Universitat Autònoma de Barcelona

Análisis estratégico y simulación de aeropuertos infrautilizados en España

Memoria del Trabajo Fin de Grado en Gestión Aeronáutica

realizado por

Iván Barajas Cabello

y dirigido por

Sergi Manzano Teixidó

Escuela de Ingeniería

Sabadell, junio de 2026

[El/La] abajo firmante, Sergi Manzano Teixidó director/a del Trabajo de Fin de Grado, profesor[/a] de la Escuela de Ingeniería de la UAB,

CERTIFICA:

Que el trabajo al que corresponde la presente memoria ha sido realizado bajo su dirección por

Iván Barajas Cabello

Y para que conste firma la presente en Sabadell, junio de 2026

MANZANO TEIXIDO SERGI - 46417091D

Digitally signed by MANZANO TEIXIDO SERGI - 46417091D
Date: 2026.06.25 10:20:34 +02'00'

Firmado: Sergi Manzano Teixidó

Título del trabajo de fin de grado: Análisis estratégico y simulación de aeropuertos infrautilizados en España	
Autor: Iván Barajas Cabello	**Fecha:** 20/06/2026
Tutor: Sergi Manzano Teixidó	
Titulación: Gestión aeronáutica	

Resumen del trabajo de fin de grado:
El presente trabajo se centra en el estudio del fenómeno de la infrautilización dentro de la red de aeropuertos españoles y en buscar diferentes estrategias que sean viables para su reorientación operativa.

Por ello, el objetivo consiste en desarrollar un análisis estratégico para esos aeropuertos y a su vez simular diferentes escenarios de especialización que se adapten a su entorno territorial, pretendiendo un análisis sobre las limitaciones de los modelos de aeropuerto tradicionales orientados a ser comerciales y plantear alternativas diferentes, pero a su vez que sean funcionales.

Para ello, se combinarán datos cuantitativos sobre indicadores operativos, económicos y estratégicos con el lenguaje de programación Python, que permitirá proyectar escenarios diferentes para cada aeropuerto seleccionado como caso de estudio.

Finalmente, tras todo el análisis de los diferentes aeropuertos españoles que se tratarán en este trabajo, se determinará su posible aplicabilidad en entornos reales de gestión aeroportuaria.

Índice de contenidos

Acrónimos **5**
Capítulo 1: Introducción **8**
1.1 Infrautilización en la red aeroportuaria española 8
1.2 Necesidad de especialización estratégica 9
1.3 Objetivos de la investigación 9
1.4 Justificación de la selección de casos de estudio 10
1.5 Enfoque metodológico general 12
Capítulo 2: Marco teórico **13**
2.1 Capacidad y eficiencia en infraestructuras aeroportuarias 13
2.2 Estrategias de reactivación aeroportuaria 15
2.3 Factores críticos de éxito 16
2.4 Herramientas de análisis 18
Capítulo 3: Metodología y simulación **20**
3.1 Enfoque del estudio 20
3.2 Fuente de datos 20
3.3 Indicadores de rendimiento 21
3.4 Diseño del modelo de simulación 23
3.5 Herramientas de simulación 25
3.6 Validación del modelo 25
Capítulo 4: Análisis de casos de estudio **27**
4.1 Aeropuerto de Castellón 27
4.1.1 Análisis DAFO 27
4.1.2 Análisis PESTEL 28
4.1.3 Modelo de las cinco fuerzas de Porter 29
4.1.4 Business Model Canvas 30
4.1.5 Diagnóstico 31
4.2 Aeropuerto de Andorra-La Seu 35
4.2.1 Análisis DAFO 35
4.2.2 Análisis PESTEL 36
4.2.3 Modelo de las cinco fuerzas de Porter 37
4.2.4 Business Model Canvas 38
4.2.5 Diagnóstico 39
4.3 Aeropuerto de Teruel 43
4.3.1 Análisis DAFO 43
4.3.2 Análisis PESTEL 44
4.3.3 Modelo de las cinco fuerzas de Porter 45
4.3.4 Business Model Canvas 46
4.3.5 Diagnóstico 47

Capítulo 5: Estrategias y simulación.....52
5.1 Simulación del aeropuerto de Castellón.....52
5.2 Simulación del aeropuerto de Andorra-La Seu.....53
5.3 Simulación del aeropuerto de Teruel.....54
Capítulo 6: Resultados y discusión.....55
6.1 Resultados por aeropuerto: análisis individual.....55
6.1.1 Aeropuerto de Castellón.....55
6.1.2 Aeropuerto de Andorra-La Seu.....57
6.1.3 Aeropuerto de Teruel.....59
6.2 Comparativa de estrategias: eficacia y replicabilidad.....61
6.3 Viabilidad técnica, operativa y económica.....62
6.4 Limitaciones e incertidumbre.....63
Capítulo 7: Conclusiones.....64
7.1 Conclusiones generales.....64
7.2 Conclusiones por aeropuertos individuales.....65
7.3 Implicaciones para la gestión aeroportuaria.....67
7.4 Líneas futuras de investigación.....68
Webgrafía/Bibliografía.....70
Anexos.....75
Anexo I: Código Python para el aeropuerto de Castellón.....75
Anexo II: Código Python para el aeropuerto de Andorra-La Seu.....77
Anexo III: Código Python para el aeropuerto de Teruel.....79

Acrónimos

AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
UE	Unión Europea
MRO	Mantenimiento, reparación y operaciones
KPI	Key Performance Indicator
RWY	Runway
TWY	Taxiway
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AIP	Publicación de Información Aeronáutica
ENAIRE	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
CAT	Categoría
RESA	Área de Seguridad de Extremo de Pista
PPR	Permiso Previo Requirido
NOTAM	Aviso a los Aviadores
IFR/VFR	Instrumental Flight Rules/Visual Flight Rules
AAM	Movilidad Aérea Avanzada
FBO	Operador de Base Fija
MTOW	Peso máximo de despegue
GPU	Unidad de Potencia en Tierra

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de la red aeroportuaria española..... 8
Figura 2: Mapa de localización de los tres aeropuertos..... 11
Figura 3: Niveles de servicio IATA..... 14
Figura 4: Esquema de estrategias de reactivación aeroportuaria..... 15
Figura 5: Mapa conceptual de las herramientas..... 19
Figura 6: Clasificación de los indicadores de rendimiento aeroportuario..... 22
Figura 7: Diagrama de flujo del modelo Monte Carlo..... 23
Figura 8: Esquema de validación..... 25
Figura 9: Mapa topográfico del aeropuerto de Castellón..... 31
Figura 10: Ramal propuesto Torreblanca-Aeropuerto..... 32
Figura 11: Perfil longitudinal del ramal.....33
Figura 12: Plano conceptual del aeropuerto de Andorra-La Seu..... 39
Figura 13: Gráfico circular del mix actual..... 40
Figura 14: Composición estimada de los ingresos generados por aviación ejecutiva.. 41
Figura 15: Plano conceptual de distribución de zonas..... 47
Figura 16: Beneficio acumulado - Castellón.....55
Figura 18: Beneficio medio anual - Castellón.....56
Figura 19: Beneficio acumulado - Andorra-La Seu..... 57
Figura 20: Beneficio medio anual - Andorra-La Seu..... 57
Figura 21: Evolución del mix de tráfico.....58
Figura 22: Beneficio acumulado - Teruel..... 59
Figura 23: Evolución de visitantes - Teruel.....59
Figura 24: Beneficio medio anual - Teruel..... 60
Figura 25: Comparativa de estrategias: eficacia y replicabilidad..... 61

Índice de Tablas

Tabla 1: Modelo comparativo de los tres aeropuertos.....10
Tabla 2: Tabla comparativa entre el lado aire y el lado tierra..... 13
Tabla 3: Factores críticos de éxito en aeropuertos con baja demanda..... 17
Tabla 4: Herramientas estratégicas aplicadas al análisis aeroportuario.....18
Tabla 5: Aeropuerto de Castellón - Análisis DAFO.....27
Tabla 6: Aeropuerto de Castellón - Análisis PESTEL.....28
Tabla 7: Aeropuerto de Castellón - Cinco fuerzas de Porter..... 29
Tabla 8: Aeropuerto de Castellón - Business Model Canvas..... 30
Tabla 9: Resumen del recorrido propuesto.....34
Tabla 10: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Análisis DAFO..... 35
Tabla 11: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Análisis PESTEL.....36
Tabla 12: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Cinco fuerzas de Porter.....37
Tabla 13: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Business Model Canvas..... 38
Tabla 14: Resumen económico tras cambio de demanda en Andorra-La Seu..... 42
Tabla 15: Aeropuerto de Teruel - Análisis DAFO.....43
Tabla 16: Aeropuerto de Teruel - Análisis PESTEL..... 44
Tabla 17: Aeropuerto de Teruel - Cinco fuerzas de Porter..... 45
Tabla 18: Aeropuerto de Teruel - Business Model Canvas.....46
Tabla 19: Distribución de zonas de ASET..... 48
Tabla 20: Comparativa entre museos aeronáuticos europeos..... 48
Tabla 21: Coste de inversión inicial para ASET.....50
Tabla 22: Costes operativos anuales de ASET..... 50
Tabla 23: Ingresos y beneficios del proyecto ASET..... 51
Tabla 24: Mix del tráfico anual - Andorra-La Seu..... 58
Tabla 25: Evaluación comparativa de viabilidad.....63
Tabla 26: Tabla resumen de conclusiones por aeropuerto.....65

Capítulo 1: Introducción

1.1 Infrautilización en la red aeroportuaria española

Actualmente, España cuenta con 46 aeropuertos de uso público gestionados por AENA dentro de una red nacional que supera las 50 infraestructuras aeroportuarias [1]. Esta red de aeropuertos en España ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, tanto por lo que respecta al número de infraestructuras como al flujo de pasajeros, lo que ha impactado en la capacidad operativa. Este incremento a escala nacional se explica no solo por el crecimiento del tráfico aéreo en todo el mundo, sino que también ha habido estrategias de desarrollo territorial y decisiones políticas que han impulsado que los aeropuertos españoles tengan por norma general una buena utilización.



