entrenador de Cabina o Tripulación de Cabina. Entrenador para capacitación de tripulantes de cabina (TCP) en seguridad, evacuación, primeros auxilios y emergencias a bordo.
- PCATD: Explicados en 2.1.4.

También se debe especificar que para esta memoria no serán considerados los que se encuentren desactivados ni aquellos pertenecientes a las categorías DT, EF ni TC; dejando la cantidad de 194 entrenadores y simuladores a considerar.

2.2.5. Cantidad de entrenadores y simuladores con evaluación entre 2023 y 2025

A partir de los datos obtenidos en 2.2.4 para esta memoria se utilizarán las cantidades de entrenadores y simuladores que corresponden para los entrenadores categorías desde la 1 a la 7, AATD, BG, DG y PCADT, mientras que los simuladores son los A, B, C y D.

Obteniendo los valores establecidos en la siguiente tabla.

Entrenadores	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Total	109	36	73	0
Simuladores	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Total	87	21	64	2

Tabla 2.6: Cantidad de entrenadores y simuladores a contabilizar hasta el 30 de Septiembre del 2025.

Fuente: Elaboración propia.

Estos números dejan en claro que existe una gran cantidad de entrenadores y simuladores en territorio nacional que se mantienen sin certificar, generando que cualquier entrenamiento realizado en los que se encuentren con certificación vencida no sean considerados como validos ante la DGAC para el cumplimiento de requisitos de entrenamiento o capacitación para la obtención de licencias.

Es importante señalar que es un gran problema la cantidad de entrenadores y simuladores que durante el periodo desde 2023 hasta 2025 se encuentra con sus últimas certificaciones en condiciones de vencidas, siendo que de un total de 89 entrenadores y simuladores inscritos un 34% de los mismos se encuentre con su certificación vencida.

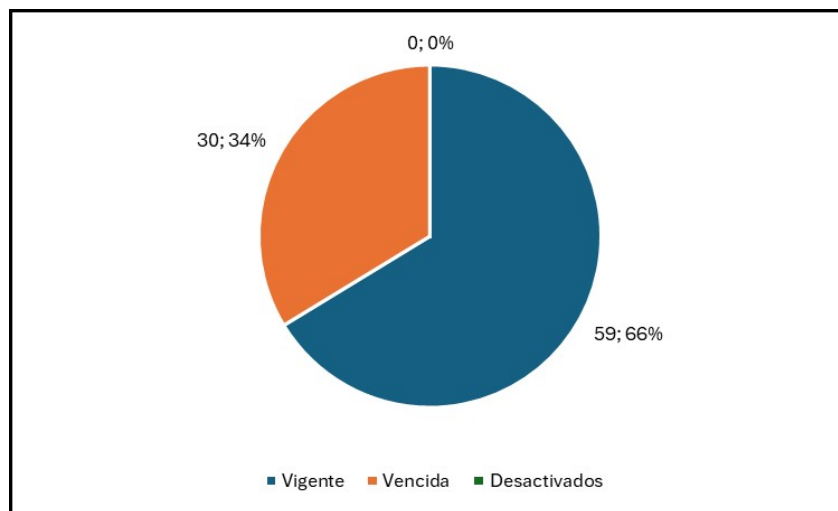


Gráfico 2.3: Totalidad de entrenadores y simuladores comprendidos entre los años 2023 y 2025.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.



Separados según la siguiente tabla, mostrando solamente las categorías que cuentan con un fecha de última evaluación entre 2023 y 2025.

Entrenador	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Categoría 1	1	1	0	0
Categoría 4	13	10	3	0
Categoría 5	8	5	3	0

Simuladores	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Categoría C	1	1	0	0
Categoría D	29	21	8	0

Otras Categorías	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
AATD	4	2	2	0
DG	1	0	1	0
PCATD	32	19	13	0

Tabla 2.7: Cantidad de entrenadores y simuladores cuyas últimas certificaciones fueron entre 2023 y 2025.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

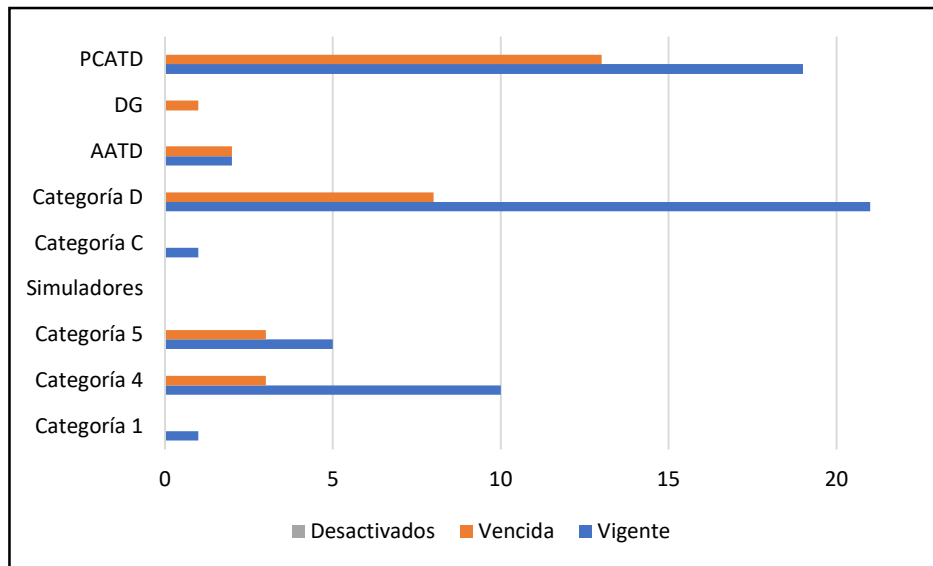


Gráfico 2.4: Cantidad de entrenadores y simuladores cuyas últimas certificaciones fueron entre 2023 y 2025.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

2.2.6. Universo de entrenadores y simuladores a considerar

Tal y como se especificó en 1.4, esta memoria tomara en cuenta los entrenadores de categorías 4, 5, 6 y 7, mientras que los simuladores a considerar son los de categoría A, B, C y D, dejando los de menor categoría fuera de este estudio, debido al grado de desarrollo que tienen estos emuladores. Teniendo un total de 115 emuladores, la mayoría de ellos se encuentra con su certificación vencida. Esto se puede mostrar en el siguiente gráfico de torta.

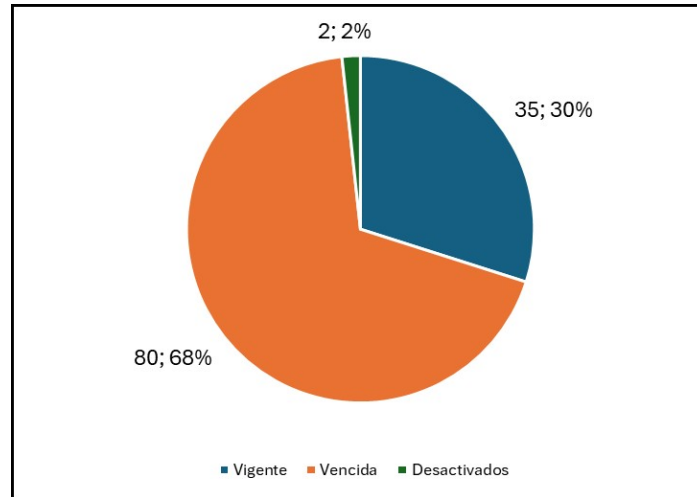


Gráfico 2.5: Cantidades absolutas de entrenadores y simuladores a considerar en la memoria.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

Para entender mejor el gráfico y dejar separado cuales son los entrenadores y simuladores por considerar, se desarrolla la siguiente tabla y gráfico, separando los entrenadores de los simuladores, mostrando sus cantidades unitarias, de los datos entregados hasta el 30 de septiembre del 2025. Obteniendo una totalidad de 30 entrenadores y 85 simuladores, mientras que sus estados varían siendo que vigentemente solo se cuente con 14 entrenadores y 21 simuladores, dejando 16 entrenadores y 64 simuladores con sus certificados vencidos.

Entrenador	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Categoría 4	17	9	8	0
Categoría 5	12	5	7	0
Categoría 6	0	0	0	0
Categoría 7	1	0	1	0
Simuladores	Cantidad	Vigente	Vencida	Desactivados
Categoría A	0	0	0	0
Categoría B	2	0	2	1
Categoría C	14	1	13	1
Categoría D	69	20	49	0

Tabla 2.8: Cantidad total de entrenadores y simuladores a considerar en esta memoria.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

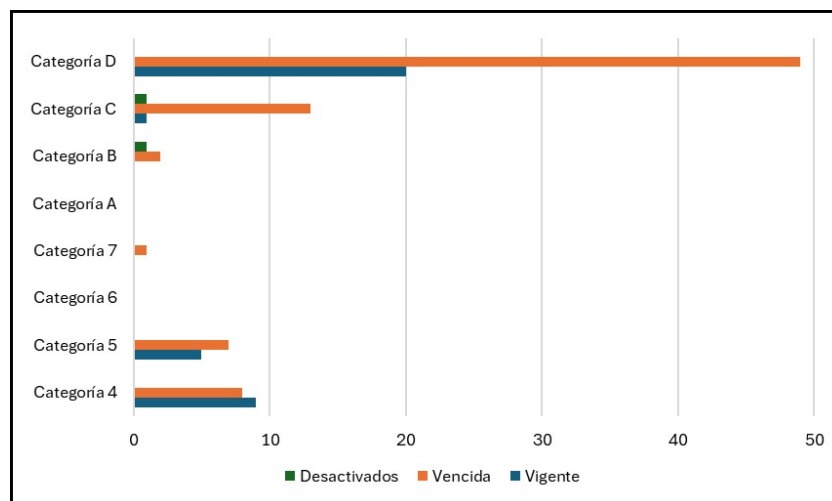


Gráfico 2.6: Cantidad de entrenadores y simuladores a considerar.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

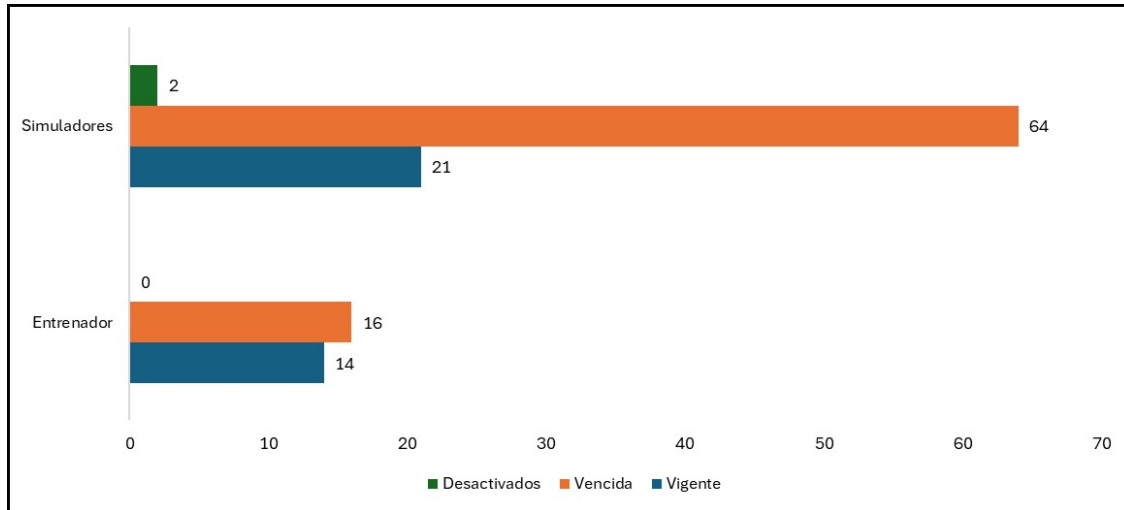


Gráfico 2.7: Resumen sobre la cantidad de entrenadores y simuladores sin separar por categorías.

Fuente: Elaboración propia con información del informe mensual de la DGAC con datos hasta 30 de Septiembre del 2025 <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>.

2.3. Propuesta Metodológica

Para el desarrollo de esta memoria se propone la siguiente metodología, orientada al cumplimiento de los objetivos específicos establecidos, con el fin de alcanzar el objetivo general del estudio: evaluar la factibilidad de la extensión de duración de certificación para entrenadores y simuladores de vuelo basado en su confiabilidad y desgaste en el tiempo.

1. Análisis normativo nacional e internacional

En esta primera etapa se realizará un análisis de la normativa vigente relacionada con la certificación y revalidación de entrenadores y simuladores de vuelo. Se revisarán los marcos regulatorios de la DGAC (Chile), FAA (Estados Unidos), EASA (Unión Europea) y CAAC (China). Identificando similitudes, diferencias y oportunidades de mejora aplicables al contexto chileno. Este análisis permitirá establecer una base comparativa para la formulación de la propuesta final.

2. Identificación y clasificación de entrenadores y simuladores en Chile

Se realizará el levantamiento de un registro nacional de entrenadores y simuladores de vuelo (ESV) actualmente certificados, sin importar si están vigentes o vencidos en Chile. Se procederá a su clasificación según la categoría establecida por la DAN 60 y previamente mencionados en esta memoria en 2.2.3 y 2.2.5, el tipo de aeronave emulada y el nivel de certificación vigente. Además, se determinará qué modelos de aeronaves son los más representados en dichos dispositivos, con el objetivo de reconocer tendencias y concentraciones de demanda en el país.

3. Análisis técnico de confiabilidad, fidelidad y desgaste

Posteriormente, se recopilarán y analizarán los datos técnicos generados por los entrenadores y simuladores, considerando historial de fallas, registros de mantenimiento y resultados de pruebas de calificación (QTG). Estos datos serán considerados para evaluar el grado de fidelidad, confiabilidad y deterioro a lo largo del tiempo. Este análisis permitirá establecer

patrones de comportamiento y métricas objetivas que respalden decisiones de extensión de certificación.

4. Formulación de la propuesta de extensión de certificación

Con base en la información normativa y técnica recopilada, se elaborará una propuesta metodológica para la extensión del período de certificación de los entrenadores y simuladores de vuelo. Esta propuesta se sustentará en criterios objetivos derivados de la confiabilidad operacional y del desgaste observado en el tiempo, buscando optimizar los recursos empleados en los procesos de certificación y revalidación, tanto para la autoridad aeronáutica como para los operadores.

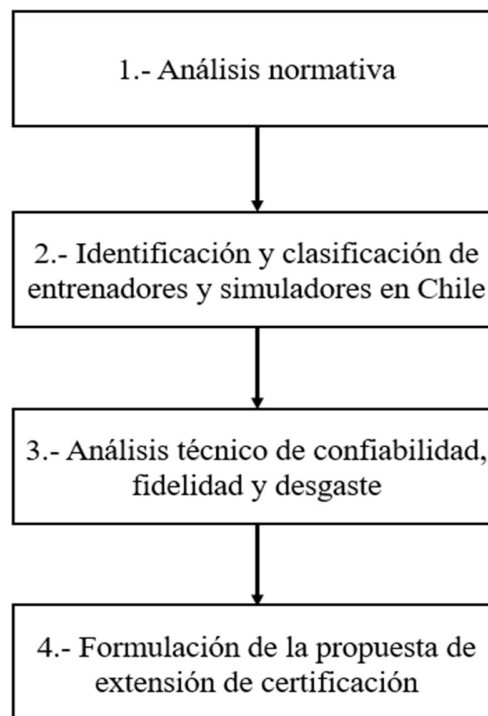


Ilustración 2.17: Esquema representativo de la propuesta metodológica que se llevara a cabo.

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 3. Desarrollo

Este capítulo aborda el desarrollo del modelo técnico propuesto, detallando su construcción mediante la definición del Índice de Performance (IPE) que integra criterios de confiabilidad y desgaste. Se presenta la validación del modelo a través de la ejecución de pruebas específicas. Finalmente, el capítulo concluye con el impacto económico y cantidad esperada de ESV de la DGAC para certificaciones en el año 2030.