Figura 1: Mapa de la red aeroportuaria española

Sin embargo, en España hay un problema significativo desde el punto de vista económico, operativo y territorial, el cual es la infrautilización aeroportuaria. Asimismo, mantener actualmente estas infraestructuras que están sobredimensionadas puede llevar a costes elevados de funcionamiento, mantenimiento y bajo aprovechamiento de una oportunidad, dejando así que se pueda cuestionar su sostenibilidad a largo plazo de todas aquellas infraestructuras. Por ese motivo, es especialmente necesario incidir en el papel de estos aeropuertos en el

transporte aéreo, explorando enfoques estratégicos alternativos que puedan ir más allá del modelo de aeropuerto tradicional de pasajeros.

1.2 Necesidad de especialización estratégica

El modelo tradicional, representado en grandes hubs como Madrid o Barcelona, está pensado principalmente para que concentre un tráfico de gente muy alto, un modelo difícil de replicar cuando la demanda no es suficiente en aquellas regiones más pequeñas del país; incluso, puede llegar a generar conflictos con aeropuertos cercanos y nos lleva a infraestructuras que no se usan a pleno rendimiento. Es importante destacar que esta tendencia es mucho más común de lo que parece; tanto es así que fue el propio Parlamento Europeo en 2012 el que habló sobre dejar de construir aeropuertos deficitarios, sugiriendo a las autoridades nacionales que supervisen la actividad de los mismos para evitar que se creen condiciones laborales pobres o posibles abusos comerciales [2]. En España, esto provoca que las áreas de influencia de algunos aeropuertos se solapen y compitan por los mismos viajeros, lo que provoca que el mercado se fragmente y, por ende, las economías de escala de cada aeropuerto bajen considerablemente.

Además, cabe mencionar que la propia UE estableció que los aeropuertos con menos de 100.000 pasajeros al año son completamente inviables porque no se llegan a cubrir los costes fijos [3]. En este contexto, hay que recurrir a la especialización funcional y adaptarse a las necesidades regionales; un buen ejemplo de esto es el aeropuerto de Zaragoza, que se especializó en carga aérea y actualmente es uno de los aeropuertos de carga más relevantes de toda España. No obstante, esta no es la única alternativa, ya que también se puede recurrir a centros MRO, escuelas de vuelo y diversas alternativas adicionales que se desarrollarán a lo largo del trabajo y que, por diversas razones, no se están aplicando en estos aeropuertos secundarios.

1.3 Objetivos de la investigación

El objetivo general del trabajo será evaluar si la especialización funcional aumenta la eficiencia y la viabilidad en aeropuertos de baja demanda aérea. Adicionalmente, los objetivos específicos se basarán en identificar los KPI operativos y económicos para medir la eficiencia y diagnosticar, mediante un análisis DAFO y PESTEL, los puntos fuertes y débiles de cada aeropuerto seleccionado, y simular y comparar el desempeño operacional y económico de cada aeropuerto en escenarios base de 10 años.

Como añadido, el estudio se articula en tres hipótesis principales:

- Hipótesis de eficiencia: La especialización mejora la relación coste/operación frente al modelo comercial tradicional.

- Hipótesis territorial: Los aeropuertos situados en zonas con menor densidad poblacional tienen mayor potencial de reconversión especializada.

- Hipótesis de simulación: Los escenarios simulados mostrarán diferencias en ingresos operativos y uso de capacidad.

1.4 Justificación de la selección de casos de estudio

La selección de los tres aeropuertos se ha buscado por la necesidad de comparar modelos de gestión totalmente diferentes, niveles de demanda muy dispares y grados diferentes de especialización funcional.

Aeropuerto	Tipo de gestión y uso	Situación económica	Relevancia para el estudio
Castellón (CDT)	Comercial, gestión autonómica.	Compleja, nunca ha tenido un balance positivo.	Ejemplo de aeropuerto comercial sobredimensionado que busca consolidar demanda.
Andorra-La Seu (LEU)	Comercial regional, gestión autonómica.	Demanda muy reducida.	Caso de aeropuerto con grandes limitaciones geográficas y mercado restringido.
Teruel (TEV)	Industrial, consorcio público.	Dependencia de subvenciones.	Modelo de especialización industrial consolidada.

Tabla 1: Modelo comparativo de los tres aeropuertos

Castellón: un aeropuerto comercial sobredimensionado

El aeropuerto de Castellón representa un caso de infraestructura concebida para un volumen de pasajeros que nunca ha llegado a materializarse. Fue inaugurado en 2011, aunque, debido a la falta de licencia operativa, no llegó a operar con pasajeros hasta el año 2015. El coste de construcción del aeropuerto fue de 158 millones de euros, el doble de lo que se tenía previsto inicialmente, y jamás ha tenido un balance positivo; de hecho, según las últimas auditorías publicadas, en el año 2023, aun teniendo 283.259 pasajeros, registró pérdidas de 10 millones de euros. Además, los años que menos pérdidas tuvo fueron en 2013 y 2014, cuando el aeropuerto no operaba, y desde que opera no ha bajado de los 5 millones de euros en pérdidas anuales [4].

Andorra–La Seu: un aeropuerto condicionado por el territorio

El segundo caso de estudio es el aeropuerto de Andorra-La Seu; un aeropuerto con una oferta comercial que se basa en dos rutas operadas por Air Nostrum, con dos frecuencias semanales a Madrid y otras dos a Palma de Mallorca [5]. En cuanto a demanda, su récord se hizo en 2025 con 19.160 pasajeros en total, pero a nivel operativo, también es utilizado por aeronaves de emergencias y lucha contra incendios [6]. Como añadido, cuenta con un bus gratuito que conecta directamente con Andorra, aunque, pese a circular por la N-260, no realiza paradas en la ciudad y limita el crecimiento de la zona debido a que es un autobús operado exclusivamente por el gobierno andorrano [7].

Teruel: un modelo industrial referente

El aeropuerto de Teruel es un ejemplo de especialización funcional, centrado en actividades MRO, almacenamiento y reciclaje de aeronaves. A pesar de ello, operativamente por sí mismo tiene pérdidas y depende de subvenciones para generar ganancias [8], por ello y a pesar de ser considerado para muchas personas un éxito, aún no explota plenamente todo su potencial.



Figura 2: Mapa de localización de los tres aeropuertos

1.5 Enfoque metodológico general

Para evaluar el impacto de las estrategias que se definan, se usará una simulación cuantitativa apoyada en indicadores económicos y operativos para comprobar la mejora de eficiencia en aeropuertos de baja demanda; para ello, se parte de una definición operativa de infrautilización aeroportuaria entendida como operar por debajo del 40%-50% de la capacidad anual máxima.

El horizonte temporal de 10 años se justifica por coincidir con los ciclos de planificación aeroportuaria y permitir capturar tendencias sin aumentar la incertidumbre. Por este motivo, emplear una simulación en lenguaje Python usando Monte Carlo es ideal, ya que permite que en aeropuertos con alta variabilidad se generen distribuciones probabilísticas en lugar de resultados con valores predeterminados.

Pese a que en cada aeropuerto los KPIs seleccionados serán diferentes, por norma general las variables aleatorias son la demanda anual, los movimientos, los ingresos operativos, los costes variables y la utilización de capacidad, las cuales se parametrizan mediante datos históricos y rangos observados en aeropuertos comparables.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1 Capacidad y eficiencia en infraestructuras aeroportuarias

La capacidad aeroportuaria es el volumen máximo de operaciones o pasajeros que una infraestructura puede soportar sin generar riesgos y asegurando unos mínimos en materia de seguridad, demora y de la calidad del servicio. Este cálculo es un valor variable según las normativas y sus restricciones, el propio diseño físico de la infraestructura y la organización operativa, por lo que este volumen máximo de operaciones puede variar a lo largo del tiempo y está condicionado en gran medida por la capacidad y el equilibrio entre el lado aire y el lado tierra.

Elemento	Lado aire	Lado tierra
Componentes	Pistas (RWY), rodaje (TWY), plataforma (Apron)	Terminal, filtros, recogida, equipajes, accesos
Unidad de medida	Movimientos/hora	Niveles de servicio (LoS)
Indicador crítico	Capacidad de pista	Nivel C de IATA como estándar

Tabla 2: Tabla comparativa entre el lado aire y el lado tierra

- Lado aire: La capacidad de este lado es completamente variable, principalmente porque los factores que afectan a su capacidad son la configuración de pistas, la separación mínima entre aeronaves, el tipo de operación, las condiciones meteorológicas y los procedimientos ATC [9]. La combinación de todo lo anterior determina la cantidad máxima de aviones permitidos en el entorno aeroportuario dentro de un intervalo de tiempo en específico.

- Lado tierra: A modo de referencia, se utilizan los niveles de servicio (LoS) que vienen definidos en el "Airport Development Reference Manual" de IATA. Son niveles de servicio que evalúan diferentes partes del lado tierra, clasificándolos en 5 grados de servicio, desde la A hasta la F, siendo la A un nivel óptimo con exceso de espacio, comodidad excelente, sin esperas y máxima eficiencia, hasta la F, que significa un nivel inaceptable donde hay saturación total, largas esperas y mala experiencia al usuario. Algunos indicadores clave son el espacio disponible por pasajero, el tiempo en

controles de seguridad, el tiempo de entrega de equipajes y el flujo en pasaportes y accesos [10].