3.1. Introducción al modelo

En la normativa vigente, tal como se expone en las secciones 1.1 y 2.1.2, la duración de la certificación de los entrenadores y simuladores de vuelo en Chile corresponde uniformemente a doce meses, independientemente del desempeño real que presente cada dispositivo. Este enfoque implica que todos los emuladores deben someterse al mismo ciclo de renovación, aun cuando algunos de ellos mantengan niveles superiores de funcionamiento, estabilidad y mantenimiento. Esta situación abre la oportunidad de analizar un modelo alternativo de extensión de certificación basado en criterios objetivos, el cual permita ajustar la periodicidad del proceso según la confiabilidad, el desgaste del equipo y su plan de mantenimiento.

A partir de esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un modelo que permita determinar, de manera técnica y cuantificable, cuándo un entrenador o simulador puede optar a un periodo de certificación extendido. Para ello, se propone establecer un sistema basado en indicadores objetivos de desempeño, confiabilidad y desgaste, complementados por la calidad y consistencia del programa QTG y/o MQTG del operador. Este enfoque busca sustituir el criterio uniforme de renovación anual por un esquema más flexible, en el que la

periodicidad de la certificación se ajuste al comportamiento real del equipo. En las siguientes secciones se presenta la estructura conceptual del modelo, los parámetros considerados y la metodología utilizada para evaluar la factibilidad de su implementación.

En consonancia con este objetivo, la propuesta contempla la implementación de un plan de extensión gradual, que permita pasar progresivamente desde el esquema actual de certificación cada doce meses hacia un sistema que, en su etapa madura, otorgue certificaciones con una vigencia máxima de hasta treinta y seis meses. Para ello, se propone que la primera fase del modelo permita la extensión inicial de la certificación por un periodo adicional de seis o doce meses, dependiendo del nivel de cumplimiento demostrado por cada operador en los ámbitos de mantenimiento, confiabilidad operacional y consistencia del QTG/MQTG. Esta fase inicial permitiría evaluar la capacidad de los operadores para ajustarse a las nuevas exigencias y medir el impacto real que tendría el sistema sobre el proceso regulatorio.

Posteriormente, y sobre la base de la evidencia obtenida durante este periodo de prueba, se podrá progresar hacia una segunda etapa, en la que los emuladores que demuestren un desempeño sobresaliente y mantenido en el tiempo puedan acceder a ciclos extendidos de 24 o hasta 36 meses, los cuales comenzarían a operar desde el año 2026 para la primera etapa mientras que la extensión a los 36 meses comenzaría en el 2030, de acuerdo con criterios previamente definidos y validados. De esta manera, al finalizar el proceso de implementación, existirán tres rangos claramente establecidos para la duración de la certificación, permitiendo que cada entrenador o simulador sea evaluado según su propio nivel de rendimiento, consolidando así un modelo más justo, eficiente y alineado con las mejores prácticas internacionales.

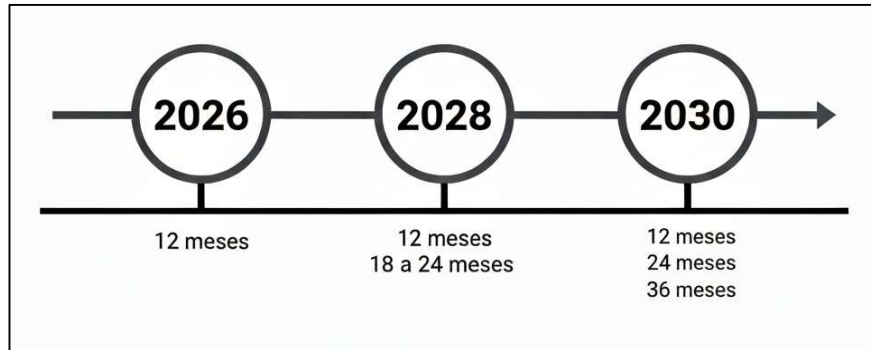


Ilustración 3.1: Avance gradual de la duración de certificación.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Criterios del modelo

Para esta evaluación se requieren criterios para poder asignar un peso a cada factor a considerar al momento de poder extender la duración de la certificación del emulador, en este caso los criterios son representados por indicadores, los cuales en su totalidad darán forma al indicador a evaluar. Estos indicadores son:

- Confiabilidad Operacional (CO): Este indicador evaluará el comportamiento del equipo en operación real, para ello considera subindicadores como:
 - MTBF (Mean Time Between Failures) Tiempo Medio Entre Fallas: Mide el tiempo promedio entre dos fallos consecutivos de un sistema o componente, considerando tanto la reparación como el tiempo de inactividad. El MTBF se utiliza generalmente para sistemas reparables y se expresa en horas. (Sandirajah, 2023)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número total de fallas}}$$

Ecuación 3.1: Cálculo de Mean Time Between Failures (MTBF).

Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-mttf-mtbf-mttd-mtr-aircraft-analysis-sandirajah/>.

- MTTR (Mean Time To Repair) Tiempo Medio De Reparación: Indica el tiempo promedio necesario para reparar un sistema o componente averiado y restaurarlo a su estado operativo completo. El MTTR incluye el diagnóstico, la reparación, las pruebas y cualquier otra actividad necesaria.(Sandirajah, 2023)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

Ecuación 3.2: Cálculo de Mean Time To Repair (MTTR).

Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-mttf-mtbf-mttd-mtr-aircraft-analysis-sandirajah/>.

- Disponibilidad Operacional (A_o). Es una métrica de desempeño que representa la probabilidad de que un sistema esté en un estado operativo y funcional cuando se le requiere. Mide la eficacia con la que el sistema combina su Fiabilidad (frecuencia de fallas, medida por el MTBF) y su Mantenibilidad (rapidez de reparación, medida por el MTTR). En el estado estable (largo plazo), se define como la proporción de tiempo que el sistema pasa funcionando.(Dhillon, 2017)

$$A_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Ecuación 3.3: Disponibilidad Operacional.

Fuente: ENGINEERING SYSTEMS RELIABILITY, SAFETY, and MAINTENANCE AN INTEGRATED APPROACH de B.S. DHILLON.

- Fallas críticas reportadas (FC): Son aquellas fallas o anomalías en el simulador que impiden su uso para los fines de entrenamiento para los que está cualificado, o que comprometen seriamente la fidelidad de la simulación hasta un punto que podría afectar negativamente el entrenamiento. Generalmente, estas fallas están relacionadas con sistemas clave para la cualificación. Algunos ejemplos de este tipo de fallas son por movimiento, visual, aviónica primaria, modelo de vuelo. (Doc 9625 Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices, 2015)
- Desgaste Técnico Acumulado (DTA): Cumplirá con la representación del deterioro gradual del dispositivo, para ello este indicador contará con subindicadores.
 - Variaciones crecientes entre ciclos del QTG (Δ QTG): Se refiere a una tendencia observada donde los resultados de las Pruebas de Cualificación (QTG - Qualification Test Guide) periódicas muestran una desviación incremental respecto a los resultados de referencia o respecto a los límites de tolerancia aceptables a lo largo del tiempo (a través de varios ciclos de prueba). Esto puede indicar una degradación lenta y sistémica de componentes o una deriva en la calibración.

- Fallas recurrentes (FR): Son aquellas averías que se repiten inusualmente después del mantenimiento, señalando que la causa raíz del problema nunca fue corregida de manera efectiva, lo cual es un indicador de mantenibilidad deficiente. Su gestión se realiza a través del Sistema de Gestión de la Calidad (QMS), que exige evaluaciones periódicas para asegurar la efectividad de las acciones correctivas implementadas, documentando cada caso en el Libro de Registro de Discrepancias (MLB).
- Reemplazo de piezas estructurales o sensores (RPESC): Es una intervención de mantenimiento especializada que involucra la sustitución de componentes de carga o dispositivos de medición críticos para la operación segura o la adquisición de datos de control/modelo. Los componentes faltantes, defectuosos o inoperativos (MMI/FID) deben ser gestionados bajo un estricto sistema de resolución de discrepancias para priorizar su sustitución si impactan las capacidades del sistema (ESV). Toda modificación que afecte la Guía Maestra de Tests de Calificación (MQTG) requiere la actualización con nuevos resultados de pruebas objetivas, y las reparaciones mayores pueden exigir la repetición de la verificación de la instrumentación de medición.
- Desajustes que afecten la fidelidad (DAF): Es una desviación o error de calibración en un componente (incluyendo los reemplazados) que genera una diferencia inaceptable entre el comportamiento del sistema simulado (ESV) y el real, evidenciándose como un fallo en la Guía de Tests de Calificación (QTG). Estos desajustes se detectan mediante una evaluación objetiva o subjetiva al comparar los resultados del simulador con la data de referencia y las tolerancias requeridas, siendo la Latencia o Transport un parámetro crítico con límites estrictos . Si un problema de performance afecta adversamente la



fidelidad, la Dirección de Seguridad Operacional (DSO) puede emitir una calificación con restricciones, en carácter "condicional" o degradar el nivel de calificación del ESV.

- Madurez del programa QGT o MQTG (IMQ): El indicador evalúa la calidad del programa de control del operador, empleando como subindicadores.
 - Cumplimiento completo del QTG (CQTG): El estado en el que todos los elementos de prueba especificados en la Guía de Pruebas de Cualificación del simulador (el documento de referencia para su certificación) han sido ejecutados satisfactoriamente dentro de los márgenes de tolerancia requeridos. Es el requisito fundamental para que el simulador mantenga su estado de cualificación (apto para el entrenamiento oficial).
 - Automatización de pruebas(AP): El uso de software o hardware para realizar las pruebas de cualificación (QTG) o de mantenimiento del simulador sin intervención manual del operador. Esto busca reducir el tiempo de prueba, aumentar la repetibilidad y eliminar el error humano en la ejecución y registro de los resultados.
 - Trazabilidad documental (TD): La capacidad de reconstruir el historial completo de cualquier elemento, proceso o decisión dentro del ciclo de vida del simulador (diseño, fabricación, mantenimiento, cualificación) a través de registros documentados. En el contexto aeronáutico, permite demostrar que se ha cumplido con todos los requisitos normativos y que las modificaciones están aprobadas y documentadas.

- Registros auditables (RA): Documentos o archivos de datos que están estructurados, mantenidos y almacenados de tal manera que pueden ser examinados y verificados por una autoridad externa (el auditor, la autoridad aeronáutica) para confirmar el cumplimiento de los procedimientos, regulaciones y estándares establecidos.

- Frecuencia y consistencia del MQTG (FCMQTG):
 - Frecuencia (F): Intervalo de tiempo predeterminado con el que se deben realizar las pruebas completas del QTG para mantener la certificación del emulador.
 - Consistencia (C): Requisito de que el QTG se ejecute siempre con los mismos procedimientos y utilizando los mismos puntos de datos de referencia para asegurar que las comparaciones entre ciclos de prueba sean válidas y significativas.

3.3. Ponderaciones del modelo

A partir de los criterios vistos en 3.2.1 surge la necesidad de entregar la importancia que tendrá cada uno, para ello se establecerá un cálculo en dos etapas, siendo la primera empleada para obtener el valor de los tres indicadores primarios, mientras que en la segunda etapa se realizará el cálculo para la obtención del valor final, cuyo resultado es evaluado en una escala desde 0 a 100, el cual tendrá el nombre de “Índice de Performance del ESV” abreviado IPE. Siendo el IPE quien establecerá en que rango se encuentre el emulador para determinar la frecuencia con que debe someterse a reevaluación.

$$IPE = 0,4 \times CO + 0,3 \times DTA + 0,3 \times IMQ$$

Ecuación 3.4: Ponderaciones generales para el Índice de Performance del ESV (IPE).

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

- CO corresponde al valor de Confiabilidad.
- DTA corresponde al valor de Desgaste Técnico Acumulado.
- IMQ corresponde al valor de Madurez del Programa QTG o MQTG.

Si el ESV obtiene una calificación en la que se puede extender la duración de la vigencia del certificado de operación el operador deberá enviar el estado de funcionamiento de forma digital a la DGAC para realizar un monitoreo periódico. Esta información deberá ser enviada con una periodicidad de 12 meses respecto a la fecha de termino de vigencia del certificado de operación.

El siguiente diagrama de flujo representa la hoja de ruta a seguir para determinar la duración del certificado de vigencia de un ESV.

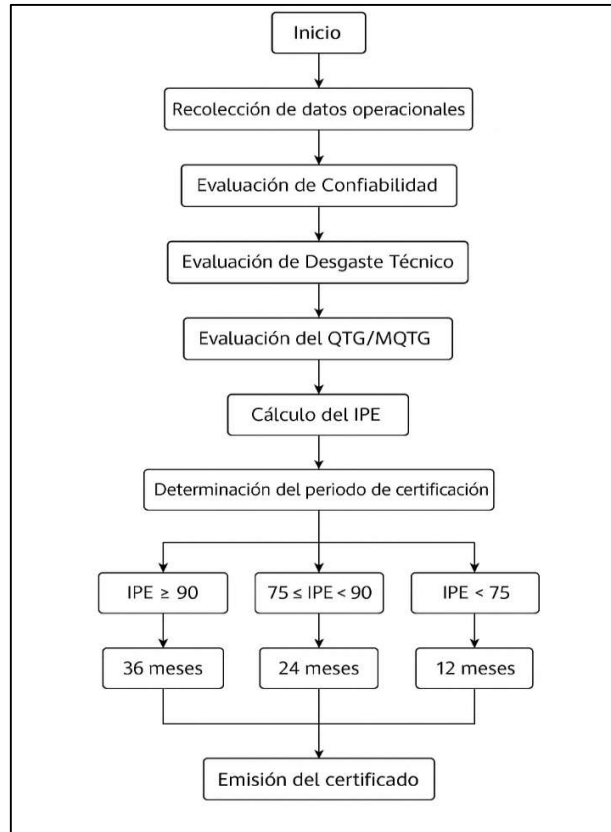


Ilustración 3.2: Diagrama de flujo para la extensión del periodo de certificación del ESV.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que en caso de que se logre calificar para obtener una extensión en la duración de la certificación el explotador del emulador deberá enviar los informes técnicos sobre cómo se está trabajando de forma anual, esto con la finalidad de poder mantener un seguimiento continuo sobre la calidad de los procesos realizados.

A continuación, se realizará la explicación de como entregar un puntaje a cada indicador para la realización del modelo Performance del ESV (IPE).

3.3.1. Indicadores de Confiabilidad Operacional

➤ Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

Un MTBF alto es un indicador de mejor funcionamiento del componente, por lo que a mayor MTBF obtendrá un mayor puntaje, para esto se establecerán tres tramos, siendo estos.

- Alto. Para valores con un MTBF igual o mayor de 1.000 horas, sumando entre 15 a 25 puntos.
- Medio. Para valores con un MTBF mayor a 450 y menor a 1.000 horas, sumando 10 puntos.
- Bajo. Para valores con un MTBF menor a 450 horas, sumando entre 0 y 5 puntos.

➤ Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Un MTTR bajo es un indicador de gran reacción desde que se detecta la falla hasta que se soluciona y el dispositivo vuelve a estar operativo. Por ello se establecen 3 tramos

- Alto. Para valores superiores a 6 horas se le otorgan 0 puntos.
- Medio. Para valores superiores a 2 horas, pero menores a 6 horas se le otorgan 5 puntos.
- Bajo. Para valores inferiores a 2 horas, se le otorgan 10 puntos.

➤ Disponibilidad (A_0)

Al ser un cálculo probabilístico sobre el emulador que se encuentre disponible, a mayor valor se entiende que el dispositivo estará disponible para cumplir con sus funciones, por ende, a mayor valor es mejor.

- Alto. Valores iguales o mayores a 98% otorgan 15 puntos.
- Medio. Valores superiores a 95% y menores a 98% otorgan 10 puntos.
- Bajo. Valores inferiores a 95% otorgan entre 0 y 5 puntos.

➤ Fallas Críticas (FC)

Este subindicador hace referencia a fallas que impiden el uso del emulador, por lo que a mayor cantidad de estas fallas es perjudicial para el dispositivo.

- Alto. Para una cantidad mayor a 4 fallas críticas en los últimos 12 meses corresponden 0 puntos.
- Medio. Para una cantidad mayor a 2, pero inferior a 4 en los últimos 12 meses corresponden 10 puntos.
- Bajo. Para una cantidad inferior a 2 fallas en los últimos 12 meses corresponden 25 puntos.