Figura 3: Niveles de servicio IATA

Además de los condicionantes físicos, existe una capacidad regulatoria que no solo viene dada por normativas locales, sino que también está impuesta por autoridades aeronáuticas como OACI, EASA o AESA, medioambientales o de tráfico aéreo. Una forma de aplicar estas regulaciones regulatorias es mediante la restricción de franjas horarias con slots, límites de ruido o cierres nocturnos. En paralelo, la capacidad económica es la medida por la que se calcula una utilización llamada “break-even”, a partir de la cual esa infraestructura puede ser rentable y cubrir sus costes fijos y operativos, y estar por debajo de ese umbral significa tener pérdidas [11].

Finalmente, cabe recalcar que se considera que una infraestructura está infrautilizada cuando el nivel real del tráfico está significativamente por debajo de la capacidad disponible, que mayoritariamente se debe a fallos en la previsión de la demanda y predicciones demasiado optimistas durante su planificación.

2.2 Estrategias de reactivación aeroportuaria

En aeropuertos de baja demanda, las estrategias de reactivación surgen para reposicionar la propia infraestructura y darle un uso significativamente más rentable en comparación con el modelo tradicional de transporte de pasajeros. Esto implica aprovechar las oportunidades que brinda el aeropuerto en cuanto a localización, disponibilidad de suelo para nuevas infraestructuras o costes operativos, siendo estas las alternativas más habituales:

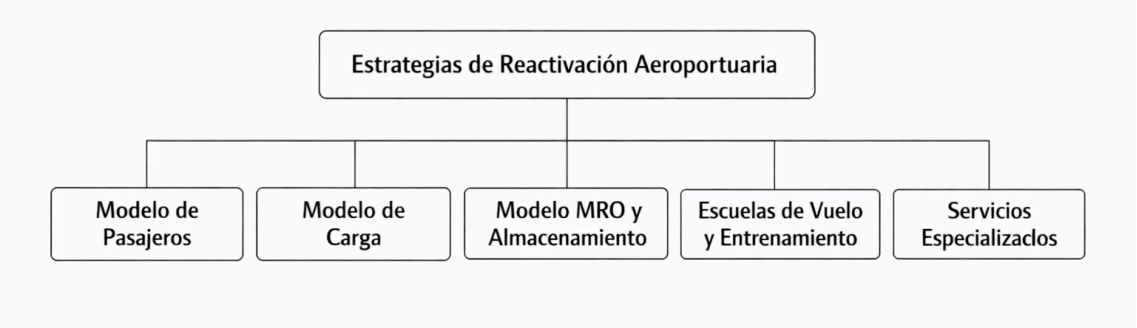

Figura 4: Esquema de estrategias de reactivación aeroportuaria

- Modelo de pasajeros: Este modelo consiste en una estrategia de reactivación orientada al transporte de pasajeros, la cual intenta captar demanda mediante un ajuste en la red y, en ocasiones, acuerdos con aerolíneas. En este enfoque, el objetivo es posicionarse como aeropuerto base para aerolíneas de bajo coste en ciudades de menor tamaño, explorar nichos turísticos de temporada o actuar como alternativa a aeropuertos congestionados cercanos. Un ejemplo representativo es Volotea, cuya red punto a punto conecta aeropuertos medianos y pequeños en Europa, aumentando la rotación de vuelos y reduciendo los niveles de infrautilización.

- Modelo de carga aérea: En este enfoque, el aeropuerto se especializa en transporte de mercancías, independientemente del tráfico de pasajeros. Normalmente, este tipo de aeropuertos suele funcionar como nodo logístico multimodal, una práctica común en Europa, aunque todavía poco desarrollada en España, que consiste en conectar la terminal de carga con tren de mercancías o el puerto. Por ejemplo, el aeropuerto de Lieja, ubicado en Bélgica, es un referente a nivel europeo, combinando operaciones de carga internacional con conexiones ferroviarias directas que facilitan la distribución de mercancías por Europa [12].

- Modelo MRO y almacenamiento: Este modelo aprovecha aeropuertos con amplias infraestructuras y baja demanda turística para instalar centros de mantenimiento aeronáutico. Un ejemplo de ello es el aeropuerto de Tarbes-Lourdes-Pyrénées, situado en Francia, el cual alberga un centro MRO que genera empleo de personal cualificado y tiene una actividad económica estable que se combina bien con el bajo volumen de tráfico de pasajeros que tiene el aeropuerto [13]. Además, en muchas ocasiones, esta actividad, al contar con tanta plataforma disponible, suele combinarse con el almacenamiento de aeronaves a largo plazo.

- Modelo de escuelas de vuelo y entrenamiento: Consiste en transformar el aeropuerto en un centro de formación para pilotos y personal aeronáutico, provocando un mayor número de movimientos de aeronaves ligeras. Por ejemplo, el aeropuerto municipal de Cascais, situado cerca de Lisboa, ha adaptado sus instalaciones para albergar escuelas de formación aeronáutica en un entorno menos congestionado en comparación con el aeropuerto principal de la ciudad [14].

- Modelo de servicios especializados: Algunos aeropuertos se dedican exclusivamente a operaciones específicas como lucha contra incendios, aviación médica o vuelos chárter, contribuyendo a una funcionalidad regional sin necesidad de depender del tráfico regular de pasajeros. Un buen ejemplo de ello es el aeropuerto de Rotorua, en Nueva Zelanda, un aeropuerto que combina vuelos de emergencia médica con vuelos chárter turísticos hacia zonas más remotas del país, enriqueciendo la región con un aeropuerto estable a pesar del reducido volumen de pasajeros [15].

2.3 Factores críticos de éxito

En aquellos aeropuertos con bajo volumen de pasajeros existen factores que requieren una mayor importancia, ya que su supervivencia está ligada a la capacidad de especializarse y encontrar un nicho operativo que evite que la infraestructura sea considerada un proyecto fallido.

En cuanto a estos aeropuertos secundarios, hay que plantearse qué actividades realmente aportan valor a su territorio, es crucial comprender que no se puede competir con grandes hubs en términos de conectividad y frecuencias, por lo que identificar sus necesidades es necesario para hacer crecer un buen proyecto.

Factor	¿Qué implica?	¿Por qué es crítico?
Localización geográfica	Proximidad a ciudades, zonas industriales o áreas turísticas	Determina la demanda potencial y las oportunidades de especialización
Conectividad terrestre	Accesos por carretera, transporte público y conexiones multimodales	Amplía el área de influencia y condiciona la competitividad
Apoyo político e institucional	Financiación, incentivos, promoción y gestión pública	Puede sostener aeropuertos que no alcanzan rentabilidad comercial

Tabla 3: Factores críticos de éxito en aeropuertos con baja demanda

Localización geográfica: Es un factor determinante, debido a que condiciona en gran medida la demanda potencial y el tipo de actividad que pueda desarrollarse. Habitualmente, los aeropuertos situados cerca de zonas industriales basan su actividad en carga o mantenimiento, mientras que los que se ubican en regiones turísticas tienden a atraer vuelos chárter o estacionales. Además, construir una infraestructura de esta escala depende en gran medida de la disponibilidad de suelo; por ello, muchos aeropuertos secundarios presentan mayor capacidad de expansión, mientras que los grandes hubs suelen estar limitados por el entorno urbano [16].

Conectividad terrestre: En este factor, incluso una infraestructura aeroportuaria bien diseñada puede quedar infrautilizada si carece de accesos adecuados, tanto por carretera como por transporte público. Asimismo, cabe recalcar que en aquellos aeropuertos dedicados a carga aérea es todavía más influyente este factor, donde la conexión multimodal con otros modos de transporte mejora las cadenas de suministro y aumenta el atractivo del aeropuerto como nodo de distribución [17].

Político e institucional: Por último, este factor condiciona la evolución de los aeropuertos debido a que son los que otorgan financiación pública, incentivos a aerolíneas y los programas de promoción para garantizar la continuidad de aeropuertos que, desde un punto de vista estrictamente comercial, tendrían dificultades para ser rentables. Cabe destacar que la dependencia de decisiones políticas hace que su desarrollo esté ligado a las prioridades económicas y territoriales de cada administración [18].

2.4 Herramientas de análisis

El análisis estratégico en el entorno aeroportuario nos permite evaluar la posición competitiva de la propia infraestructura en su propio entorno económico, institucional y operativo. Gracias a ello, se pueden identificar riesgos, detectar oportunidades y estudiar diferentes estrategias de especialización para adaptarse a entornos dinámicos y competitivos.

Herramienta	¿Qué analiza?	Utilidad principal
DAFO	Factores internos y externos	Diagnóstico estratégico inicial
PESTEL	Macroentorno político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal	Anticipación de tendencias externas
Cinco fuerzas de Porter	Competencia y presión del mercado	Evaluación de rentabilidad y rivalidad sectorial
Business Model Canvas	Infraestructura, oferta, clientes y finanzas	Diseño visual del modelo de negocio
Simulación Monte Carlo	Incertidumbre y variabilidad	Análisis cuantitativo de riesgos

Tabla 4: Herramientas estratégicas aplicadas al análisis aeroportuario

- **Análisis DAFO:** Permite identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas; resultando ser una herramienta muy útil cuando se busca un análisis completo de los recursos y capacidades para estudiar el mercado y sus tendencias. Por otro lado, aunque es útil para estructurar ideas, usar por sí sola esta herramienta no es recomendable, ya que tiene cierto carácter cualitativo que introduce cierto grado de subjetividad [19].

- **Análisis PESTEL:** Complementa al DAFO al estudiar el macroentorno, por lo que se tienen en cuenta factores como cambios regulatorios, evolución económica o avances tecnológicos que pueden alterar la estrategia aeroportuaria, por lo que su utilidad viene de la capacidad para anticiparse a los escenarios [20].