Posterior al otorgamiento de los respectivos puntajes se procede al cálculo del indicador de CO, el cual se realiza multiplicando cada uno de los puntajes con el ponderador mostrado en la siguiente tabla y siguiendo la ecuación correspondiente para el CO.

Subindicador CO	Ponderación %
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	30
Tiempo Medio de Recuperación (MTTR)	10
Disponibilidad (A_o)	25
Fallas Críticas (FC)	35

Tabla 3.1: Ponderaciones para los subindicadores correspondientes a Confiabilidad Operacional.

Fuente: Elaboración propia.

$$CO = 0,3 \times MTBF + 0,1 \times MTTR + 0,25 \times A_o + 0,35 \times FC$$

Ecuación 3.5: Cálculo para el indicador de Confiabilidad Operacional.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Indicador de Desgaste Técnico Acumulado

➤ Variaciones crecientes en QTG entre ciclos (Δ QTG)

Mientras más alto sea el porcentaje de pruebas QTG dentro de tolerancia, mejor es el estado técnico del ESV. Por otro lado, un valor bajo demuestra desgaste o descalibración progresiva del sistema.

- Alto. Para valores iguales o superiores al 98% de pruebas dentro de tolerancia se otorgan 25 puntos.
- Medio. Para valores iguales o superiores al 92% e inferiores al 97% se otorgan 15 puntos.
- Bajo. Para valores bajo el 92% se otorgan 0 puntos.

➤ Fallas recurrentes (FR)

A menor valor este subindicador es mejor valorado, ya que a una mayor cantidad de fallas recurrentes se entiende la raíz del problema no fue resuelta.

- Alto. Para una cantidad mayor a 4 fallas recurrentes en los últimos 12 meses corresponden 0 puntos.
- Medio. Para una cantidad mayor a 2, pero inferior a 4 en los últimos 12 meses corresponden 10 puntos.
- Bajo. Para una cantidad inferior a 2 fallas en los últimos 12 meses corresponden 20 puntos.

➤ Reemplazo de piezas estructurales o sensores (RPESC)

Un valor bajo es mejor, porque indica que los componentes críticos mantienen su integridad original.

- Alto. Para reemplazos igual o superiores a 4 veces se otorgan 0 puntos.
- Medio. Para reemplazos mayores o igual es 2 e inferiores a 4 se otorgan 8 puntos.
- Bajo. Para un total de reemplazos inferior a 2 se otorgan 15 puntos.

➤ Desajustes que afecten la fidelidad (DAF)

Se busca un valor lo más bajo posible, porque cada desajuste reduce la capacidad del ESV de replicar con precisión la aeronave real. Los desajustes comprometen la fidelidad y dificultan la extensión de certificación.

- Alto. Con un porcentaje igual o superior del 5% de las pruebas afectadas se otorgan 0 puntos.
- Medio. Con un porcentaje superior al 1% e inferior a 6% se otorgan 12 puntos.
- Bajo. Con un porcentaje inferior al 1% se otorgan 25 puntos.

Posterior al otorgamiento de los respectivos puntajes se procede al cálculo para el indicador de DTA, el cual se realiza multiplicando cada uno de los puntajes con el ponderador mostrado en la siguiente tabla y siguiendo la ecuación correspondiente para él DTA.

Subindicador DTA	Ponderación %
Variaciones crecientes en QTG entre ciclos (Δ QTG)	35
Fallas recurrentes (FR)	20
Reemplazo de piezas estructurales o sensores (RPESC)	25
Desajustes que afecten la fidelidad (DAF)	20

Tabla 3.2: Ponderaciones para los subindicadores correspondientes a Desgaste Técnico Acumulado.

Fuente: Elaboración propia.

$$DTA = 0,35 \times \Delta QTG + 0,20 \times FR + 0,25 \times RPESC + 0,20 \times DAF$$

Ecuación 3.6: Cálculo para el indicador de Desgaste Técnico Acumulado.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Indicador de Madurez del programa QGT o MQTG

➤ Cumplimiento completo del QTG (CQTG)

Mientras mayor sea el porcentaje de pruebas dentro de tolerancia, mejor es el control sobre la fidelidad del simulador. Un valor bajo indica desviaciones graves o inestabilidad en el modelo.

- Alto. Para un cumplimiento igual o superior al 98% de los test aprobados se otorgan 30 pts.
- Medio. Para un cumplimiento igual o superior al 92% e inferior al 98% se otorgan 18 puntos.
- Bajo. Para un cumplimiento inferior al 92% se otorgan 0 puntos.

➤ Automatización de pruebas (AP)

Un valor alto refleja un programa robusto, repetible y menos dependiente de errores humanos. A mayor automatización, mayor confiabilidad y consistencia entre ciclos.

- Alto. Para una cantidad de automatización de pruebas igual o superior al 80% se otorgan 15 puntos.
- Medio. Para una cantidad de automatización de pruebas igual o superior al 40% e inferior al 80% se otorgan 8 puntos.
- Bajo. Para una cantidad de automatización de pruebas inferior al 40% se otorgan 0 puntos.

➤ Trazabilidad documental (TD)

Cuanto mayor la trazabilidad, mejor es la capacidad del operador para justificar cambios, fallas, reparaciones y condiciones del emulador. La trazabilidad es fundamental para auditorías del QTG/MQTG.

- Alto. Para trazabilidad igual al 100% se otorgan 10 puntos, ya que el operador tiene absoluto conocimiento del estado del emulador.
- Medio. Para trazabilidad igual o superior al 70% e inferior al 100% se otorgan 5 puntos, ya que el operador conoce la mayor parte del estado de su emulador, pero no tiene toda la información.
- Bajo. Para trazabilidad inferior al 70% se otorgan 0 puntos, esto ya que el operador desconoce una parte importante del estado del emulador.

➤ Registros auditables (RA)

Un valor alto indica registros limpios, consistentes y verificables externamente. Una baja auditabilidad impacta directamente la confianza de la autoridad. Este subindicador se mide según criterios cualitativos dependiendo de la normativa a usar, generalmente mediante checklist de cumplimiento.

- Alto. Para un valor igual o superior a 90 en auditoría se otorgan 10 puntos.
- Medio. Para un valor igual o superior a 75 e inferior a 90 se otorgan 5 puntos.
- Bajo. Para un valor inferior a 75 se otorgan 0 puntos.

➤ Frecuencia y consistencia del MQTG (FCMQTG)

Un valor alto significa que el operador cumple puntualmente con las pruebas programadas y las ejecuta sin variación entre ciclos. La consistencia es evidencia directa de estabilidad del simulador.

- Alto. Al 95% o superior de ciclos realizados correctamente se otorgan 10 puntos.
- Medio. Para un total igual o superior al 75% e inferior al 95% se otorgan 5 puntos.
- Bajo. Para un total inferior al 75% se otorgan 0 puntos.

Posterior al otorgamiento de los respectivos puntajes se procede al cálculo para el indicador de IMQ, el cual se realiza multiplicando cada uno de los puntajes con el ponderador mostrado en la siguiente tabla y siguiendo la ecuación correspondiente para él IMQ.

Subindicador IMQ	Ponderación %
Cumplimiento completo del QTG (CQTG)	40
Automatización de pruebas (AP)	20
Trazabilidad documental (TD)	15
Registros auditables (RA)	15
Frecuencia y consistencia del MQTG (FCMQTG)	10

Tabla 3.3: Ponderaciones para los subindicadores correspondientes a Madurez del programa QTG o MQTG.

Fuente: Elaboración propia.

$$IMQ = 0,40 \times CQTG + 0,20 \times AP + 0,15 \times TD + 0,15 \times RA + 0,10 \times FCMQTG$$

Ecuación 3.7: Cálculo para el indicador de Madurez del programa QTG o MQTG.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Crecimiento económico de las tarifas por concepto de certificación

A partir de las tablas 2.2 y 2.3 anterior y al comparar cada uno de los campos que presentan, se logra estimar que la DGAC realiza un aumento trimestral de 1,40% en cada uno de los costos por certificación para los entrenadores y simuladores. Por lo que para esta memoria se tomará el valor obtenido como el crecimiento entre trimestres al momento de realizar la estimación de costos para evaluaciones futuras sobre entrenadores y simuladore.

$$\left(\frac{Valor_t - Valor_{t-1}}{Valor_{t-1}} \right) \times 100\%$$

Ecuación 3.8: Comparación porcentual entre periodos.

Fuente: Elaboración propia, modificación de ecuación perteneciente a <https://es.wikihow.com/calcular-la-variacion-porcentual>.

Donde:

- $Valor_t$: Corresponde al valor en el 4to trimestre del 2025.
- $Valor_{t-1}$: Corresponde al valor en el 3er trimestre del 2025.

El anteriormente mencionado 1,40% (llegando a un 5,72% como crecimiento anual promedio) es el resultado del aproximado a todas las diferencias entre valores trimestrales, siendo un cambio al nivel de milésimas, dejando una tendencia clara, dejando todas las diferencias en la siguiente tabla.

Entrenadores Sintéticos de Vuelo		
Simuladores de vuelo	Variación %	Variación Total
Primera certificación	1,40%	0,013999685
Evaluación recurrente	1,40%	0,0139992
Entrenadores de vuelo	Variación %	Variación Total
Primera certificación	1,40%	0,01400024
Evaluación recurrente	1,40%	0,013999798
Renovación certificado Door Trainer	1,40%	0,014001108
Renovación certificado Tobogán Trainer	1,40%	0,014000779
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Variación %	Variación Total
Primera certificación	1,40%	0,014000735
Evaluación recurrente	1,40%	0,014000438
Servicios	Variación %	Valor %
Actualización de lista de capacidad	1,40%	0,014001298

Tabla 3.4: Variación tarifaria entre el 3er y 4to trimestre para el año 2025.

Fuente: Elaboración propia utilizando los datos de <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf>.

A partir de la tabla anterior se desarrolla la predicción sobre los costos tarifarios asociados a cada certificación, mostrando los valores promedio para cada año desde 2026 hasta 2030¹². Estos valores al tener una variación tan ínfima entre años hacen que no sea necesario realizar un análisis económico extenso, dado que los ingresos de la DGAC no necesariamente deben

¹² Todas las tablas sobre el aumento tarifarios se encuentran en anexo 6.5.

ser superiores a sus costos, ya que es una entidad gubernamental con el deber de velar por el correcto cumplimiento de los estándares de la aviación en Chile, por ello esta propuesta tiene un significado en el desarrollo de valor social para la comunidad aeronáutica.

Entrenadores Sintéticos de Vuelo	2026	2027	2028	2029	2030
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	713.784	754.603	797.757	843.378	891.609
Evaluación recurrente	419.870	443.881	469.265	496.101	524.472
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	499.637	528.210	558.416	590.351	624.111
Evaluación recurrente	249.826	264.113	279.217	295.184	312.065
Renovación certificado Door Trainer	202.857	214.458	226.722	239.688	253.395
Renovación certificado Tobogán Trainer	167.089	176.645	186.746	197.426	208.716
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	297.282	314.283	332.255	351.256	371.343
Evaluación recurrente	148.644	157.145	166.131	175.646	185.676
Servicios	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	153.735	162.526	171.821	181.646	192.034

Tabla 3.5: Estimación de ingresos promedios por concepto de tarifas de la DGAC por certificación de ESV desde el año 2026 hasta el año 2030.

Fuente: Elaboración propia utilizando los datos de <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf> y <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf>.

3.5. Crecimiento cantidad de certificaciones

Una vez que se crea el modelo y junto con el crecimiento en cuanto a los valores tarifarios por certificación se puede generar la estimación sobre la cantidad de certificaciones que se pueden llevar a cabo por la implementación de esta medida.

Para ello se realiza un modelo estimativo del aumento de demanda de certificación, primero se deben establecer variables para poder realizar la estimación, correspondiendo a:

- U_{total} : Representa el universo total de dispositivos, siendo 115 (30 entrenadores y 85 simuladores).
- V_{vig} : Representa las certificaciones vigentes, siendo 35 dispositivos.
- V_{ven} : Representa las certificaciones vencidas, siendo 80 dispositivos.
- F_{ahorro} : Representa la tasa de ahorro, siendo el incentivo económico generado a los operadores producto de tener que pagar una menor cantidad de dinero en función al tiempo que se logran certificar.

$$F_{ahorr} = 1 - \frac{1}{T}$$

Ecuación 3.9: Factor de ahorro, representa el ahorro generado por la propuesta por parte del operador.

Fuente: Elaboración propia, modificando ecuación 3.8 para expresar la disminución de certificaciones vencidas producto de la propuesta.

Donde:

- T: Periodo de vigencia de la certificación expresado en años.

- T_{crec} : Representa la tasa de crecimiento orgánico, siendo el crecimiento natural del mercado aeronáutico (estimado conservadoramente en 2% anual estándar de la industria) dado el aumento de la demanda de pilotos y tráfico aéreo, lo cual se traduce en la adquisición de nuevas unidades (simuladores y entrenadores) independientemente de la implementación de nuestro modelo. El valor del 2 % corresponde a una estimación derivada del 7,87 %, tasa de crecimiento total del mercado reportada por Mordor Intelligence¹³, la cual incluye servicios, tráfico y otros segmentos. Este valor ajustado se utiliza para representar un crecimiento conservador aplicable al segmento específico analizado en este estudio. Para el modelo predictivo, se tomó el 2%, que es una fracción conservadora de ese valor, para representar solo la adquisición física de nuevas unidades de simuladores/entrenadores.

Para el segundo paso se necesita establecer una representación matemática del modelo, el cual está basada en la lógica simple de Market Sizing (Dimensionamiento de Mercado).

$$Q_t = V_{vig} + (V_{ven} \times F_{ahorro}) + (U_{total} \times T_{crec})$$

Ecuación 3.10: Representación matemática para el aumento sobre la cantidad de ESV certificados.

Fuente: Elaboración propia, modificando ecuación de (Chopra et al., 2013).

¹³ Fuente (*Análisis de La Industria Aeronáutica - Tendencias, Crecimiento y Participación de Mercado (2025 - 2030)*, 2025)

La anterior ecuación se traduce de forma general a

$$Q_t = 35 + (80 \times F_{ahorro}) + (115 \times 0,02)$$

Posteriormente se generan tres escenarios posibles, uno negativo, otro moderado y uno optimista, los cuales tienen relación con el grado de aceptación por parte de los operarios al momento de implementar la medida.

- Negativo. Para este caso se espera que la medida no sea bien recibida y que los operarios decidan mantenerse con la certificación anual. Obteniendo que de forma natural se añadan 3 emuladores más a las certificaciones, llegando a un total de 38.
- Moderado. Se espera que los operarios opten por una certificación cada dos años. Generando que para el año 2030 se llegue a un total de 76 emuladores, siendo 3 nuevos y 35 recuperados.
- Optimista. En este caso la medida sea bien recibida por los operadores, generando que de los 80 con certificación vencida 54 decidan volver a certificarse (recuperados) para el plazo de 3 años y junto con el crecimiento natural de la industria se llegue que para el 2030 se llegue a un total de 56 emuladores certificados.

Caso	F_{ahorro}	Actual	Nuevos	Recuperados	Total
Negativo	0,00	35	3	0	38
Moderado	0,50	35	3	40	78
Optimista	0,67	35	3	54	92

Tabla 3.6: Efecto de la propuesta sobre la cantidad de ESV certificados en tres casos posibles.

Fuente: Elaboración propia



Finalmente se obtiene que producto de la medida la DGAC en el año 2030 adoptando la medida planteada, tendría ingresos por los siguientes montos siguiendo los valores promedios expresados en la tabla 3.5, donde el valor en el caso negativo es el que seguiría manteniendo la DGAC si la medida no fuera adoptada, ya que la cantidad de emuladores se mantendría igual con la diferencia de los que se añaden por el crecimiento de la industria. Estos montos son calculados para el año 2030 en cuestión ya que a partir de ese año es que los ESV podrían comenzar a tener certificaciones de hasta 36 meses.