- **Cinco fuerzas de Porter:** Evalúa la presión competitiva del sector, analizando el poder de negociación de clientes y proveedores, la amenaza de sustitutivos, la entrada de nuevos competidores y la rivalidad ya existente. Para el entorno aeronáutico es de gran importancia un buen análisis de todas las fuerzas para valorar la rentabilidad potencial a largo plazo [21].

- **Business Model Canvas:** Facilita la representación visual del modelo de negocio del aeropuerto, organizando elementos clave en cuatro áreas: infraestructura, oferta, clientes y finanzas. Del mismo modo, su formato permite identificar relaciones entre actividades internas (red de socios, actividades clave, recursos clave y estructura de costos) y segmentos de mercado (propuesta de valor, canales, relación con los clientes y fuente de ingresos) [22].

- **Simulación Monte Carlo:** Para cualquier proyecto aeroportuario, es indispensable que, debido a su alta incertidumbre y las inversiones millonarias, se realice una simulación adecuada tras su investigación teórica. En el caso de las simulaciones Monte Carlo, se generan miles de escenarios variando las variables de entrada según distribuciones de probabilidad, lo cual permite estimar riesgos y tomar decisiones adecuadas bajo incertidumbre [23].

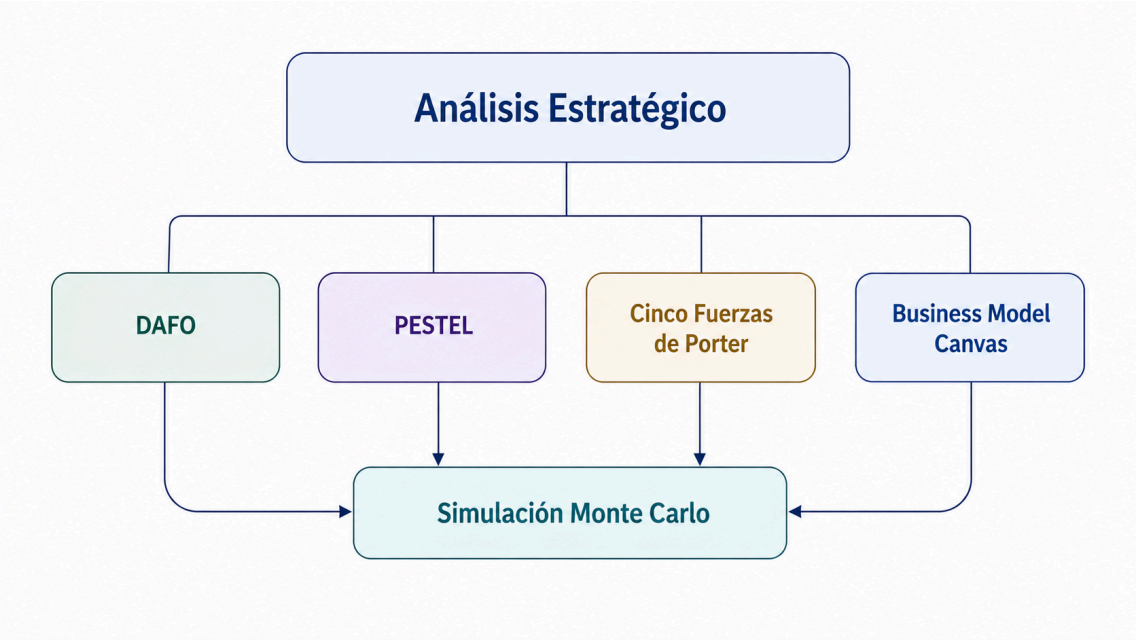

Figura 5: Mapa conceptual de las herramientas

Capítulo 3: Metodología y simulación

3.1 Enfoque del estudio

Este trabajo adopta un enfoque metodológico evaluativo basado en el análisis comparado de casos de estudio, con el objetivo final de evaluar la especialización funcional como estrategia futura a seguir para mejorar la eficiencia y la viabilidad en aeropuertos de baja demanda dentro de un mismo contexto nacional. Desde un punto de vista metodológico, la investigación se estructura como un estudio de caso múltiple, donde se centra en tres infraestructuras completamente diferentes a nivel de características operativas y estrategias diferenciadas: el aeropuerto de Castellón, el aeropuerto de Andorra-La Seu d'Urgell y el aeropuerto de Teruel.

El análisis se hará en dos niveles diferentes:

Primer nivel - Diagnóstico individual: Donde se analizarán las características operativas, económicas y territoriales de cada aeropuerto con las herramientas de análisis, con el fin de identificar su funcionamiento actual, sus limitaciones y su potencial de desarrollo.

Segundo nivel - Simulación de escenarios: En este nivel se construye un modelo específico para cada aeropuerto y se incorporarán datos relativos al tráfico aéreo, uso de la infraestructura, costes operativos e ingresos potenciales. De esta manera se podrá estimar el impacto de las estrategias de especialización para cada aeropuerto, teniendo en cuenta las restricciones que derivan de su ubicación, el entorno y los condicionantes operativos.

3.2 Fuente de datos

Para desarrollar el análisis, se requieren fuentes de datos de información primaria y secundaria, las cuales se extraerán de organismos oficiales del sector aeronáutico y documentación técnica que habla sobre gestión aeroportuaria, con el principal objetivo de garantizar una base de información sólida, precisa y realista con la realidad operativa de cada infraestructura.

Fuentes primarias

La información primaria provendrá del AIP de cada aeropuerto, que, al tratarse de aeropuertos españoles, esta información se emite por parte de ENAIRE. Esta documentación es una referencia oficial utilizada por pilotos, operadores y gestores aeroportuarios, ya que incluye a todo detalle información esencial sobre el aeródromo, su espacio aéreo y procedimientos operativos [24], por ejemplo:

- Longitud, anchura y orientación de las pistas.
- Calles de rodaje y plataforma.
- Servicios aeroportuarios disponibles.
- Horarios operativos.
- Limitaciones técnicas y regulatorias.

Fuentes secundarias

Estas fuentes incluyen informes estadísticos, documentación institucional y bases de datos del sector aeronáutico, lo que permite complementar el diagnóstico y alimentar el modelo de simulación con datos fiables y representativos. Las más destacadas son:

- Estadísticas de tráfico publicadas por AENA
- Documentación técnica de IATA sobre niveles de servicio
- Estándares y recomendaciones de OACI

3.3 Indicadores de rendimiento

Para valorar el desempeño individual de cada aeropuerto, se establecen diferentes indicadores de rendimiento para poder medir de forma cuantitativa su funcionamiento y poder comparar su evolución a lo largo de un periodo de tiempo y facilitar la toma de decisiones y, dentro del mundo aeroportuario, se suelen agrupar en diferentes grupos para conocer qué tipo de indicadores tener en cuenta.



Figura 6: Clasificación de los indicadores de rendimiento aeroportuario

1. Indicadores operativos: Miden el nivel de actividad y el grado de utilización de la infraestructura. Es muy común utilizarlos cuando se pretende conocer la capacidad que tiene y detectar las situaciones de infrautilización [25]; por ejemplo, se suele calcular el número anual de movimientos de aeronaves, pasajeros anuales, toneladas de carga transportada, el número de destinos disponibles y el nivel de uso de las pistas.

2. Indicadores económicos: Evalúan la sostenibilidad financiera del aeropuerto y conocer su capacidad para generar ingresos y cubrir sus costes de operación [25]. Para medirlo, se utiliza el ingreso anual obtenido, el resultado anual, ingresos por pasajero, el coste operativo por movimiento y el coste por pasajero.

3. Indicadores estratégicos: Analizan el posicionamiento del aeropuerto dentro de un contexto territorial y su posible capacidad para desarrollar nuevas actividades logísticas o aeronáuticas [25]. Los indicadores comunes son el número de aerolíneas que operan en el aeropuerto, la diversificación de actividades aeronáuticas, su integración en redes logísticas o industriales y la conectividad aérea con destinos y frecuencias.

4. Indicadores de resiliencia: Miden la capacidad que tiene el aeropuerto para adaptarse a cambios en el entorno económico o en la demanda. Para ello, algunos indicadores usados son el conocer la diversificación de la fuente de ingresos, la

estabilidad del tráfico aéreo a lo largo del tiempo y la capacidad de adaptación que tiene para poder adaptarse a nuevos usos [26].

5. Indicadores de dependencia externa: Analizan el grado de dependencia de factores externos que pueden condicionar la viabilidad del aeropuerto [27], por ejemplo, su dependencia de subvenciones públicas, la concentración del tráfico en una sola aerolínea, dependencia de que la demanda turística sea estacional y la dependencia de todas aquellas decisiones institucionales que provoquen límites legales.

3.4 Diseño del modelo de simulación

El objetivo del modelo de simulación es poder representar de manera simplificada el funcionamiento operativo y económico de cada uno de los aeropuertos que se han seleccionado como casos de estudio, de manera que se pueda evaluar el impacto de cada una de las estrategias que se escojan de manera individual. Para lograrlo, se usarán variables operativas, económicas y estratégicas que permitan reproducir el comportamiento del aeropuerto en diferentes escenarios durante esos 10 años. El enfoque se basa en una simulación estocástica mediante el modelo Monte Carlo, por lo que se introducirán variables como distribuciones de probabilidad para reflejar la incertidumbre asociada a cada una de ellas.

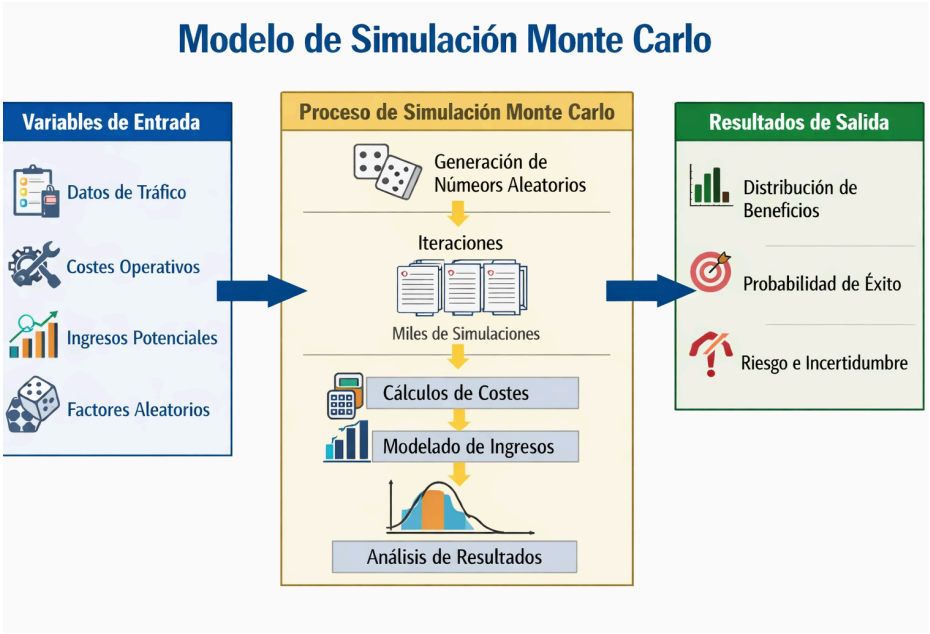

Figura 7: Diagrama de flujo del modelo Monte Carlo

Variables de entrada

El modelo busca alimentarse de un conjunto de parámetros que describan los favores que condicionen el funcionamiento actual del aeropuerto. Entre ellos, se incluirán la demanda de tráfico aéreo, ya sea expresada en pasajeros, movimientos o carga, la capacidad operativa disponible y las limitaciones. A su vez, se considerarán los costes de operación asociados al mantenimiento, al personal y a las actividades variables, así como los ingresos que procedan de tasas aeroportuarias, actividades comerciales o alquiler de instalaciones y otros servicios. Para finalizar, también se tendrán en cuenta elementos estratégicos que estén vinculados al tipo de especialización analizada y factores externos como el crecimiento regional de demanda, evolución del turismo o cambios regulatorios.

Variables de salida

A partir de estas entradas, el modelo generará resultados que permitan evaluar la viabilidad de cada infraestructura en diferentes escenarios. Para asegurar tener un modelo robusto, los indicadores que se usarán serán del nivel de utilización de la infraestructura, el número anual de operaciones y pasajeros, el volumen de carga transportada, los ingresos totales y el resultado económico anual. De la misma manera, cuando sea conveniente, también se calcularán métricas de eficiencia como los ingresos por movimiento o los costes por pasajero, algo que facilita la comparación entre escenarios y que permite identificar estrategias más favorables.

Supuestos del modelo

El sistema que se desarrolle se basará en una serie de supuestos que permiten simplificar toda la complejidad que tiene un sistema aeroportuario real. Algunos supuestos son que la infraestructura aeroportuaria se mantiene constante durante el horizonte temporal analizado, los costes fijos de operación se mantienen relativamente estables a lo largo de la simulación, la demanda del tráfico aéreo puede modelizarse mediante distribuciones probabilísticas basadas en datos históricos o estimaciones del sector y que las estrategias de especialización influyen principalmente en el volumen de actividad y en las fuentes de ingresos del aeropuerto.

Restricciones aplicadas

Para garantizar la coherencia, el modelo también incorporará algunas restricciones que reflejan los límites físicos y regulatorios del sistema aeroportuario y que se añadirán con tal de que sean escenarios realistas; por ejemplo, hay restricciones de limitaciones de capacidad en pista y plataforma que limitan el número máximo de operaciones,

restricciones regulatorias como horarios operativos, limitaciones geográficas o de infraestructura que se tendrán en cuenta para aquellos que estén situados en entornos complejos y condicionantes económicos como la necesidad de cubrir costes mínimos de operación.

3.5 Herramientas de simulación

Para desarrollar este modelo de simulación, se trabajará con el lenguaje de programación Python porque es muy adaptable en cuanto a análisis de datos, modelización matemática y en simular sistemas complejos. En primer lugar, Python permite mucha flexibilidad en la construcción de modelos personalizados, algo útil en este estudio, donde cada aeropuerto presenta características operativas diferentes que requieren ajustes específicos del modelo.

En segundo lugar, este lenguaje también dispone de un gran número de librerías especializadas que facilitan el análisis cuantitativo; para estos programas se tendrán en cuenta las siguientes librerías:

- **NumPy:** encargada de realizar cálculos numéricos y operaciones eficientes.
- **Pandas:** empleada para gestionar y analizar bases de datos.
- **Matplotlib y Seaborn**: Las cuales se utilizan para representar resultados gráficamente.
- **SciPy:** Empleada para análisis estadístico y uso de distribuciones de probabilidad.
- **SimPy:** La cual permite modelizar procesos y eventos en sistemas complejos.

Para finalizar, cabe recalcar que el propio Python facilita que se implementen simulaciones Monte Carlo, ya que permiten ejecutar miles de iteraciones del modelo con variaciones aleatorias en las variables que se definan de entrada, lo cual aporta mayor credibilidad al enfoque del programa que se necesita crear.

3.6 Validación del modelo

Con tal de garantizar que los resultados obtenidos de la simulación sean coherentes y representativos con el comportamiento real de un sistema aeroportuario, se seguirán algunos procedimientos con tal de garantizar que es un modelo válido.

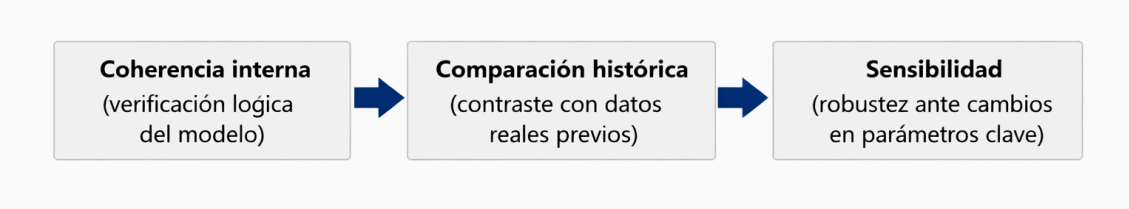

Figura 8: Esquema de validación

Primer paso - Coherencia interna: Este paso consiste en asegurar que la estructura lógica del código sea consistente y las relaciones entre las variables también sean coherentes con el funcionamiento real de un aeropuerto. Para comprobarlo, se revisarán aspectos como la consistencia entre la capacidad operativa y el número de operaciones simuladas, la relación entre el volumen del tráfico y los ingresos generados y la coherencia entre los costes operativos y el nivel de actividad del aeropuerto.

Segundo paso - Comparación histórica: En este apartado se comparan los resultados obtenidos en el escenario con datos históricos que estén disponibles sobre cada aeropuerto en concreto. Esto se logrará en el caso de que se verifique si el modelo reproduce de manera razonable indicadores como el número de operaciones o cualquier variable cuantitativa que se pretenda obtener. En el caso de que se aproximen a valores observados históricamente, se considera que el modelo tiene un buen nivel de representatividad.

Tercer paso - Sensibilidad: Finalmente, se evalúa cómo afectan los cambios en determinadas variables de entrada a los resultados del modelo, lo que permite conocer qué factores tienen mayor influencia sobre la viabilidad del aeropuerto, por ejemplo, las variaciones en la demanda del tráfico aéreo, cambios en costes o modificaciones en ingresos. En aeropuertos es importante llevar a cabo este análisis de sensibilidad porque pequeñas variaciones en alguna variable pueden ocasionar impactos significativos en los resultados económicos.

Capítulo 4: Análisis de casos de estudio

4.1 Aeropuerto de Castellón

4.1.1 Análisis DAFO

Fortalezas	Debilidades
- Infraestructura moderna con pista de 2.700 metros, categoría 4D y aproximación CAT I. - Buena ubicación en zona turística del mar Mediterráneo. - Apoyo institucional de la Generalitat Valenciana en colaboración con Aerocas para convenios turísticos. - Capacidad para operar con aeronaves de medio radio.	- Volumen de tráfico bajo y dependencia de un número reducido de aerolíneas. - Horario operativo limitado, cierre de 22:00 a 6:00. - Dependencia significativa de financiación pública mediante subvenciones. - Lejano de la ciudad de Castellón (30 km) y escasas opciones de transporte hacia el aeropuerto.
Oportunidades	**Amenazas**
- Crecimiento de demanda turística en la Comunidad Valenciana (gasto extranjero récord de 15.000 millones en 2025). - Incentivos a aerolíneas (bonos estatales y promoción conjunta). - Diversificación de ingresos con carga e industria. - Apertura de nuevas rutas regulares en el mercado europeo.	- Competencia con aeropuertos de AENA cercanos (como el aeropuerto de Valencia, que obtuvo 11,8 millones de pasajeros en 2025). - Fluctuaciones económicas que afecten al turismo. - Alta concentración de aerolíneas (riesgo de cancelación de rutas clave) - Mala reputación histórica que podría afectar su imagen.

Tabla 5: Aeropuerto de Castellón - Análisis DAFO

El análisis muestra que el aeropuerto tiene buenas fortalezas en cuanto a infraestructura y ubicación y puede ser la puerta de entrada del turismo a Castellón; sin embargo, su principal debilidad es su escasa demanda, que obliga a dar incentivos a las aerolíneas. Por otro lado, aunque suponga un atractivo turístico importante, otros aeropuertos cercanos y mejor conectados suponen una gran amenaza.