	Caso Negativo		Caso Moderado		Caso Optimista	
	Cantidad	Ingresos	Cantidad	Ingresos	Cantidad	Ingresos
Entrenadores Actuales	14	N/A	14	N/A	14	N/A
Entrenadores Recuperados	0	N/A	8	N/A	11	N/A
Entrenadores totales sin contar nuevos	14	4.368.913	22	6.865.435	25	7.801.630
Entrenadores Nuevos	1	624.111	1	624.111	1	624.111
Simuladores Actuales	21	N/A	21	N/A	21	N/A
Simuladores Recuperados	0	N/A	32	N/A	43	N/A
Simuladores totales sin contar nuevos	21	11.013.902	53	27.796.992	64	33.566.179
Simuladores Nuevos	2	1.783.217	2	1.783.217	2	1.783.217
Ingresos Totales	-	17.790.143	-	37.069.755	-	43.775.137

Tabla 3.7: Ingresos pronosticados en el año 2030 por parte de la DGAC por certificaciones según los tres escenarios planteados, con los precios en fijados en CLP.

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 4. Conclusiones



El desarrollo del modelo y el análisis realizado permitieron recorrer un camino que va desde la comprensión del problema hasta la proyección de un nuevo sistema regulatorio. A lo largo de este proceso, quedó en evidencia que la transición desde un esquema rígido de certificación anual hacia uno basado en el desempeño no solo es posible, sino también técnicamente justificable. La creación del Índice de Performance del ESV (IPE) se convirtió en el eje narrativo de este estudio: una herramienta capaz de traducir la confiabilidad y el desgaste técnico de cada dispositivo en métricas claras, eliminando la subjetividad que por años había condicionado la fiscalización. Gracias a este índice, fue posible distinguir entre los equipos que verdaderamente necesitan supervisión frecuente y aquellos que mantienen niveles de fidelidad suficientes para operar por periodos más prolongados sin comprometer la calidad de la instrucción.

Este avance técnico cobró aún más sentido cuando se contrastó el panorama chileno con las prácticas internacionales. El análisis del estado del arte reveló que el modelo de certificación anual vigente en Chile había quedado rezagado frente a autoridades como la EASA, FAA o la CAAC, que ya avanzan hacia enfoques más flexibles sustentados en la madurez del programa QTG, la gestión de calidad y la trazabilidad documental. En este contexto, la propuesta presentada no solo representa un ajuste operativo, sino una oportunidad para modernizar el marco regulatorio nacional y alinearlo con estándares globales que priorizan la seguridad operacional desde una mirada más integral y basada en evidencia.



A medida que el estudio avanzaba hacia la evaluación económica, la historia tomó un giro aún más revelador. Los escenarios proyectados hacia el 2030 mostraron que la extensión de los ciclos de certificación a 24 y 36 meses no solo es sostenible, sino también beneficiosa para todos los actores. Aunque en apariencia podría significar una reducción en la recaudación tarifaria de la DGAC, esta disminución se compensa con una liberación significativa de la carga laboral de los inspectores y una reducción de los costos operacionales asociados a las certificaciones presenciales. Para los operadores, la ecuación es aún más favorable: mantener sus equipos en óptimas condiciones se transforma en un incentivo económico directo, donde la inversión en mantenimiento preventivo es recompensada con menos procesos de recertificación y mayor estabilidad operativa.

Finalmente, el estudio concluye con una mirada estratégica hacia la implementación. No se trata de un cambio abrupto, sino de una transición cuidadosamente escalonada. El plan propuesto, que inicia con extensiones moderadas para luego avanzar hacia ciclos de hasta 36 meses al final de la década, permite mitigar riesgos y consolidar aprendizajes en terreno. Esta gradualidad ofrece a la autoridad aeronáutica el tiempo necesario para validar los indicadores en la práctica, mientras que otorga a los operadores la oportunidad de adecuar sus sistemas de mantenimiento y registros QTG a los nuevos estándares que harán posible acceder al beneficio de la extensión.



Capítulo 5. Bibliografía



- *Análisis de la Industria Aeronáutica - Tendencias, Crecimiento y Participación de Mercado (2025 - 2030)*. (2025). <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/aviation-market>
- Chopra, S., Meindl, P., Salas, R. N., Elmer, J., Murrieta, M., Porras, E., & Montúfar Benítez, M. A. (2013). *ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO Estrategia, planeación y operación Quinta edición REVISIÓN TÉCNICA* (5th ed.). https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24567w/Sunil_Chopral.pdf
- Departamento de Aeronáutica de la Universidad Técnica Federico Santa María. (n.d.). *Entrenadores de Vuelo*. Retrieved October 14, 2025, from <https://www.aca.cl/ciencias-aeronauticas/infraestructura-aeronautica/flight-training/#:~:text=La%20Academia%20cuenta%20con%20cinco%20entrenadores%20de,incluye%20el%20sistema%20%E2%80%9Cglass%20cockpit%E2%80%9D%20Garmin%201000%2C>
- Dhillon, B. S. (2017). *ENGINEERING SYSTEMS RELIABILITY, SAFETY, and MAINTENANCE A N I N T E G R A T E D A P P R O A C H* (Vol. 1). CRC Press (Taylor & Francis Group). <http://taylorandfrancis.com>
- *Doc 9625 Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices*. (2015). <https://news.ncac.mn/uploads/bookSubject/2022-11/637dc5056c612.pdf>
- Easa. (2018). *AMC & GM to Part-ARA — Issue 1, Amendment 13*. https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/amc_gm_to_part-ara_-_issue_1_amendment_13.pdf
- *ESTADO DE ENTRENADORES DEL TIPO “PCATD” EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL SEPTIEMBRE 2025*. (2025). <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/WEB-1-PCATD-Septiembre-2025.pdf>

- *ESTADO DE ENTRENADORES SINTETICOS EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL SEPTIEMBRE 2025.* (2025). <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/Web-1-Simulador-septiembre-2025.pdf>
- *Ley 16.752 de Chile.* (2025, September 29). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=28653>
- *LICENCIAS PARA PILOTOS Y SUS HABILITACIONES.* (2025). https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/07/DAN-61_ED2_ENM5.07JUL2025.pdf
- McDonald, L. (2016). *4 CFR Part 60 (2016) NSP Consolidated Version For Reference Use Only.* <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-D/part-60>
- NASA, & Centro de Investigación Glenn. (n.d.). *Movimiento de guiñada de la aeronave.* Retrieved September 9, 2025, from <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/yaw.html>
- NASA, & Glenn Research Center. (n.d.-a). *Aircraft Pitch Motion.* Retrieved September 9, 2025, from <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/pitch.html>
- NASA, & Glenn Research Center. (n.d.-b). *Aircraft Roll Motion.* Retrieved September 9, 2025, from <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/roll.html>
- pilotinstitute. (n.d.). *¿Qué es la Lista de Equipo Mínimo (MEL)?* Retrieved October 5, 2025, from <https://pilotinstitute.com/what-is-mel/>
- *Procedures for Conducting Remote Recurrent Evaluation of Flight Simulation Training Devices in Hong Kong SAR and Macao SAR and Overseas Areas.* (n.d.). Retrieved October 21, 2025, from <https://fsop.caac.gov.cn/simulation/cms/cms/website/FSMS/bgtkjs/FSTD%20Remote%20Evaluation%20Procedure.doc>



-
- *REQUISITOS PARA LA EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE INSTRUCCIÓN PARA SIMULACIÓN DE VUELO.* (2019). <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/DAN-60-1.pdf>
 - Sandirajah, S. (2023, June 6). *Understanding MTTF, MTBF, MTTD, and MTTR in Aircraft Maintenance Engineering: A Comprehensive Analysis.* <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-mttf-mtbf-mtt-d-mttr-aircraft-analysis-sandirajah/>
 - *Tarifas 3er trimestre 2025.* (2025). <https://www.dgac.gob.cl/ver-tarifario/>
 - *Tarifas 4to trimestre 2025.* (2025). <https://www.dgac.gob.cl/wp-content/uploads/2025/10/2142-FIRMADO-08-10-2025-Resolucion-4to-Trimestre-2025.pdf>
 - *The CERTIFICATION REGULATIONS for FLIGHT TRAINING CENTERS (CCAR-142).* (2004). <https://fsop.caac.gov.cn/g11/ftccss/index/file/CCAR-142%20English.pdf>



Capítulo 6. Anexo

6.1. Movimientos de rotación de una aeronave, Pitch, Roll y Yaw.

Fuente:

Pitch:

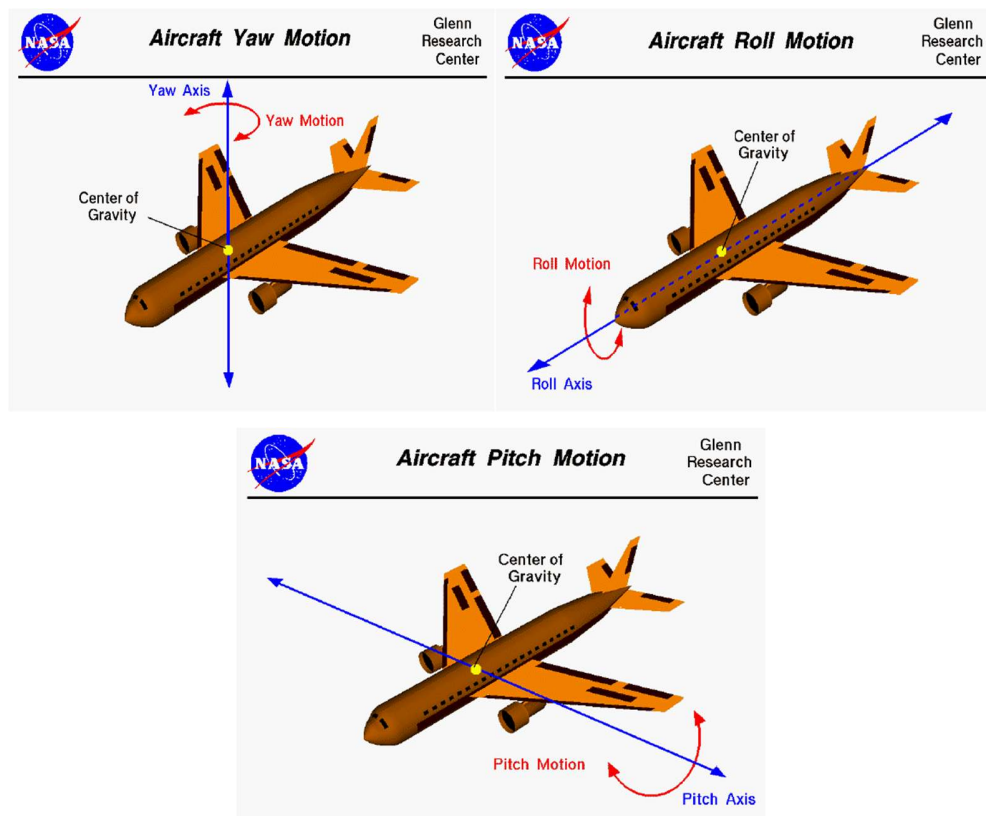
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/pitch.html>

Roll:

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/roll.html>

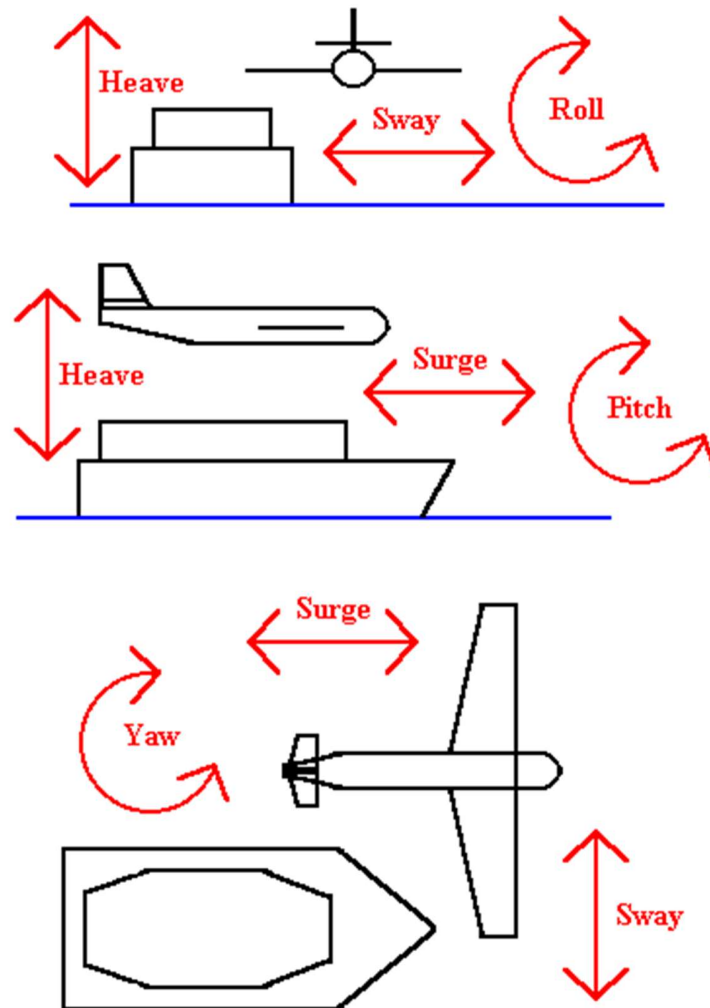
Yaw:

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/yaw.html>



6.2. Movimientos de desplazamiento de una aeronave, Heave, Sway y Surge.

Fuente: <https://friesian.com/flight.htm>





6.3. Tabla A1A normativa DGAC DAN60, paginas desde la 53 hasta la 66 de la normativa chilena.

Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
1. Configuración General del Cockpit						
1.a.	<p>El Simulador debe contar con una cabina de vuelo (cockpit) que sea una réplica precisa del avión simulado con sus controles, equipamientos, indicadores y señalizaciones propias de la cabina, circuit breakers y mamparos ubicados correctamente y funcionando de manera adecuada, de acuerdo al avión simulado. La dirección del movimiento y la operación de controles e interruptores deben ser idénticas a los del avión simulado. Los asientos de pilotos, deben permitir a su ocupante alcanzar el campo visual diseñado para el avión simulado.</p> <p>Los mecanismos para la operación de las ventanas del cockpit deben estar representados, pero no es necesario de que sean operativos.</p> <p>Aquel equipamiento adicional tal como hachas, extinguidores y ampolletas de repuesto deben estar disponibles en el SVA pero pueden estar ubicados convenientemente en algún lugar lo más cercano posible a la posición que tienen estos equipamientos en la realidad. Para el caso de hachas y pines de tren de aterrizaje pueden estar representados convenientemente de forma gráfica.</p> <p>El uso de imágenes mostradas electrónicamente con superposición física o enmascaramiento para los instrumentos y/o paneles de instrumentos en un simulador es aceptable siempre y cuando:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1). Todas estas superposiciones de instrumentos y paneles son dimensionalmente correctas y las diferencias si las hubieren sean imperceptibles al ojo del piloto; (2). Tales instrumentos replican a los de la aeronave incluyendo la total funcionalidad de estos, así como la lógica de funcionamiento incorporada; (3). Los instrumentos desplegados están libres de discontinuidades; (4). Las características de los instrumentos desplegados deben replicar los de la aeronave en cuanto a: resolución, color, luminancia, brillo, caracteres gráficos, patrones de llenado, simbología y estilos de las líneas; (5). La superposición o enmascaramiento de imágenes, incluyendo biseles y marcadores, según sea aplicable deben replicar al panel(s) de la aeronave; (6). Los interruptores y controles de los instrumentos deberán replicar y operar con la misma técnica, esfuerzo, desplazamiento y en la misma dirección de los correspondientes en la aeronave. (7). La iluminación de los instrumentos debe replicar a los propios de la aeronave y tal control en el SVA deberá si es aplicable, proporcionar niveles de iluminación comparables respecto a otros niveles de iluminación operados por tal control. (8). Según sea aplicable, los instrumentos deben tener carátulas que repliquen las de la aeronave; y <p>Solo para los niveles C y D;</p>	X	X	X	X	<p>Para todos los efectos de simulación, la cabina de vuelo debe ser todo el espacio delantero de la sección transversal del fuselaje del avión a simular hasta la línea posterior inmediatamente detrás de los asientos de los pilotos, incluyendo cualquier estación de trabajo adicional requerida por la tripulación de vuelo, así como los correspondientes mamparos que se ubican tras los asientos de los pilotos.</p> <p>Para una mayor claridad, se acepta que aquellos mamparos que contengan solo artículos tales como hachas, extinguidores, ampolletas de repuesto y la valija de documentación propia del avión no son considerados esenciales y pueden ser omitidos.</p>



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	(1). La imagen tridimensional desplegada de cualquier instrumento, tal como la imagen de un instrumento electromecánico deberá mostrar la misma condición de profundidad del instrumento simulado. La apariencia del instrumento simulado, cuando es observado bajo el ángulo del operador principal deben replicar al instrumento que se encuentra en la aeronave. Cualquier inexactitud de lectura debida al ángulo de paralaje en la visual de la aeronave simulada, deberá ser representada o replicada en la imagen simulada del instrumento desplegado. El error del ángulo de visual y de paralaje debe ser minimizado en instrumentos compartidos en un mismo display, tal como los instrumentos de motor y los instrumentos "stand-by".			X	X	
1.b.	Aquellos circuit breakers que afectan a procedimientos o muestran una indicación en el cockpit deben estar correctamente instalados y funcionar adecuadamente	X	X	X	X	
2. Programación (Hardware y Software)						
2.a	Modelación dinámica del vuelo que contenga variadas combinaciones de empuje y resistencia que se encuentran normalmente en el vuelo, las cuales deberán corresponder con las condiciones de vuelo simuladas, entre las que se encuentran los cambios en la actitud de la aeronave, empuje (thrust), resistencia al avance, altura, temperatura, pesos máximos de operación, momentos de inercia, ubicación del Centro de Gravedad (CG) y configuración. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC. Para simuladores de vuelo niveles C y D, se deberán simular también los efectos de la actitud pitch y el efecto del movimiento del combustible dentro de los estanques en el CG de la aeronave	X	X	X	X	El SOC debe incluir un rango de valores tabulados para permitir la demostración desde el IOS del modelo de "propiedad de masa". La data debe contener al menos tres condiciones de peso incluyendo las condiciones de ZFW y MTOW, con al menos dos combinaciones de ZFW, FW y peso de la carga en cada combinación considerada.
2.b	El SVA deberá contar con computadoras con la suficiente capacidad, exactitud, resolución y respuesta dinámica, necesarios para satisfacer el correspondiente nivel de calificación. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.	X	X	X	X	
2.c	Las operaciones en superficie, deben estar representadas de tal forma que permita efectuar giros dentro de los límites de la pista y mantener un control adecuado de la aeronave simulada, durante los procesos de despegue, aproximación y aterrizajes con viento cruzado.	X				
2.d	El manejo en superficie y la programación aerodinámica deben incluir lo siguiente					
2.d.1	Efecto suelo (Ground Effect)		X	X	X	Modelación del efecto suelo, que tome en cuenta el, quiebre de planeo (flare), toque de pista al aterrizaje (touchdown), ascenso (lift), resistencia al avance (drag), momento pitch (pitching moment) y empuje (thrust) mientras se está bajo el efecto suelo.
2.d.2	Reacción contra suelo (Ground Reaction) La modelación de la Reacción contra el suelo debe incorporar de manera apropiada los efectos durante aterrizajes fallidos o con botes en la pista, incluyendo las indicaciones y los efectos del contacto con la pista durante un		X	X	X	Modelación de la reacción contra el suelo que tome en cuenta la deflexión de las piernas del tren de aterrizaje (Struts), fricción de los neumáticos y fuerzas



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	aterrizaje de la aeronave en una actitud anormal (ejemplo: golpe en la cola o el contacto de la rueda de nariz). Se requiere de un SOC					laterales. Esta es la reacción de la aeronave al momento de hacer contacto con la pista durante el aterrizaje y puede ser diferente, dependiendo de factores tales como el peso total, la velocidad respecto del aire (airspeed) o la razón de descenso durante el touchdown.
2.d.3	Características de control en tierra, que incluya la modelación de las reacciones dinámicas y de suelo considerando en esta modelación las entradas de manejo, operaciones con viento cruzado, frenado, empuje reverso, desaceleración y radios de viraje.		X	X	X	Para el desarrollo de modelos de rachas de viento para su uso en el entrenamiento, el operador deberá coordinar con el proveedor de la data para asegurar que tales modelos no exceden las capacidades de los modelos aerodinámicos y de manejo en tierra.
2.e	<p>Los SVA deberán incorporar para efectos de instrucción de vuelo de baja altura en condiciones "windshear", la correspondiente modelación de esta condición a fin de ofrecer instrucción para el reconocimiento del fenómeno "windshear" y la ejecución de las maniobras de recuperación de la aeronave. Tales modelos deben estar disponibles para el instructor y/o evaluador para las siguientes fases críticas del vuelo:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Antes de la rotación, (2) Durante el despegue, (3) Durante el ascenso, (4) Durante la aproximación a niveles bajo los 500' AGL <p>La GTA deberá contener la Data de Referencia respecto al modelo instalado para simular las condiciones "windshear", o presentar la data alternativa de la aeronave, incluyendo el (o los) método(s) de implementación usado. Métodos aceptables de modelación para estas condiciones son los emitidos por la FAA, la Royal Aerospace Establishment (RAE) la Joint Airport Weather Studies (JAWS). Cualquier otra implementación o metodología a usarse para estos efectos, deberá quedar reflejada, referenciada y justificada en la GTA. Solo aquellos SVA que satisfagan estos requerimientos podrán ser usados para completar los requisitos de los programas de instrucción y/o entrenamiento que incluyan condiciones windshear en vuelo de baja altura. La incorporación de modelos realistas de turbulencias asociadas a cada perfil requerido de windshear debe estar disponible y seleccionable en el IOS. Adicionalmente a los cuatro modelos básicos de windshear requeridos para la calificación, el instructor deberá disponer de al menos de dos modelos windshear complejos adicionales que representen la complejidad en los entornos de un winshear. Estos modelos deberán estar disponibles en las configuraciones de despegue y aterrizaje y consistirán de vientos variables e independientes en componentes múltiples y simultáneas. Las modelaciones prefijadas de ayuda a la instrucción deben disponer de dos ejemplos de modelos complejos de windshear que puedan ser usados para satisfacer este requisito.</p>			X	X	Para el caso de SVA en niveles A y B, requieran calificarse para efectuar instrucción en "windshear", cumpliendo con estos estándares; ver el Anexo 5 de este Apéndice. Las modelaciones "windshear" pueden consistir de representaciones de vientos variables e independientes con componentes múltiples y simultáneas. En algunos SVA se pueden encontrar modelaciones prefijadas con modelaciones de viento que pueden satisfacer los requisitos de instrucción windshear. El simulador deberá incorporar un método que asegure que los escenarios windshear puedan ser de "sobrevivencia" o "catastróficos" y repetibles en el entorno del entrenamiento.
2.f	El SVA deberá ser capaz de efectuar pruebas (test) manuales y automáticas			X	X	Es deseable que en los resultados que

Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	del hardware y de la programación de su software, con el propósito de determinar que el SVA da cumplimiento con los test objetivos establecidos en el Anexo 2 de este Apéndice. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.					arrojen los test, se indique automáticamente cuando un test está fuera de tolerancias.
2.g	Las respuestas relativas del sistema visual, de movimiento y de instrumentos en el cockpit, serán medidas ya sea por test de "latencia" o de "transport delay". La respuesta del sistema de movimiento deberá ocurrir antes de que se inicie el cambio de escena en el sistema visual (inicio del primer pulso de video que contenga una información diferente), pero deberá ocurrir antes del final del barrido de ese campo de video. La respuesta de los instrumentos no deberá ocurrir antes del comienzo de la respuesta del sistema de movimiento. Los resultados de los test deberán observar los siguientes límites:					La idea es verificar que el simulador entrega señales de video, movimiento e instrumentales similares en retardos a las respuestas esperadas en la aeronave real. Las referencias respecto a la aeronave en cuanto a la aceleración, serán de preferencia las medidas en los correspondientes ejes rotacionales.
2.g.1	300 milisegundos respecto a la respuesta de la aeronave.	X	X			
2.g.2	100 milisegundos respecto a la respuesta de la aeronave en cuanto a las señales de movimiento y la de instrumentos. 120 milisegundos respecto a la respuesta de la aeronave en cuanto a las señales del sistema visual.			X	X	
2.h	El simulador debe representar con precisión las siguientes condiciones de la pista: (1) Dry (pista seca) (2) Wet (pista húmeda) (3) Ycy (pista con hielo) (4) Patchy wet (pista parcialmente mojada) (5) Wet on rubber residue in Touchdown Zone (trazas de caucho en la zona de aterrizaje) A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.			X	X	
2.i	El simulador debe simular: (1) La dinámica de falla de frenos y ruedas, incluida la falla del sistema "antiskid". (2) La degradación del sistema de frenos a consecuencia de altas temperaturas en los frenos si ello es aplicable. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.			X	X	Características del simulador tales como "pitch", carga lateral (side loading) y control direccional (directional control) deberán ser representativas de la aeronave emulada.
2.j	El simulador deberá representar el efecto de hielo sobre la estructura y en los motores. La modelación debe incluir la representación del efecto del hielo según corresponda en la estructura, en la aerodinámica y en los motores. Las modelaciones del hielo deben incluir la degradación aerodinámica provocada por el efecto de la acumulación del hielo sobre las superficies de sustentación de la aeronave, incluyendo la pérdida en el ascenso, la disminución del ángulo de ataque durante el stall, el cambio en el momento pitch, la disminución de la efectividad en el control de la aeronave y cambios en las fuerzas de control, además de un aumento sustantivo en las fuerzas de resistencia al avance (drag). Los sistemas de la aeronave (tales como el sistema de protección de stall y sistemas de piloto automático), deben responder adecuada y consistentemente a la acumulación de hielo en la aeronave simulada. La data			X	X	El SOC a presentar deberá describir los efectos necesarios para una adecuada instrucción en las habilidades requeridas para el reconocimiento de los efectos del hielo y la ejecución de las maniobras necesarias para la recuperación. El SOC deberá entregar y describir la fuente de la data y de cualquier método analítico usado para desarrollar el modelo de acumulación del hielo incluyendo la verificación de que estos efectos hayan sido comprobados. Los modelos que representen el efecto hielo son requeridos solamente para



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	del fabricante de la aeronave (OEM) u otro método analítico aceptable puede ser utilizada para el desarrollo de los modelos de acumulación de hielo. Métodos analíticos aceptables pueden incluir análisis en túnel de viento y/o análisis de ingeniería de los efectos aerodinámicos del hielo en las superficies de sustentación en conjunto con evaluaciones subjetivas suplementarias realizadas por pilotos con experiencia en tales fenómenos. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.					aquellas aeronaves autorizadas para operar en condiciones de acumulación de hielo. En el Anexo 7 de este Apéndice se puede encontrar material guía para estas pruebas.
2.k	La modelación aerodinámica en el simulador debe incluir: (1) El efecto suelo debido a vuelo a baja altura (2) El efecto "Mach" para vuelos a gran altura (3) El efecto dinámico del empuje normal y reverso sobre las superficies de control (4) Representaciones Aero elásticas y, (5) No linealidades debidas al deslizamiento "sideslip" A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC. Este deberá incluir la referencia a los cómputos de las representaciones aerolásticas y de las no linealidades debidas al deslizamiento (sideslip)				X	Ver el Anexo 2, párrafo 5 de este Apéndice para una mayor información acerca del efecto suelo (ground effect)
2.l	El simulador deberá poseer la modelación de la aerodinámica y de la reacción al suelo para el efecto del empuje reverso en el control direccional si es aplicable. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.		X	X	X	
2.m	Modelación del "Alto Angulo de Ataque" Si ello es apropiado para el tipo de aeronave simulada, se deberá contar con la modelación aerodinámica del Stall que incluya la degradación en la estabilidad estática/dinámica y de direccionalidad lateral, la degradación en la respuesta de los controles (pitch, roll y yaw), la respuesta no controlada de roll o el sobre control de roll que requiera de una sobre deflexión en la barra de comando para recuperar, actitudes aleatorias y no repetitivas aparentes, cambios en la estabilidad de pitch, efecto Mach y sacudidas de Stall. La modelación aerodinámica debe incorporar un rango para el ángulo de ataque y para el deslizamiento para dar soporte a las tareas de entrenamiento. Como mínimo, la modelación debe contener un rango para el ángulo de ataque de 10° más allá del punto de identificación del ángulo de ataque de stall. La identificación del ángulo de ataque de stall está definida como el punto en que el entorno de la aeronave da al piloto una clara e inequívoca indicación de la condición de stall (por ejemplo, el golpeteo en la barra de control), de que la aeronave se está desplomando. La modelación debe ser capaz de representar las variaciones características de la aeronave, observadas (por ejemplo, la presencia o ausencia del quiebre de pitch, las sacudidas de advertencia o cualquier otra indicación de que un stall le ocurrirá a la aeronave). El modelo aerodinámico deberá incorporar para los efectos de entrenamiento de stall, maniobras en las siguientes condiciones de vuelo: (1) Entrada en stall con alas niveladas (1g); (2) Entrada en stall durante un viraje con al menos un ángulo de inclinación			X	X	Los requisitos en esta sección solo aplican para aquellos SVA que están calificados para efectuar tareas de entrenamiento completo en maniobras de stall. El operador puede elegir no calificar un FFS para este tipo de tareas de entrenamiento, por lo que la calificación quedará restringida a tareas de entrenamiento de aproximación al stall que terminen al momento de activarse la alarma de stall. Una guía específica deberá estar disponible para el instructor que le indique claramente aquellas configuraciones de vuelo y maniobras para stall que han sido evaluadas para ese SVA para los efectos de entrenamiento. En el Anexo 7 de este Apéndice se encuentra información Guía adicional.