4.1.2 Análisis PESTEL

Político	El aeropuerto es gestionado por la Generalitat Valenciana a través de la empresa pública Aerocas, lo que obliga a una fuerte implicación institucional en su desarrollo, y esta gestión genera debate por no pertenecer a la red estatal de AENA. Desde el ámbito político, existen políticas públicas que apoyan aeropuertos regionales mediante incentivos y reducción de tasas aeroportuarias para infraestructuras con menos de tres millones de pasajeros anuales.
Económico	Tras la pandemia, tanto la demanda de turismo hacia la Comunidad Valenciana como la recuperación del tráfico aéreo favorecen atraer más pasajeros. No obstante, el aeropuerto tiene una fuerte competencia con otros aeropuertos con un atractivo turístico similar, el cual es un destino costero, y alta sensibilidad frente a crisis económicas o subidas del precio de combustible.
Social	A pesar de la polémica y tensión local sobre la viabilidad del aeropuerto, la población local también demanda una mayor conectividad aérea para facilitar desplazamientos nacionales e internacionales, donde de este último hay mucha demanda por parte de países europeos y del Reino Unido.
Tecnológico	El aeropuerto dispone de sistemas modernos de navegación aérea con aproximaciones ILS y RNAV que permiten operar en condiciones meteorológicas adversas.
Ecológico	A pesar de las normativas europeas y españolas en cuanto a eficiencia energética y reducción de emisiones, el aeropuerto cuenta con instalaciones de iluminación LED y condiciones climáticas favorables que facilitan operaciones sin sistema de deshielo.
Legal	Opera bajo normativa de aviación civil española y europea, cuenta con certificación AESA conforme a los estándares de OACI y EASA y bajo supervisión de la CNMC para garantizar que cumple con la normativa de competencia.

Tabla 6: Aeropuerto de Castellón - Análisis PESTEL

En cuanto al análisis PESTEL, este aeropuerto presenta características favorables, principalmente impulsadas por el incremento del turismo y el ritmo creciente del sector. Además, aunque hay una gran incertidumbre política y económica, las oportunidades tecnológicas y ecológicas favorecen su desarrollo si se aprovechan correctamente.

4.1.3 Modelo de las cinco fuerzas de Porter

Poder de negociación de los clientes	Alto: Las aerolíneas de bajo coste tienen gran capacidad de negociación y pueden elegir operar en Castellón si ofrece mejores condiciones económicas.
Poder de negociación de los proveedores	Medio: Proveedores como empresas de combustible o servicios de navegación aérea tienen influencia limitada.
Amenaza de productos/servicios sustitutos	Medio: El transporte, como el tren o el coche, podría sustituir algunos desplazamientos, especialmente en el ámbito nacional.
Amenaza de nuevos competidores	Bajo: Ya que la construcción de nuevos aeropuertos requiere grandes inversiones y autorizaciones y no hay planes futuros de construir aeropuertos en esa zona.
Rivalidad entre competidores actuales	Alto: Porque compite con aeropuertos como Valencia o Alicante, que ofrecen mayor número de rutas y conexiones internacionales.

Tabla 7: Aeropuerto de Castellón - Cinco fuerzas de Porter

El análisis muestra un entorno competitivo algo complicado, especialmente considerando que tiene una alta rivalidad competitiva por tener varios aeropuertos próximos que ofrecen mejores conexiones. Asimismo, aunque sí bien es cierto que existen otros métodos de transporte como el tren o el coche, estos solo podrían ser competitivos en rutas nacionales y limitarían una posible ruta aérea con Barcelona o Madrid, las cuales son dos ciudades que tienen una gran demanda, pero la ubicación del aeropuerto y la existencia de otros modos de transporte más accesibles no permitirían que fueran rutas rentables. Por eso mismo, la estrategia competitiva a seguir por parte del aeropuerto se basa en ofrecer costes operativos reducidos con tal de que todas las aerolíneas de bajo coste se interesen en operar allí.

4.1.4 Business Model Canvas

Segmentos de clientes	Aerolíneas comerciales, pasajeros y turistas que buscan destinos costeros, empresas aeronáuticas, aeroespaciales, logísticas y startups tecnológicas.
Propuesta de valor	Infraestructura moderna con capacidad disponible y bajos costes operativos, buen turismo a Castellón y Costa Azahar y plataforma para innovación aeroespacial y tecnológica.
Canales	Plataformas de reserva de vuelos online, campañas de promoción turística, participación en ferias del sector aeronáutico y turístico y programas de captación de rutas.
Relación con clientes	Incentivos económicos a aerolíneas para abrir rutas, contratos y concesiones con empresas aeronáuticas, servicios al pasajero en el aeropuerto y programas de incubación y apoyo a startups.
Fuentes de ingresos	De ingresos aeronáuticos están las tasas de aterrizaje, estacionamiento y tarifas por pasajero. Mientras que en los no aeronáuticos están el parking, alquiler de espacios comerciales e instalaciones para empresas, concesiones de restauración y alquiler de coches.
Recursos clave	La infraestructura aeroportuaria (pista, terminal, torre de control), el apoyo institucional de la Generalitat Valenciana y el ecosistema empresarial que se está desarrollando alrededor del aeropuerto.
Actividades clave	Gestión operativa del aeropuerto, mantenimiento de instalaciones y captación de rutas.
Socios clave	La Generalitat Valenciana, aerolíneas, operadores turísticos y hoteles y la Agencia Espacial Europea con los programas de incubación de empresas.
Estructura de costes	Operación y mantenimiento, seguridad y control aéreo, personal y administración, marketing, inversiones en infraestructura e incentivos a aerolíneas para abrir rutas.

Tabla 8: Aeropuerto de Castellón - Business Model Canvas

4.1.5 Diagnóstico

Tras el análisis presentado anteriormente, se puede concluir que el aeropuerto de Castellón tiene un alto potencial turístico, especialmente para todos aquellos visitantes que estén buscando un destino costero con clima favorable. Sin embargo, su ubicación no es óptima y la oferta de transporte público es limitada, ya que únicamente dispone de dos líneas de autobús, una que sale de Valencia y otra que sale de Castellón, obligando a los habitantes de poblaciones cercanas a llegar por medios propios, mediante coche o taxi.

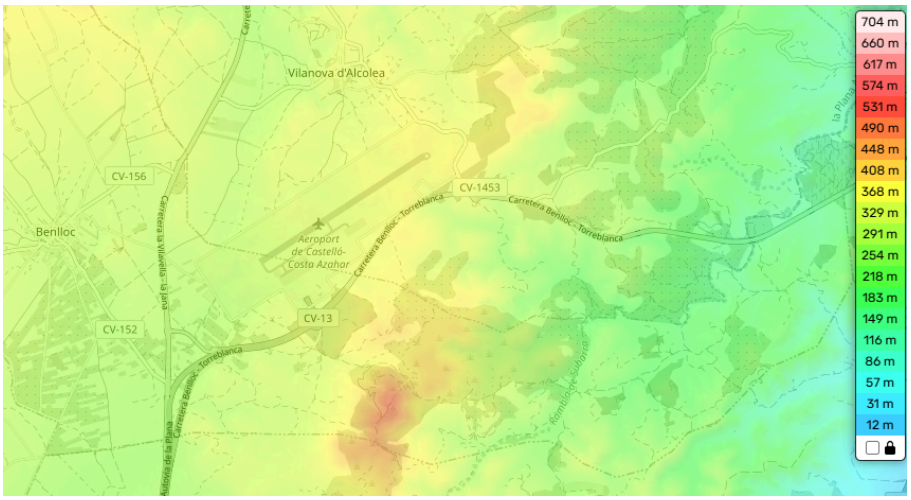

Figura 9: Mapa topográfico del aeropuerto de Castellón

El aeropuerto de Castellón se localiza en el entorno de Benlloch, aproximadamente a 30 km de la capital de la provincia y a unos 7-10 km en línea recta de la conexión ferroviaria más próxima a la infraestructura. Sumado a esto, se sitúa en una zona de transición entre la llanura costera y los relieves prelitorales, por lo que, mientras que la población costera más cercana al aeropuerto, Torreblanca, está a unos 27 metros sobre el nivel del mar, el propio aeropuerto está a 360 metros sobre él. Por lo que este cambio en pocos kilómetros, si bien no refleja barreras geográficas grandes, presenta irregularidades puntuales que deben considerarse en el diseño de nuevas infraestructuras.

Por este motivo, la solución propuesta es la construcción de un tren directo al aeropuerto que continúe la línea de cercanías C6, la cual actualmente tiene origen en Valencia y destino Castellón, aunque hay vías construidas que continúan por el norte siguiendo el litoral. Este tramo de vías, incluyendo el que realiza el C6, es uno de los principales sistemas ferroviarios de la comunidad autónoma, donde tienen vías electrificadas de ancho ibérico y velocidades que oscilan entre 100-120 km/h. Se

plantea esta conexión con el aeropuerto desde un punto de vista de conexión regional, ya que conecta núcleos urbanos al sur de Castellón, como Sagunto y Vila-real, y núcleos urbanos situados al norte, como Benicàssim, Oropesa del Mar y Torreblanca, configurando un corredor de alta demanda que es justamente de lo que carece el aeropuerto.

El trazado planeado es un nuevo ramal de 15,3 km que conecta la estación de Torreblanca con el aeropuerto de Castellón; se plantea que sea en vía única electrificada y desarrollada en superficie con un avance progresivo hacia el interior, evitando la necesidad de túneles y priorizando soluciones como terraplenes o ajustes de alineación. El recorrido al principio es sencillo por ser litoral, pero continúa por relieves con algo de pendiente y se adapta a las zonas irregulares hasta llegar al aeropuerto, donde se conecta directamente con la terminal.