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	<p>de 25° (stall acelerado);</p> <p>(3) Entrada en stall en una condición de máxima potencia (requisito solo para aeronaves a hélice) y</p> <p>(4) Aeronave en configuraciones de 2^{do} segmento en el ascenso crucero en altura (cercano a la condición límite de performance) y aproximación o aterrizaje.</p> <p>Se requiere de un SOC que describa los métodos de modelación aerodinámica, su validación y comprobación de las características de stall del SVA. El SOC debe incluir también la verificación de que el SVA ha sido evaluado en estas materias por un piloto habilitado y con experiencia aceptable para el DSO. Ver el Anexo 7 de este Apéndice para requerimientos detallados.</p> <p>En el caso de que se tenga conocimiento de que existen limitaciones en el modelo aerodinámico para una maniobra particular de stall (tal como la configuración de la aeronave y métodos de entrada en stall), estas limitaciones deberán estar declaradas en el correspondiente SOC.</p> <p>Los SVA calificados para desarrollar tareas completas de entrenamiento en stall, deberán también satisfacer los requerimientos operativos de la IOS para las tareas de instrucción UPRT (Upset Prevention and Recovery Training) según se describe en el párrafo 2.n de esta Tabla. Ver el Anexo 7 de este Apéndice para requerimientos detallados.</p>					
2.n	<p>Upset Prevention and Recovery Training (UPRT)</p> <p>Entrenamiento para la prevención y recuperación de actitudes inusuales.</p> <p>Evaluación aerodinámica: El simulador deberá ser evaluado para maniobras específicas UPRT a fin de determinar que la combinación de ángulo de ataque y deslizamiento no excede el rango de la data de los vuelos de prueba validados o data analítica o de túneles de viento mientras se ejecuten las maniobras de recuperación.</p> <p>El siguiente grupo de maniobras de recuperación son requerimientos mínimos a ser evaluados de esta manera y deberán estar disponibles para el instructor o el evaluador. Otros escenarios UPRT desarrollados para el operador del SVA deberán ser evaluados de la misma manera:</p> <p>(1) Con alas niveladas y nariz inusualmente hacia arriba</p> <p>(2) Con alas niveladas y nariz inusualmente hacia abajo</p> <p>(3) Aeronave con un inusual gran ángulo de viraje</p> <p>Escenarios de actitudes inusuales (Upset): Dinámica Upset de aeronaves seleccionables desde el IOS deben entregar una guía al instructor respecto al método usado para inducir al SVA a una condición Upset, incluyendo cualquier falla o degradación necesaria para iniciar la condición de Upset. La degradación no realista en el funcionamiento del SVA (tal como la degradación de los controles de vuelo) para inducir un Upset en la aeronave no es aceptable a menos que se use solamente como una herramienta para el reposicionamiento del SVA con el piloto fuera de esta maniobra (loop). IOS: el simulador deberá disponer de un mecanismo de retorno en lugar de notificar al instructor o evaluador cuando la envolvente aerodinámica válida del</p>			X	X	<p>Esta sección generalmente aplica al entrenamiento en maniobras UPRT o en maniobras en actitudes no usuales de una aeronave, que exceden una o más de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una actitud pitch "nariz arriba", superior a 25 grados. • Una actitud pitch "nariz abajo", superior a 10 grados. • Un ángulo de inclinación superior a 45 grados. • Volar a velocidades no apropiadas según la condición de vuelo. <p>Los SVA usados para la recuperación en maniobras UPRT a ángulos de ataque por sobre la activación de la alarma de stall, deberá satisfacer los requisitos de la modelación de alto ángulo de ataque según se describe en el párrafo 2.m</p> <p>Una consideración especial se deberá otorgar a la respuesta del sistema de movimiento durante las maniobras UPRT.</p>



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	<p>SVA y los límites operativos de la aeronave han sido sobrepasados durante una tarea de entrenamiento Upset. Este mecanismo de realimentación debe incluir:</p> <p>(1) Validación de la envolvente del SVA, esta debe presentarse en la forma de una envolvente alfa/beta (o método equivalente) representando el nivel de "confiabilidad" del modelo aerodinámico dependiendo del grado de los vuelos de validación o de la fuente de los métodos predictivos. Las envolventes deben entregar al instructor en tiempo real información de retorno durante la maniobra. Deberá haber disponible al menos una envolvente con flaps arriba y una con flaps abajo.</p> <p>(2) Entradas de Controles de Vuelo: esto debe permitir al instructor evaluar fuerzas y desplazamientos en los controles de vuelo del piloto (incluyendo sistemas "Fly-by-wire" si corresponde); y</p> <p>(3) Límites Operacionales de la Aeronave: Esto significa que, durante la ejecución de la maniobra, se deberán mostrar los límites operacionales de la aeronave según corresponda para la configuración de la aeronave en ese momento.</p> <p>A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC. El mencionado SOC debe definir al proveedor de la data usada para construir a la envolvente de validación del SVA. El SOC debe también permitir verificar que cada maniobra UPRT programada en la estación del instructor y la maniobra asociada de entrenamiento ha sido evaluada por un grupo calificado de pilotos usando los métodos descritos en esta sección. La declaración debe confirmar que la maniobra de recuperación pueda ser ejecutada de tal manera que el SVA no excede la envolvente de validación del SVA o si la excede que se encuentre dentro del entorno de confiabilidad de la exactitud de la simulación.</p>					<p>A pesar de las limitaciones del sistema de movimiento del simulador, se deberá colocar un énfasis importante en la fidelidad de la respuesta de este sistema.</p> <p>Una especial consideración se deberá tener con aeronaves con envolvente de protección del vuelo, que induzcan artificialmente a la aeronave a una actitud específica que pueda incorrectamente iniciar un cambio en las leyes de control de dicha aeronave.</p> <p>En el Anexo 7 de este Apéndice se encuentra información Guía adicional.</p>
3.- Operación del equipamiento						
3.a	<p>Todas las indicaciones relevantes de los instrumentos involucrados en la simulación de la aeronave deben responder en forma automática al movimiento de los controles o perturbaciones externas que se impongan a la aeronave simulada; por ejemplo, turbulencias o windshear. Los valores numéricos correspondientes, deberán estar en unidades apropiadas según sea el caso.</p> <p>Para simuladores niveles C y D, las indicaciones de los instrumentos deberán responder también ante los efectos del hielo.</p>	X	X	X	X	
3.b	<p>Equipamientos de navegación, comunicaciones, alarmas y precaución deben estar instalados y funcionar dentro de las tolerancias aplicables de acuerdo a la aeronave emulada.</p> <p>El control de parte del instructor de las ayudas a la navegación tanto internas como externas, deben estar usables dentro de la línea visual sin restricción, según sea aplicable a la zona geográfica.</p>	X	X	X	X	Ver el Anexo 3 de esta Apéndice para una mayor información relativa a equipamiento de navegación de largo alcance.
3.b.1	Se deberá disponer de una base de datos de al menos tres (3) aeropuertos específicos con los correspondientes procedimientos de aproximación precisos y no precisos, incluyendo las correspondientes actualizaciones de las			X	X	



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	bases de datos de navegación.					
3.b.2	Una base de datos de navegación completa para un (1) aeropuerto específico que incluya los correspondientes procedimientos de aproximación de precisión y de no precisión, incluyendo las actualizaciones de las bases de datos de navegación.	X	X			
3.c	Los sistemas simulados de la aeronave deben funcionar de la misma forma como lo hacen en la aeronave real para la condición normal, anormal y emergencia, tanto para la condición de vuelo como en tierra. Una vez activado, la adecuada operación de los sistemas deberá ser el resultado de la administración efectuada por los tripulantes y no requerirá de ninguna otra instrucción proveniente desde los controles del instructor.	X	X	X	X	La operación de los sistemas de la aeronave debe ser predictivas y rastreables para el sistema de data suministrado por el fabricante de la aeronave, por el fabricante original de los equipos o para la data alternativa aprobada para los sistemas o componentes de la aeronave. Como mínimo, la data alternativa aprobada debe validar la operación de todos los procedimientos operativos normales, anormales y de emergencia y tareas de entrenamiento para las cuales el SVA está calificado para efectuar.
3.d	El simulador debe entregar en los controles del piloto, las mismas fuerzas de control y desplazamientos de los controles que se encuentran en la aeronave simulada. El simulador deberá también reaccionar de la misma forma como lo hace la aeronave emulada bajo las mismas condiciones de vuelo. Los sistemas de control deben replicar la operación de la aeronave para los modos normal y no-normal, incluyendo sistemas de respaldo, debiendo también reflejar fallas de sistemas asociados. Mensajes e indicaciones apropiadas en el cockpit deben estar representados.	X	X	X	X	
3.e	La sensación de las fuerzas y dinámica del vuelo sobre los controles de vuelo en el simulador (Control feel dynamics), deberá representar adecuadamente a las correspondientes de la aeronave emulada. Esto deberá quedar determinado mediante la comparación entre la data obtenida en la aeronave real y los resultados alcanzados en los registros del "Control Feel Dynamics" del simulador. Para el caso de evaluaciones de calificación iniciales y de "upgrade", las características del control dinámico deberán ser medidas y registradas directamente desde los controles de vuelo y deberán ser realizadas en configuraciones y condiciones de despegue, crucero y aterrizaje.			X	X	
3.f	Para aeronaves equipadas con sistema de control tipo "Stick pusher", las fuerzas de control, de desplazamiento y posición de superficies debe corresponder a las de la aeronave simulada. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC que verifique que el sistema "Stick Pusher" hubiere sido modelado, programado y validado usando la data de diseño de la aeronave u otro proveedor de data aceptable. El SOC debe dirigir como mínimo la lógica de la activación y de la cancelación así como la dinámica del sistema, las fuerzas de control y de			X	X	Para más detalles en cuanto a los requisitos objetivos, ver el test 2.a.10 (Calibración de fuerzas en el sistema "Stick Pusher") en la Tabla A2A del Apéndice A. Los requisitos en esta sección solo aplican a los SVA que están calificados para tareas de entrenamiento completo en maniobras de "Stall".



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
desplazamiento resultantes de la activación del "Stick Pusher".						
4.- Instalaciones para el evaluador y/o el instructor						
4.a	Además de los asientos para los pilotos, el simulador debe disponer de al menos dos asientos adecuados para el instructor o el examinador y para el inspector del DSO. Estos asientos deben entregar una visión adecuada de los paneles de los pilotos y de las ventanas delanteras. Estos asientos a excepción de los de pilotos, no requieren ser representativos de la aeronave emulada, pero deben estar adecuadamente anclados al piso de la cabina y contar con los elementos similares de contención y aseguramiento positivo.	X	X	X	X	El DSO podrá considerar alternativas a este estándar para asientos adicionales, basado en configuraciones particulares de cubiertas de vuelo.
4.b	El simulador debe tener controles que permitan al instructor y/o al evaluador controlar todos los sistemas y sus variables y la capacidad de insertar todas las condiciones anormales y de emergencia en la aeronave simulada, de acuerdo a lo descrito en el programa de instrucción aprobado al usuario u operador del simulador por el DSO o según se describa en el manual de operación según corresponda.	X	X	X	X	
4.c	El simulador debe permitir que el instructor tenga control sobre todos los efectos medioambientales que se espera que estén disponibles en el IOS, tales como; nubes, visibilidad, hielo, lluvia, temperatura, tormentas y vientos variables en dirección y velocidad.	X	X	X	X	
4.d	El simulador debe permitir al instructor o al evaluador seleccionar situaciones riesgosas tanto en tierra como en el aire.			X	X	Por ejemplo otra aeronave cruzándose en la pista activa o algún tráfico aéreo convergente.
5.- Sistema de movimiento						
5.a	El simulador debe representar señales de movimiento (fuerzas) perceptibles para el piloto y que sean representativas del movimiento de la aeronave emulada.	X	X	X	X	Por ejemplo la señal de toque de pista durante un aterrizaje, deberá ser una función de la razón de descenso (RoD) de la aeronave simulada.
5.b	El simulador debe tener un sistema de movimiento (fuerza medible) con un mínimo de tres ejes de libertad (al menos pitch, roll y ascenso). A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.	X	X			
5.c	El simulador debe tener un sistema de movimiento (fuerza medible) que produzca señales al menos equivalentes a seis ejes de libertad (es decir; pitch, roll, yaw, ascenso, derrape lateral y longitudinal). A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.			X	X	
5.d	El simulador debe contar con un sistema que permita registrar la respuesta de los tiempos del sistema de movimiento. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.	X	X	X	X	
5.e	El simulador debe entregar una programación de efectos de movimiento que incluya:					



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
5.e.1	(1) Efecto de la aceleración con los frenos activados (2) Rodaje sobre la pista, deflexión de los amortiguadores, efecto de la velocidad en tierra, defectos en la pista, rodaje sobre las luces de centro de pista, y características de la pista de rodaje. (3) Golpes y vibraciones en tierra debidos a la extensión de los "spoiler/Speedbrakes" y al accionar de los reversores. (4) Golpes asociados con el tren de aterrizaje (5) Vibraciones durante la extensión y retracción del tren de aterrizaje (6) Vibraciones en el aire debidos a la extensión de los flaps y de .Los spoilers/Speedbrakes (7) Vibraciones durante la aproximación al Stall (8) Señales representativas del toque de pista del tren principal de aterrizaje y el de la rueda de nariz (9) Vibración inducida (scuffing) de la rueda de nariz si es aplicable (10) Vibraciones en maniobras y en aproximación a velocidad Mach (11) Fallas, mal funcionamiento y daños del motor		X	X	X	Si existen condiciones de vuelo conocidas en las que los golpes (Buffets) asociados es la primera indicación de un "Stall" o en donde los buffets de Stall no ocurren, entonces esta característica debe estar incluida en el modelo.
	(12) Golpe en la cola y en el patín de cola					
5.e.2	(13) Efectos durante el desplazamiento en tierra, tales como desplazamientos en el sentido lateral y direccional como consecuencia del manejo y del frenado; (14) Golpes ocasionados por fenómenos atmosféricos (ejemplo; turbulencias, rachas de viento, tormentas, windshear, etc.) en tres ejes (isotrópico); (15) Dinámica de la falla de neumáticos y (16) Otras vibraciones significativas, golpes y saltos que no se hubieren mencionado más arriba (ejemplo; la RAT) o ítems de las listas de chequeo tales como los efectos de movimiento debido a señales en los controles de vuelo durante las actividades de pre-vuelo.			X	X	
5.f	El simulador debe entregar aquellas vibraciones características que resulten de la operación de la aeronave, si esa vibración corresponde a un evento o estado de la aeronave que pueda ser detectado en la cabina.				X	El Simulador debe estar programado e instrumentalizado de tal forma que los modos característicos de vibración puedan ser medidos y comparados con la data propia de la aeronave emulada.
6.- Sistema Visual						
6.a	El Simulador debe tener un sistema visual que entregue un escenario de vuelo externo a la cabina.	X	X	X	X	
6.b	El simulador debe contar con un campo visual continuo y colimado de al menos 45° horizontales y 30° verticales por cada asiento de piloto o la cantidad de grados necesarios para satisfacer los requerimientos del "Ground Visual Segment", cualquiera sea el mayor. Ambos sistemas visuales (uno para cada piloto) deben estar operativos simultáneamente. La mínima cobertura del campo visual horizontal debe ser más y menos la mitad de los requerimientos del campo visual continuo centrado en la línea de azimut (0°), en relación al fuselaje de la aeronave emulada.	X	X			Capacidades adicionales al campo visual pueden ser añadidas a discreción del operador, cautelando que se cumplan los requerimientos mínimos establecidos en esta Norma.

Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC , que explique las medidas de la geometría del sistema, incluyendo la linealidad de éste y del campo visual.					
6.c	Reservado					
6.d	El simulador debe contar con un campo visual continuo y colimado de al menos 176° horizontales y 36° verticales por cada asiento de piloto o la cantidad de grados necesarios para satisfacer los requerimientos del "Ground Visual Segment", cualquiera sea el mayor. Ambos sistemas visuales (uno para cada piloto) deben estar operativos simultáneamente. La mínima cobertura del campo visual horizontal debe ser más y menos la mitad de los requerimientos del campo visual continuo centrado en la línea de azimut (0°), en relación al fuselaje de la aeronave emulada. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC , que explique las medidas de la geometría del sistema, incluyendo la linealidad de éste y del campo visual.			X	X	El campo visual horizontal es tradicionalmente descrito como un campo visual que abarca 180°. Sin embargo, el campo visual es técnicamente no inferior a 176°. Capacidades adicionales al campo visual pueden ser añadidas a discreción del operador, cautelando que se cumplan los requerimientos mínimos establecidos en esta Norma.
6.e	El sistema visual debe estar desprovisto de discontinuidades y elementos que puedan crear señales no realistas	X	X	X	X	Son consideradas señales no realistas aquellas que pudieren generar imágenes irreales de hundimiento y despiste que puedan inducir al piloto a evaluar en forma incorrecta parámetros como la velocidad, la aceleración o inducir situaciones potencialmente riesgosas.
6.f	El simulador debe contar con las correspondientes luces de aterrizaje para escenarios nocturnos. En donde se requieran escenarios crepusculares tales como amanecer o atardecer, se deberá contar también con aquellas luces de aterrizaje correspondientes a estos escenarios.	X	X	X	X	
6.g	El simulador debe permitir al instructor controlar lo siguiente: (1) La visibilidad en millas (km) y el rango visual de la pista (RVR) en pies (mts.) (2) Selección de diferentes Aeropuertos. (3) Iluminación y tipos de luces de pista en Aeropuertos	X	X	X	X	
6.h	El Simulador debe tener una adecuada compatibilidad entre el sistema visual y la respuesta dinámica programada.	X	X	X	X	
6.i	El Simulador debe demostrar que el segmento de terreno visible desde la cabina es el mismo que aquel que se tiene desde la cabina de la aeronave emulada (dentro de las tolerancias permitidas) cuando se selecciona la correcta velocidad, en configuración de aterrizaje, en la correcta altura sobre la zona de contacto y con una visibilidad determinada	X	X	X	X	Esta prueba tiene por finalidad demostrar la exactitud de la modelación del rango visual (RVR), de la senda de planeo (glide-slope) y del localizador (localizer), en una configuración determinada de peso y velocidad para una envolvente de aproximación y aterrizaje.
6.j	El Simulador debe proporcionar la información visual suficiente para evaluar la percepción de un desplazamiento vertical, (sensación de profundidad), durante un aterrizaje o durante un despegue, que incluya: (1) Superficie en pistas de despegue (runways), calles de rodaje y carreteo (taxiways) y loza (ramp).		X	X	X	



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
	(2) Características propias del terreno.					
6.k	El Simulador debe entregar una representación precisa del entorno visual relativo a la actitud del Simulador	X	X	X	X	La actitud demostrada en el sistema visual versus la actitud del Simulador es una comparación del horizonte en sus ejes roll y pitch, tal como se despliegan en la escena visual, comparados con lo que se observa en el indicador de actitud.
6.l	El Simulador debe disponer de una manera rápida para confirmar el color, el RVR, el foco y la intensidad del sistema visual. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.			X	X	
6.m	El Simulador debe ser capaz de generar al menos 10 niveles de ocultamiento en su sistema visual.			X	X	
6.n	Escenas nocturnas. Cuando se use en actividades de instrucción, evaluación o exámenes bajo condiciones nocturnas, el Simulador debe presentar escenas visuales con el suficiente contenido tal que permita reconocer el aeropuerto, el terreno circundante y las instalaciones dentro de éste. El contenido de la escena debe permitir al piloto efectuar un aterrizaje visual exitoso. La escena debe incluir un horizonte definido y las marcas típicas culturales del terreno, tales como campos, caminos, masas significativas de agua y superficies iluminadas por el rango de alcance de las luces de aterrizaje de la aeronave.	X	X	X	X	
6.o	Escenas crepusculares o de amanecer. Cuando se use en actividades de instrucción, evaluación o exámenes bajo condiciones de iluminación crepuscular o amanecer, el Simulador debe presentar escenas visuales con el suficiente contenido tal que permita reconocer el aeropuerto, el terreno circundante y las instalaciones dentro de éste. El contenido de la escena debe permitir al piloto efectuar un aterrizaje visual exitoso. Las escenas crepusculares o de amanecer deben contener como mínimo una presentación lo más completa de los colores en ambientes de visibilidad reducida, representación de superficies con una buena información de texturas que incluya objetos con iluminación propia, tales como redes de carreteras y caminos, iluminación de la loza (ramp), y señalética propia del aeropuerto, suficientes para efectuar una aproximación visual, aterrizaje y movimiento de carreteo dentro del aeropuerto. La escena debe incluir un horizonte definido y las marcas típicas culturales del terreno, tales como campos, caminos, masas significativas de agua y superficies iluminadas por el rango de alcance de las luces de aterrizaje de la aeronave. Si está disponible, una iluminación direccional desde el horizonte, esta debe tener una orientación correcta y ser consistente con los efectos de luz y sombra de la escena presentada. En total el contenido de las escenas nocturnas o crepusculares deben ser comparables en detalle a aquella producida por 10.000 puntos texturados de superficie y 15.000 puntos luminosos con una capacidad del sistema de desplegar 16 objetos simultáneos en movimiento. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.			X	X	



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
6.p	Escenas diurnas. Cuando se use en actividades de instrucción evaluación o exámenes bajo condiciones de luz diurna, el Simulador debe presentar escenas visuales con el suficiente contenido tal que permita reconocer el aeropuerto, el terreno circundante y las instalaciones dentro de éste. El contenido de la escena debe permitir al piloto efectuar un aterrizaje visual exitoso. Cualquier iluminación ambiental no debe interferir destructivamente con la escena visual desplegada. En total los contenidos de las escenas diurnas deben ser comparables en detalle a aquella producida por 10.000 puntos texturados de superficie y 6.000 puntos luminosos con una capacidad del sistema de desplegar 16 objetos simultáneos en movimiento. La escena visual desplegada debe estar libre de elementos distractivos o discontinuidades (quantization) o efectos visuales perturbadores mientras el Simulador esté en movimiento. A fin de demostrar el debido cumplimiento, se requiere de un SOC.			X	X	
6.q	El Simulador debe proporcionar escenas visuales operacionales que contengan relaciones físicas conocidas que causen ilusiones ópticas a los pilotos durante un aterrizaje.			X	X	Por ejemplo: Pistas cortas, aproximaciones sobre agua, pistas con ángulos de inclinación positivos o negativos, elevación del terreno durante la trayectoria de aterrizaje y características topográficas particulares.
6.r	El Simulador deberá tener representaciones climatológicas especiales de, lluvia ligera, moderada y fuerte en las cercanías de una tormenta durante un despegue y durante un aterrizaje. Estas representaciones son aceptables a una altitud en y bajo los 2.000 pies (610 mt) sobre la superficie del aeropuerto y en un entorno de hasta 10 millas (16 Km) de éste.			X	X	
6.s	El simulador debe tener la capacidad de representar escenas visuales de pista cubierta de agua y nieve, incluyendo la reflexión de luces sobre la pista para la condición de pista mojada, luces parcialmente oscurecidas por condiciones de nieve u otros efectos alternativos adecuados.			X	X	
6.t	El simulador debe representar todas las luces del aeropuerto de una manera realista en cuanto a su colorido y direccionalidad			X	X	
6.u	Loa siguientes efectos climatológicos según se despliegan en el sistema visual, deberán ser replicados en la estación del instructor según corresponda: (1) Múltiples capas de nubes con ajuste del nivel base y nivel superior, cielos cubiertos y tempestades; (2) Activación y desactivación de tormentas; (3) Visibilidad y rango visual (RVR), incluyendo efecto neblina (fog) y neblina parcial (patchy gog); (4) Efecto de las luces externas de la aeronave; (5) Efectos de las luces del aeropuerto (incluyendo intensidades variables y efecto de la neblina); (6) Contaminantes de superficie (incluyendo el efecto del viento); (7) Efecto de las precipitaciones (lluvia, granizo, nieve); (8) Efecto sobre la velocidad al volar dentro de nubes y (9) Cambios en la visibilidad al entrar o salir de una nube.			X	X	El efecto de la tormenta es menor, discontinuo y con nubosidad irregular bajo una capa de nubes definida. Los modelos atmosféricos deben incorporar efectos representativos de estelas turbulentas y corrientes de aire de ladera de montaña según sea requerido para mejorar el entrenamiento UPRT. La modelación de corrientes de aire de ladera, debe incorporar corrientes de aire ascendente, descendente y transversal que puedan encontrarse en una onda de



Tabla A1A - Estándares Mínimos de Calificación (QPS)		Nivel de Calificación				Información
Item	Requisitos Generales para Simuladores de Vuelo Avión	A	B	C	D	Notas
						ladera y para condiciones de viento rotatorio.
6.v	El simulador debe entregar efectos visuales para las siguientes condiciones: (1) Postes de luz (2) Luces de borde de pista según corresponda y (3) Resplandor asociado a las luces de aproximación en baja visibilidad, antes de que tales luces sean distinguibles.			X	X	Los efectos visuales para las luces de postes y para las luces de borde de pista son para el propósito de entregar una percepción adicional de profundidad para la ejecución de las tareas de entrenamiento durante el despegue, el aterrizaje y el carreteo. La modelación tridimensional de los postes actuales y de sus anclajes no es necesaria.
7.- Sistema de sonido						
7.a	El Simulador debe representar aquellos sonidos de la cabina que resulten de las acciones del piloto, de tal forma que correspondan a aquellas que ocurran en la aeronave emulada	X	X	X	X	
7.b	El control de volumen debe tener una indicación que indique el nivel del sonido que se use para efectos de satisfacer los requerimientos de calificación.	X	X	X	X	Para simuladores nivel D, esta indicación deberá estar disponible de manera legible para el instructor en o sobre el IOS y deberá corresponder al ajuste del nivel de sonido requerido para satisfacer los requisitos establecidos para los test objetivos según se describe en la Tabla A2A de este Apéndice. Para los otros niveles de simuladores, esta indicación de nivel de sonido corresponderá al nivel de sonido usado durante la evaluación inicial del simulador.
7.c	El Simulador debe simular de manera precisa los sonidos de precipitaciones, limpiaparabrisas, u otros sonidos perceptibles por el piloto durante operaciones normales y anormales, incluido el sonido de un aterrizaje catastrófico (crash) cuando el Simulador es aterrizado bajo condiciones inusuales de actitud o por sobre las limitaciones estructurales del tren de aterrizaje por sobre del peso máximo de aterrizaje, sonidos de los motores en condiciones normales, sonidos de los reversores y los sonidos que producen los flap, los spoilers y el tren de aterrizaje al retraerse o al extenderse. Los sonidos deben estar representados en su direccionalidad. Se requiere de un SOC .			X	X	Para simuladores calificados para tareas completas de entrenamiento en condiciones de Stall, los sonidos asociados al Buffet de Stall deben ser emulados si son significativos en la aeronave real.
7.d	El Simulador debe entregar sonidos y ruidos de la cabina de manera realista en amplitud y frecuencia. El comportamiento del Simulador debe ser grabado y comparado en amplitud y frecuencia con los mismos sonidos generados y grabados en la cabina de la aeronave emulada, siendo éstos incorporados a la				X	



6.4. Informes del estado de los entrenadores y simuladores en Chile hasta el 30 de Septiembre del 2025



ESTADO DE ENTRENADORES SINTETICOS EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL

N°	EMPRESA	MODELO AERONAVE SIMULADA	NIVEL	ID D.G.A.C.	ID FAA / EASA / ANAC Y OTRAS AUTORIDADES	FECHAS	
						ULTIMA EVALUACION	VENCIMIENTO AUTORIZACION
1	CAE Santiago / Chile	Boeing 737-200	B	CAE-CH-01			Desactivado el 24-10-2007
2	CAE Santiago / Chile	Airbus A-320 #1	D	CAE-CH-02		25-10-2024	25-10-2025
3	CAE Lima / Perú	Boeing 767-300	D	CAE-CH-03		09-03-2025	09-03-2026
4	CAE San Pablo / Brasil	Airbus A-320	D	CAE-SAO-04	FFS-A320-002	29-08-2008	29-08-2009
5	CAE San Pablo / Brasil	Airbus A-340-300 #1	D	CAE-SAO-05	FFS-A340-001	29-10-2013	29-10-2014
6	CAE San Pablo / Brasil	Airbus A-320 #2	D	CAE-SAO-06	FFS-A320-002	10-10-2012	10-10-2013
7	BOEING US Miami / USA	Boeing 767-300	C	ALT-MIA-07	330	31-05-2015	31-05-2016
8	UA Denver / USA	Airbus A-320 #3	D	CAE-DEV-08	585	10-01-2007	10-01-2008
9	UA Denver / USA	Airbus A-320 #4	D	CAE-DEV-09	614	10-01-2007	10-01-2008
10	AWA P hoenix / USA	Boeing 737-300	C	AWA-PHX-10	417	12-06-2007	12-06-2008
11	JBA Orlando / USA	Airbus A-320 #1	D	JBA-ORL-11	319	22-06-2007	22-06-2008
12	JBA Orlando / USA	Airbus A-320 #2	D	JBA-ORL-12	920	22-06-2007	22-06-2008
13	JBA Orlando / USA	Airbus A-320 #3	D	JBA-ORL-13	921	22-06-2007	22-06-2008
14	ALTEON AA Buenos Aires / Argentina	Boeing 737-300/500	D	ALT-BAS-14	DHA-SIM-D-737-500-C-08	21-10-2008	21-10-2009
15	PANAM Miami / USA	Boeing 767-200	C	PAM-MIA-15	525	25-05-2012	25-05-2013
16	PANAM Miami / USA	Boeing 767-269	C	PAM-MIA-16	679	02-08-2017	07-08-2018
17	PANAM Miami / USA	Boeing 767-275	C	AER-MIA-17	31	04-08-2017	07-08-2018
18	CAE Santiago / Chile	MFTD Airbus A320	4	CAE-CH-18		07-01-2025	07-01-2026
19	CAE Santiago / Chile	Airbus A-320 #2	D	CAE-CH-19		10-04-2025	10-04-2026
20	GLOBAL ONE Sanford-Orlando/USA	Boeing 737-236	C	ALT-MIA-20		17-09-2016	17-12-2016
21	PANAM Miami / USA	Boeing 737-200 #4	C	PAM-MIA-21	559	22-03-2018	22-03-2020
22	PANAM Miami / USA	Boeing 737-200 #2	C	PAM-MIA-22	764		Desactivado el 01-10-2010
23	PANAM Miami / USA	Boeing 737-300	C	PAM-MIA-23	446	20-11-2016	20-11-2017
24	BOEING US Miami / USA	Boeing 777-300ER	D	ALT-MIA-24	530	28-04-2018	28-04-2019
25	BOEING US Miami / USA	Boeing 777-200ER	D	ALT-SEA-25	469	20-05-2024	20-05-2026
26	ALTEON Seattle/USA	Boeing 777-300	D	ALT-SEA-26	969	05-09-2008	05-09-2009
27	AIR CANADA Toronto/Canadá	Airbus A-320	D	ACA-TOR-27	TC 33	30-06-2008	30-06-2009
28	AIR CANADA Toronto/Canadá	Airbus A-320	D	ACA-TOR-28	TC 34	30-06-2008	24-11-2008
29	AIR CANADA Toronto/Canadá	Airbus A-320	D	ACA-TOR-29	TC 471, FAA 1024	30-06-2008	30-06-2009
30	CAE Denver/USA	Airbus A-320	D	CAE-DEV-30	790	30-06-2008	30-06-2009
31	CAE Madrid / España	Airbus A320-200	D	CAE-MAD-31	E-1A-007	12-11-2010	12-11-2014
32	CAE Madrid / España	Airbus A320-214/232	D	CAE-MAD-32	E-1A-023	14-11-2010	14-11-2014
33	CAE Madrid / España	Airbus A340-313	D	CAE-MAD-33	E-1A-006	16-11-2010	16-11-2013
34	MICROSIMULACION Santiago / Chile	FTD Cessna 172	5	MS-CH-34		15-03-2017	15-03-2018
35	ASD SIMULACION Santiago / Chile	Generico Twin Jet tipo Airbus	3	ASD-CH-35		25-11-2014	25-11-2015
36	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320-200	D	AIR-MIA-36	630	06-04-2012	06-04-2013
37	BOEING US Miami / USA	Boeing 767-300ER	D	BOE-MIA-37	1183	09-05-2024	09-05-2026
38	FLIGHT SIMULATION Amsterdam / Holanda	Boeing 767-300	D	FSC-AMS-38	CAA NL-16	31-10-2010	31-10-2012
39	KLM FLIGHT TRAINING Amsterdam/Holanda	Boeing 777-200	D	KLM-AMS-39	CAA NL-147	27-06-2016	30-06-2017
40	KLM FLIGHT TRAINING Amsterdam/Holanda	Boeing 777-300	D	KLM-AMS-40	CAA NL-187	29-06-2016	30-06-2017
41	CAE Madrid / España	Airbus A340-300	D	CAE-MAD-41	E-1A-012	10-11-2010	10-11-2013
42	CAE Madrid / España	Airbus A340-300	D	CAE-MAD-42	E-1A-027	18-11-2010	18-11-2013
43	STORM FLIGHT CENTER Santiago / Chile	FTD Airbus A320	5	ASD-CH-43		11-07-2025	11-07-2026
44	CAE San Pablo / Brasil	Airbus A-340-300 #2	D	CAE-SAO-44		17-04-2015	17-04-2016
45	INTERJET Toluca/México	Airbus A320-200	D	INT-TOL-45		12-05-2011	12-05-2013
46	CAE San Pablo / Brasil	Boeing 767-300	D	CAE-CH-46		23-04-2025	23-04-2026
47	CAE San Pablo / Brasil	FTD Airbus A320	4	CAE-SAO-47		10-04-2019	10-04-2020
48	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320-200	C	AIR-MIA-48	712	09-08-2018	09-08-2019
49	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320-232	D	AIR-MIA-49	1175	20-11-2023	20-11-2024
50	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320-320	D	AIR-MIA-50	1195	15-11-2023	15-11-2024
51	CAE Santiago / Chile	Door Trainer A320		CAE-CH-51		07-01-2025	07-01-2026
52	CAE San Pablo / Brasil	Boeing 777-200	D	CAE-SAO-52	FFS-B777-004	18-04-2024	18-04-2025
53	CAE Santiago / Chile	Door Trainer B767		CAE-CH-53		03-04-2018	03-04-2019
54	BOEING US Miami / USA	FTD Boeing 787-8	5	BOE-SEA-54	1186	11-05-2018	11-05-2019
55	BOEING US Miami / USA	FTD Boeing 787-9	5	BOE-SEA-55	1187	10-05-2024	10-05-2026
56	BOEING US Miami / USA	Boeing 787-9	D	BOE-SEA-56	1184	14-05-2024	14-05-2026
57	BOEING US Miami / USA	Boeing 787-9	D	BOE-SEA-57	1185	16-05-2024	16-05-2026
58	HELISIM Marsella / Francia	EC-155B	D	HEL-MAR-58	FR-132	13-07-2012	13-07-2013
59	CAE Lima / Peru	Airbus A320-214/232	D	CAE-LIM-59		11-11-2021	11-11-2022
60	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320	D	AIR-MIA-60	1255	04-08-2012	30-09-2013
61	PANAM Miami / USA	Airbus A320-200	D	PAM-MIA-61	640	01-11-2012	01-11-2013
62	CAE Santiago / Chile	Door Trainer B787		CAE-CH-62		24-10-2024	24-10-2025
63	CAE San Pablo / Brasil	Airbus A320-200 #3	D	CAE-SAO-63		28-04-2025	28-04-2026
64	VERTICAL HELICOPTERS Santiago	Generico R-22	4	VEH-CH-64		09-09-2013	09-09-2014
65	BOEING Singapur /Singapur	FTD Boeing 787-8	5	BOE-SIN-65	1230	27-05-2014	27-05-2015
66	BOEING Singapur /Singapur	FTD Boeing 787-8	5	BOE-SIN-66	1229	28-05-2014	28-05-2015
67	BOEING Singapur /Singapur	Boeing 787-8	D	BOE-SIN-67	1228	01-06-2014	01-06-2015
68	BOEING Singapur /Singapur	Boeing 787-8	C	BOE-SIN-68	1227	30-05-2014	30-05-2015