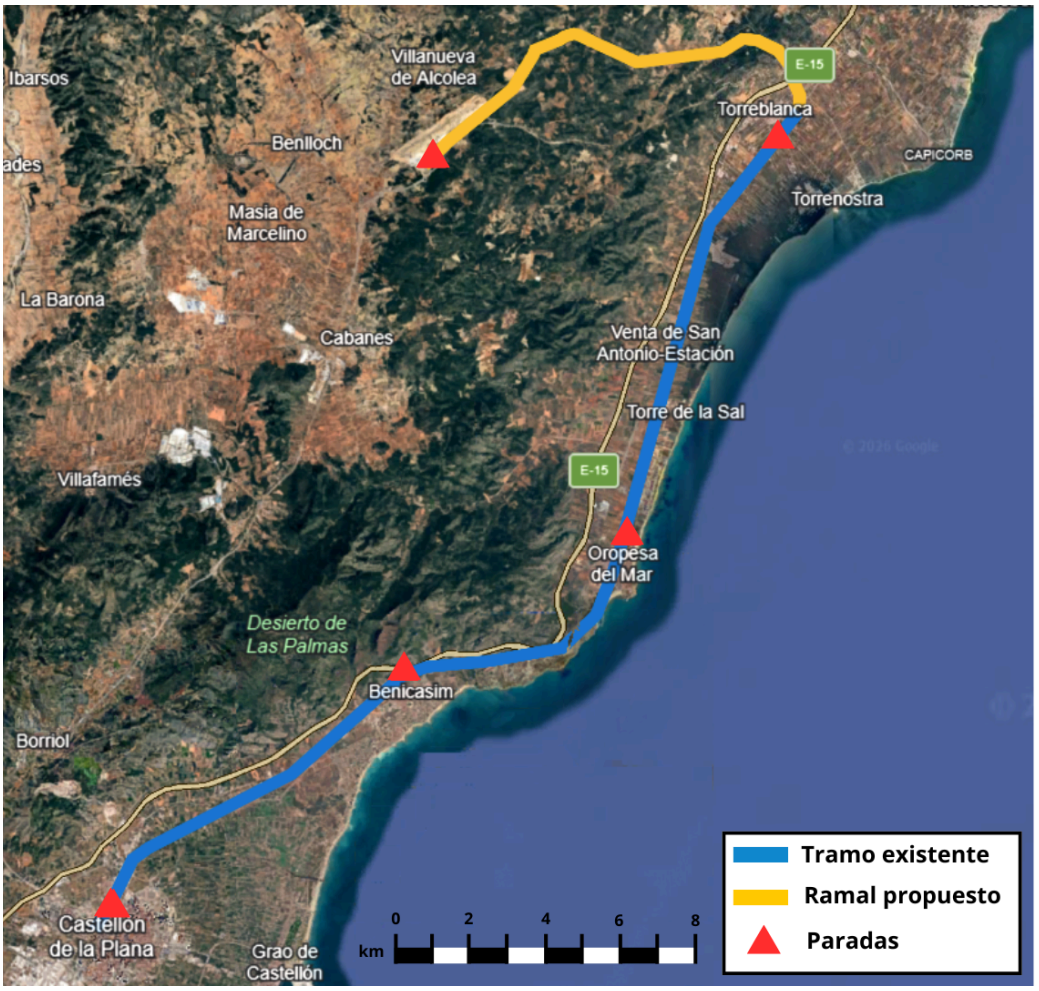

Figura 10: Ramal propuesto Torreblanca-Aeropuerto

El análisis topográfico del ramal propuesto muestra pendientes que van desde el 0% y valores puntuales del 28% por las irregularidades del terreno. No obstante, la pendiente mediana de 1% confirma que el comportamiento general del terreno es favorable para poder llegar a considerarlo un proyecto ferroviario real. Los valores habituales oscilan entre 1% y 2% para las líneas de cercanías, lo que, al encontrarse dentro de este rango, permite explotarlo sin necesidad de grandes obras de ingeniería.

En cuanto a velocidad de tramos, los tramos favorables, que es todo el tramo ya existente, permitirían operar a una media de 120 km/h, mientras que en zonas intermedias como el inicio del ramal propuesto se podría ir entorno a 100 km/h, pero ir bajando a 80 km/h en el tramo montañoso, como es habitual en este tipo de diseños para garantizar la seguridad.



Figura 11: Perfil longitudinal del ramal

Desde el punto de vista de la explotación, se planea una frecuencia de 60 minutos entre tren y tren que prolongue determinados servicios de la línea C6, prolongándose al aeropuerto y asegurando una mayor integración funcional con la red existente. Además, teniendo en cuenta que el valor medio de construcción de infraestructuras ferroviarias en España por vía única para trenes convencionales está en 6 millones de euros por kilómetro, el coste del nuevo ramal ascendería a 91,8 millones de euros, que incluiría plataforma, electrificación, señalización, sistemas de seguridad y la estación aeroportuaria.

En cuanto al tiempo de viaje y las limitaciones derivadas de la vía única, asumiendo una velocidad media de 80 km/h por el nuevo ramal durante 15,3 km, el tiempo estimado de recorrido desde Torreblanca sería de 11 minutos y 15 segundos. No obstante, se asumirá que se tarda 12 minutos por trayecto, al que se añade una parada técnica de 5 minutos en la terminal y permitiría hacer el ciclo de ida y vuelta en 29 minutos, permitiendo liberar la vía única para el siguiente servicio. Desde Castellón al aeropuerto, el tiempo total estimado sería de 38 minutos, ya que el trayecto actual de un tren de Castellón a Torreblanca con parada en Benicàssim y Oropesa del Mar tiene una duración de 26 minutos. A este tiempo hay que añadirle los 12 minutos adicionales del nuevo ramal, lo que permite obtener un tiempo total competitivo con el vehículo privado, el cual cubre el trayecto en aproximadamente 26 minutos, con la ventaja adicional de eliminar los costes de estacionamiento y ofrecer una alternativa de transporte más sostenible.

Parámetro	Longitud (km)	Frecuencia (min)	Velocidad media (km/h)	Tiempo Torreblanca - Aeropuerto (min)	Parada técnica (min)	Ciclo completo (min)	Tiempo Castellón - Aeropuerto (min)	Coste estimado (millones)
Valor	15,3	60	80	12	5	29	38	91,8

Tabla 9: Resumen del recorrido propuesto

Finalmente, sumando la población por la que pasa toda la línea C6 desde su origen, el aeropuerto de Castellón pasará a estar conectado directamente con más de 1,3 millones de habitantes solo mediante transporte ferroviario y, ahora con esta mejora regional, podría aumentar el atractivo del aeropuerto para los residentes de los municipios situados entre Valencia y Castellón. Esto es debido a que ofrece una alternativa directa de transporte económico y sin transbordos, en contraste con Valencia, la cual requiere más combinaciones de transporte y mayores costes asociados para llegar a su aeropuerto. De la misma manera, acompañado de una buena campaña de promoción y desarrollo de rutas aéreas, podría favorecer a un mayor interés por parte de las aerolíneas en la creación de nuevas rutas, ya que la experiencia al pasajero mejorará notablemente, no solo desde la propia terminal, sino también en todo el trayecto previo que se hará muy sencillo.

4.2 Aeropuerto de Andorra-La Seu

4.2.1 Análisis DAFO

Fortalezas	Debilidades
- Ubicación estratégica. - Baja congestión aeroportuaria. - Especialización en aviación regional y ejecutiva. - Apoyo institucional binacional (España y Andorra).	- Pista corta (1.267 metros) y ausencia de RESA y ayudas al aterrizaje. - Capacidad restringida de aeronaves (ATR como límite operativo). - Operativa condicionada (PPR, NOTAM, restricciones IFR/VFR). - Dependencia de condiciones meteorológicas.
Oportunidades	**Amenazas**
- Crecimiento mundial del turismo de montaña y esquí. - Expansión de infraestructura (nuevos hangares en planificación). - Aprovechar el segmento premium de aviación de lujo. - Innovación en movilidad aérea regional (AAM, vuelos de baja capacidad)	- Competencia de aeropuertos alternativos como Barcelona. - Dependencia de pocas rutas y operadores. - Aviones con escalas muy reducidas. - Riesgo de no ser rentable si hay una mejora del transporte terrestre.

Tabla 10: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Análisis DAFO

El análisis DAFO refleja una situación general moderadamente desfavorable; si bien existen oportunidades como una posible diversificación, el entorno del aeropuerto en ámbitos como el clima desfavorable y sus limitaciones internas respecto a la capacidad operativa que tiene puede dificultar que el aeropuerto tenga una buena viabilidad si no se escoge bien la estrategia a seguir.

4.2.2 Análisis PESTEL

Político	Gestión pública por la Generalitat con participación del gobierno de Andorra, cooperación institucional para dar estabilidad financiera y regulación aeronáutica estricta.
Económico	Hay una dependencia directa del sector turístico andorrano, crecimiento reciente del tráfico aéreo en el aeropuerto, subvención indirecta y apoyo para sostenibilidad, y tiene una limitada diversificación de ingresos.
Social	Aeropuerto poco atractivo y la gente prefiere ir a aeropuertos como Barcelona para llegar en bus a Andorra; aun así, su demanda asociada es gracias a la nieve, turismo de lujo y modalidad corporativa. La baja demanda de población local hace que sea dependiente de la demanda externa, aunque se reconoce que mejora la accesibilidad al país.
Tecnológico	El aeropuerto tiene grandes limitaciones tecnológicas, como la falta de aproximación con ayudas avanzadas que están presentes en la mayoría de aeropuertos.
Ecológico	Ecológicamente es sensible, ya que está ubicado en un entorno de alta sensibilidad ambiental por estar en los Pirineos y hay una gran presencia de fauna, especialmente de aves que afectan a las operaciones.
Legal	Igual que en el aeropuerto de Castellón, ya que opera bajo normativa de aviación civil española y europea, cuenta con certificación AESA conforme a los estándares de OACI y EASA y bajo supervisión de la CNMC para garantizar que cumple con la normativa de competencia.