N°	EMPRESA	MODELO AERONAVE SIMULADA	NIVEL	ID D.G.A.C.	ID FAA / EASA / ANAC Y OTRAS AUTORIDADES	FECHAS	
						ULTIMA EVALUACION	VENCIMIENTO AUTORIZACION
69	MICROSIMULACION Santiago / Chile	Genérico Twin Jet tipo Airbus	4	MS-CH-69		29-04-2024	10-06-2025
70	PANAM Miami / USA	Boeing 777-200ER	D	PAM-MIA-70	1347	27-07-2017	27-07-2018
71	CAE San Pablo / Brasil	FTD AS-350-B2	7	CAE-SAO-71		06-08-2015	06-08-2016
72	SKY AIRLINES Santiago / Chile	Entrenador T.C. A319		SKY-CH-72		15-01-2024	15-01-2025
73	CAE Santiago / Chile	Boeing 787-8	D	CAE-CH-73		06-01-2025	06-01-2026
74	BOEING US Miami / USA	Boeing 767-300ER	C	BOE-MIA-74	359	07-05-2024	07-05-2025
75	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320-200	D	AIR-MIA-75	1258	11-11-2019	31-12-2020
76	ACIT Santiago / Chile	Genérico Twin Jet tipo Airbus	4	CIT-CH-76		20-12-2024	20-12-2025
77	PEGASUS Sevilla / España	Bell 412 HP	B	FAA-SEV-77		15-10-2019	15-10-2020
78	AIR NEW ZEALAND Auckland / NZ	Boeing 787-8	D	ANZ-AKL-78		16-09-2015	16-09-2016
79	PANAM Miami / USA	Boeing 737-400	C	PAM-MIA-79	1059	22-11-2016	22-11-2017
80	MICROSIMULACION Santiago / Chile	FTD Cessna 172	4	MS-CH-80		05-06-2025	05-06-2026
81	PANAM Miami / USA	Boeing 737-300	C	PAM-MIA-81	282	17-03-2019	31-05-2020
82	ECOCOPTER Santiago / Chile	FTD S135	5	ECO-CH-82		12-06-2025	12-06-2026
83	ECOCOPTER Santiago / Chile	FTD AS 350	5	ECO-CH-83		13-06-2025	13-06-2026
84	RENTSIM SpA Santiago / Chile	Airbus A320-214	5	JCG-CH-84		23-09-2025	23-09-2026
85	AIRBUS Campinas / Brasil	Airbus A320-200	D	AIR-SAO-85	FFS-A320-017	02-11-2017	02-11-2018
86	AIRBUS Campinas / Brasil	FTD Airbus A320-200	4	AIR-SAO-86		03-11-2017	03-11-2018
87	AVIANCA Bogotá / Colombia	Airbus A320-200	D	AVI-BOG-87		31-10-2017	31-10-2018
88	AVIANCA Bogotá / Colombia	Airbus A320-200	D	AVI-BOG-88		02-11-2017	02-11-2018
89	FDT Santiago / Chile	Airbus A320	5	FDT-CH-89		03-09-2024	03-09-2025
90	ANSETT Milan / Italia	BAE146, AVRO RJ85/100	DG	ANS-MIL-90		14-05-2025	14-06-2025
91	CAE San Pablo / Brasil	Airbus A320-200 #5	D	CAE-SAO-91		12-04-2019	31-12-2020
92	CAE Toluca / México	Airbus A320	D	CAE-TOL-92		06-07-2018	06-07-2019
93	CAE Madrid / España	Boeing 787-9	D	CAE-MAD-93		30-09-2024	30-09-2025
94	CAE Madrid / España	FTD Boeing 787-9	1 (6)	CAE-MAD-94		30-09-2024	30-09-2025
95	CAE Bogotá / Colombia	FTD Boeing 787-8	4	CAE-BOG-95		25-10-2021	25-10-2022
96	AEROMET Santiago / Chile	FTD ATS-A320	5	AER-CH-96		30-05-2023	30-05-2024
97	CAE Bogotá / Colombia	Boeing 787-9	D	CAE-BOG-97		12-02-2025	12-02-2026
98	CAE Santiago / Chile	Airbus A-320 #3	D	CAE-CH-98		15-01-2025	15-01-2026
99	GTA Bogotá / Colombia	Airbus A-320-200	D	GTA-BOG-99		20-03-2024	20-03-2025
100	AEROMET Santiago / Chile	Bristell	5	AER-CH-100		30-01-2024	30-01-2025
101	AIRBUS Miami / USA	Airbus A320-200	D	AIR-MIA-101		12-03-2021	12-03-2022
102	EAGLE COPTERS TRAINING CENTER Santiago	Bell 206 R44	AATD	EAG-CH-102		22-11-2022	22-11-2023
103	RENTSIM SpA Santiago / Chile	C172	AATD	REN-CH-103		20-01-2025	20-01-2026
104	SIMTECH Dublin / Irlanda	AVRO RJ85	BG	SIM-DUB-104		10-03-2020	10-03-2021
105	AIRBUS Santiago / Chile	Airbus A320-200	D	AIR-CH-105		13-12-2024	13-12-2025
106	FLY WITH US SPA Santiago / Chile	C172 SP - PA 28	AATD	FLY-CH-106		29-07-2024	29-07-2025
107	AIRBUS Santiago / Chile	FTD Airbus A320-200	4	AIR-CH-107		10-07-2025	10-07-2026
108	ACADEMIA CHILENA DE CAPACITACIÓN LTDA, Santiago / Chile	Genérico tipo Twin Jet	3	ACC-CH-108		13-08-2021	13-08-2022
109	UNIVERSIAD FEDERICO SANTA MARIA, Santiago / Chile	Airbus A320-200	4	USM-CH-109		25-04-2024	25-04-2025
110	ISL ITALO SIM SPA, Santiago	Airbus A320	4	ISL-CH-110		29-08-2024	29-08-2025
111	CAE Lima / Perú	Airbus A320-200	D	CAE-LIM-111		15-08-2025	15-08-2026
112	CAE Lima / Perú	Airbus A320-200 #2	D	CAE-LIM-112		20-08-2025	20-08-2026
113	CAE Bogotá / Colombia	FTD Boeing 787-9	4	CAE-BOG-113		13-02-2025	13-02-2026
114	ACADEMIA CHILENA DE CAPACITACIÓN LTDA, Santiago / Chile	Door Trainer A320	DT	ACC-CH-114		19-03-2025	19-03-2026
115	ACADEMIA CHILENA DE CAPACITACIÓN LTDA, Santiago / Chile	Entrenador de Fuego	EF	ACC-CH-115		19-03-2025	19-03-2026
116	AIRBUS Mexico Training Centre, Ciudad de Mexico / Mexico	Airbus A320-200	D	AIR-MEX-116		24-03-2023	24-03-2024
117	AIRBUS Mexico Training Centre, Ciudad de Mexico / Mexico	Airbus A320-200	D	AIR-MEX-117		30-03-2023	30-03-2024
118	CLUB AEREO DE CARABINEROS, Santiago	Socata TB20	AATD	CAC-CH-118		05-08-2024	05-08-2025
119	ACADEMIA CHILENA DE CAPACITACIÓN LTDA, Santiago / Chile	Entrenador T.C. A320	TC	ACC-CH-119		23-07-2025	23-07-2026
120	CAE Lima / Perú	FTD Airbus A320-200	4	CAE-LIM-120		07-03-2025	07-03-2026
121	MICROSIMULACION Santiago / Chile	FTD Cessna 172	4	MS-CH-121		05-06-2025	05-06-2026
122	AIRBUS Santiago / Chile	Airbus A320-200	D	AIR-CH-122		18-12-2024	18-12-2025
123	M2B AVIATION SPA Santiago / Chile	C172 S	AATD	M2B-CH-123		10-01-2025	10-01-2026
124	CAE Bogotá / Colombia	Airbus A320-200 #1	D	CAE-BOG-124		24-06-2024	24-06-2025
125	CAE Bogotá / Colombia	Airbus A320-200 #2	D	CAE-BOG-125		27-06-2024	27-06-2025
126	CAE Bogotá / Colombia	Airbus A320-200 #3	D	CAE-BOG-126		01-08-2025	01-08-2026
127	BOEING US Miami / USA	Boeing 777-300ER	D	BOE-MIA-127		22-05-2024	22-05-2026
128	CAE Santiago / Chile	MFTD Airbus A320	4	CAE-CH-128		07-10-2024	07-10-2025
129	FLIGHTSAFETY INTERNATIONAL, Toronto / Canadá	Dash 8-400	D	FSI-TOR-129		20-10-2024	20-10-2025
130	HEADING AVIATION II SPA Santiago / Chile	Genérico Twin Jet tipo Airbus	4	HG-CH-130		29-10-2024	29-10-2025
131	TRAINING TO FLY SIMULATOR Santiago / Chile	Airbus A320-200	4	TFS-CH-131		27-01-2025	27-01-2026
132	CONAIR GROUP INC, Abbotsford / Canadá	AVRO 146 RJ-100	D	CON-ABB-132		29-08-2025	29-08-2026

 Autorizaciones Vencidas desde la fecha indicada.
 Autorizaciones Vigentes hasta la fecha indicada.

Actualización: 30-09-2025



ESTADO DE ENTRENADORES DEL TIPO "PCATD" EVALUADOS POR DGAC/DSO/SDL

Table with columns: N°, EMPRESA, ID DGAC, PCATD MARCA/ MODELO, MODELO AERONAVE REPRESENTADA, CREDITOS PARA OBTENCIONES (PPA, IFR, PCA), RESOLUCION DE AUTORIZACION (N°, FECHA), FECHAS (ULTIMA EVALUACION, VENCIMIENTO AUTORIZACION). Rows list various training organizations and their aircraft models.

Autorizaciones Vencidas desde la fecha indicada.

Autorizaciones Vigentes hasta la fecha indicada.

Actualización: 30-09-2025

6.5. Estimación económica desde el año 2025 hasta 2030, sobre los valores tarifarios con un aumento del 1,4%.

Valores 2026.

Entrenadores Sintéticos	1er Trimestre	2do Trimestre	3er Trimestre	4to Trimestre	Promedio
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	698.968	708.754	718.677	728.738	713.784
Evaluación recurrente	411.155	416.911	422.748	428.666	419.870
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	489.266	496.116	503.062	510.104	499.637
Evaluación recurrente	244.641	248.066	251.539	255.060	249.826
Renovación certificado Door Trainer	198.647	201.428	204.248	207.107	202.857
Renovación certificado Tobogán Trainer	163.621	165.912	168.235	170.590	167.089
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	291.111	295.187	299.319	303.510	297.282
Evaluación recurrente	145.559	147.597	149.663	151.758	148.644
Servicios	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	150.544	152.651	154.788	156.955	153.735

Valores 2027.

Entrenadores Sintéticos	1er Trimestre	2do Trimestre	3er Trimestre	4to Trimestre	Promedio
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	738.940	749.286	759.776	770.412	754.603
Evaluación recurrente	434.667	440.753	446.923	453.180	443.881
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	517.246	524.487	531.830	539.276	528.210
Evaluación recurrente	258.631	262.252	265.923	269.646	264.113
Renovación certificado Door Trainer	210.007	212.947	215.928	218.951	214.458
Renovación certificado Tobogán Trainer	172.978	175.400	177.855	180.345	176.645
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	307.759	312.068	316.437	320.867	314.283
Evaluación recurrente	153.883	156.037	158.222	160.437	157.145
Servicios	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	159.153	161.381	163.640	165.931	162.526



Valores 2028.

Entrenadores Sintéticos	1er Trimestre	2do Trimestre	3er Trimestre	4to Trimestre	Promedio
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	781.198	792.135	803.225	814.470	797.757
Evaluación recurrente	459.525	465.958	472.481	479.096	469.265
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	546.826	554.481	562.244	570.115	558.416
Evaluación recurrente	273.421	277.249	281.131	285.067	279.217
Renovación certificado Door Trainer	222.016	225.125	228.276	231.472	226.722
Renovación certificado Tobogán Trainer	182.870	185.430	188.026	190.659	186.746
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	325.359	329.914	334.533	339.216	332.255
Evaluación recurrente	162.683	164.960	167.270	169.612	166.131
Servicios	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	168.254	170.610	172.998	175.420	171.821

Valores 2029.

Entrenadores Sintéticos	1er Trimestre	2do Trimestre	3er Trimestre	4to Trimestre	Promedio
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	825.873	837.435	849.159	861.047	843.378
Evaluación recurrente	485.804	492.605	499.501	506.494	496.101
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	578.097	586.190	594.397	602.718	590.351
Evaluación recurrente	289.057	293.104	297.208	301.369	295.184
Renovación certificado Door Trainer	234.713	237.999	241.331	244.709	239.688
Renovación certificado Tobogán Trainer	193.328	196.035	198.779	201.562	197.426
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	343.965	348.781	353.664	358.615	351.256
Evaluación recurrente	171.986	174.394	176.836	179.311	175.632
Servicios	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	177.876	180.366	182.891	185.452	181.646



Valores 20230.

Entrenadores Sintéticos	1er Trimestre	2do Trimestre	3er Trimestre	4to Trimestre	Promedio
Simuladores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	873.102	885.325	897.720	910.288	891.609
Evaluación recurrente	513.585	520.775	528.066	535.459	524.472
Entrenadores de vuelo	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	611.157	619.713	628.389	637.186	624.111
Evaluación recurrente	305.588	309.866	314.204	318.603	312.065
Renovación certificado Door Trainer	248.135	251.609	255.132	258.704	253.395
Renovación certificado Tobogán Trainer	204.384	207.245	210.147	213.089	208.716
Dispositivos de entrenamiento de vuelo basado en el uso de computadores personales (PCTAD)	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Primera certificación	363.636	368.726	373.889	379.123	371.343
Evaluación recurrente	181.822	184.367	186.948	189.565	185.676
Servicios	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP	Valor \$ CLP
Actualización de lista de capacidad	188.048	190.681	193.350	196.057	192.034