Tabla 11: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Análisis PESTEL

En este caso, el entorno externo es relativamente favorable, especialmente en el ámbito económico y social, los cuales se ven impulsados por el apoyo al turismo en Andorra. Sin embargo, su mayor problema es el entorno tecnológico y ecológico, donde hay grandes restricciones para la operativa y escalabilidad del aeropuerto que lo hacen completamente inviable para recibir vuelos con mayor número de pasajeros por el tipo de aeronaves que se permiten.

4.2.3 Modelo de las cinco fuerzas de Porter

Poder de negociación de los clientes	Alto: Debido a que solo tiene un operador como línea comercial y la demanda está tan concentrada en dos rutas que permite más flexibilidad.
Poder de negociación de los proveedores	Alto: Los proveedores de handling y de combustible tienen un gran poder debido a la poca cantidad de vuelos y sus escalas cortas.
Amenaza de productos/servicios sustitutos	Alto: Transporte terrestre desde Barcelona a 3 horas de distancia, mejora en carreteras y posible creación de un tren directo.
Amenaza de nuevos competidores	Bajo: Las infraestructuras aeroportuarias son complicadas en cuanto a inversión y las limitaciones geográficas extremas son una gran barrera de entrada.
Rivalidad entre competidores actuales	Alto: Mucha presión en aeropuertos cercanos como Barcelona o Toulouse. La diferenciación se tiene que basar en la proximidad a Andorra.

Tabla 12: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Cinco fuerzas de Porter

En cuanto a la competitividad, muestra una estructura competitiva poco favorable; esto es debido a la alta presión de productos sustitutivos, junto con el elevado poder de negociación de los clientes y proveedores y la competencia indirecta que hay con aeropuertos cercanos que ofrecen un mayor número de rutas. Por ello mismo, la solución propuesta estará en buscar la diferenciación en la proximidad a Andorra, aprovechando las grandes barreras de entrada que tiene la zona para que no puedan surgir más competidores y centrarse en los actuales.

4.2.4 Business Model Canvas

Segmentos de clientes	Aerolíneas regionales, aviación ejecutiva, turistas cuyo destino favorito sea la nieve y montaña, operadores de aerotaxi y servicios públicos de emergencia y rescate.
Propuesta de valor	Acceso rápido y directo a Andorra, aeropuerto no congestionado, experiencia premium para aviación ejecutiva y operaciones flexibles en un entorno de baja saturación.
Canales	Principalmente las aerolíneas para crear rutas regulares, los operadores privados e intermediación turística.
Relación con clientes	Relación institucional con aerolíneas y de servicios especializados que sirvan para mantener el aeropuerto operativo.
Fuentes de ingresos	Tasas aeroportuarias, servicios de handling, actividad FBO y subvenciones públicas.
Recursos clave	Toda la infraestructura aeroportuaria, incluyendo pista y plataforma, ubicación estratégica y personal operativo.
Actividades clave	Gestión aeroportuaria, coordinación operativa (PPR, NOTAM), servicios de handling y gestión de seguridad y emergencias.
Socios clave	Gobierno de Andorra, Generalitat de Catalunya, aerolínea fija (Air Nostrum), proveedores de handling y servicios en tierra y las autoridades aeronáuticas.
Estructura de costes	Costes operativos aeroportuarios, personal trabajador, mantenimiento de la infraestructura, seguridad y costes de inversión y expansión.

Tabla 13: Aeropuerto de Andorra-La Seu - Business Model Canvas

4.2.5 Diagnóstico

El aeropuerto de Andorra-La Seu presenta una situación de infrautilización que proviene del desajuste entre sus capacidades operativas reales y el modelo que actualmente se está explotando en el aeropuerto. A pesar de disponer de una infraestructura plenamente operativa, el volumen de tráfico recibido es muy reducido y se encuentra limitado a dos rutas regulares, Palma de Mallorca y Madrid, con dos frecuencias semanales cada una de ellas operadas por Air Nostrum, lo que dificulta su nivel de utilización y rentabilidad.

Desde el punto de vista físico, el aeropuerto presenta limitaciones estructurales que condicionan su desarrollo como infraestructura de transporte aéreo convencional de pasajeros comerciales. El mayor problema es la longitud de pista, ya que con sus 1.267 metros de longitud, restringe la operativa a aeronaves regionales de pequeño tamaño, mientras que la complejidad del terreno y de meteorología que rodea al aeropuerto reducen la fiabilidad operativa en determinados periodos del año. En la práctica, la capacidad real operativa del aeropuerto se reduce a aeronaves ligeras de aviación privada o al modelo comercial ATR 72, que no forma parte habitual de las flotas de la mayoría de aerolíneas europeas y limita la oferta potencial de compañías aéreas interesadas en operar en La Seu.

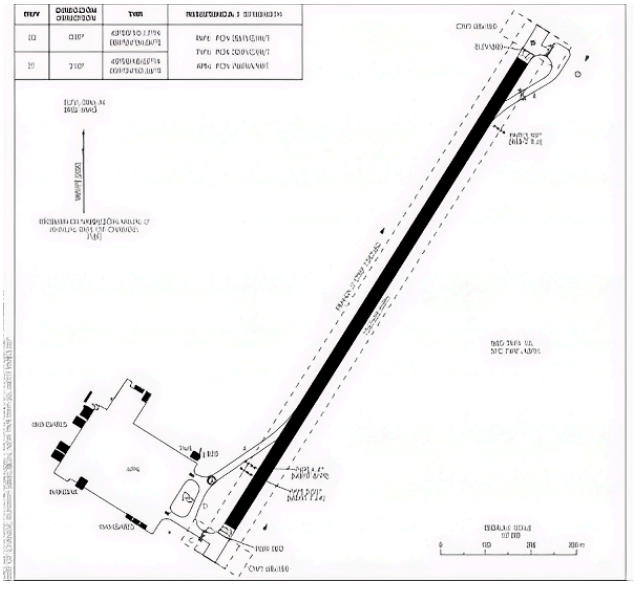

Figura 12: Plano conceptual del aeropuerto de Andorra-La Seu

No obstante, la infrautilización también proviene de los estacionamientos y servicios en tierra que dispone el aeropuerto. Esto se debe a que la plataforma puede albergar de forma simultánea un número estimado de entre 10 y 15 aeronaves, con posibilidad de rotación a lo largo de la jornada, lo que indica que su infrautilización no se deriva simplemente por el condicionante físico de la pista, sino por una falta de demanda y la ausencia de un modelo de negocio que sea adaptado a las características que tiene. Asimismo, también cuenta con 19 hangares operativos, por lo que hay una presencia de una demanda vinculada al segmento de la aviación corporativa que no termina de ser explotada. En este contexto, la estrategia a seguir no se debe centrar en acumular más tráfico, sino en enfocarse en la ineficiencia actual del mismo, un modelo actual que genera volumen pero no valor y conlleva una dependencia de financiación pública para poder subsistir.

Los datos operativos de 2025 evidencian la situación, ya que cerró el año con un total de 6.187 movimientos, de los cuales 416 corresponden a aviación comercial. Esto significa que el 93% de la actividad del aeropuerto corresponde a aviación no comercial. Dentro de este porcentaje, únicamente 312 movimientos corresponden a aviación ejecutiva, mientras que los 5.459 movimientos restantes provienen de aviación general, formación y otros usos de bajo valor añadido.

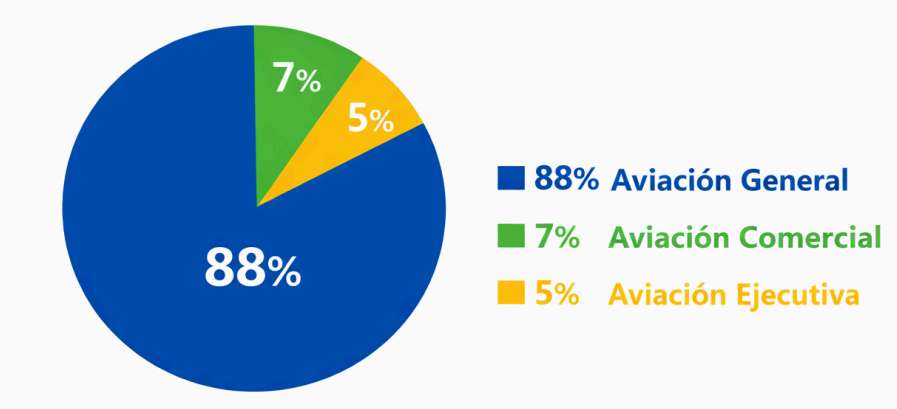

Figura 13: Gráfico circular del mix actual

En cuanto a la aviación privada, a pesar de tratarse de un segmento con elevado potencial económico, su contribución real es muy limitada debido al tipo de aeronaves que predominan en el sector. La mayoría de vuelos privados actuales se realizan con aeronaves de menos de 2.000 kg, lo que implica tarifas aeroportuarias reducidas: 10€ por día para aeronaves entre 500 y 2.000 kg, y 5€ para aeronaves de hasta 500 kg, incluyendo aterrizaje y estacionamiento. Además, al no aplicarse cargos extras por uso de GPU o escaleras, el ingreso medio por operación privada se sitúa entre 25 y 35 euros, lo que hace difícil superar los 50.000€ anuales en este segmento.

Por este motivo, se plantea un escenario predictivo en el que, manteniendo el mismo número total de movimientos, se modifica la composición de la demanda para incrementar el peso de los vuelos privados de alto valor, sustituyendo a las operaciones de escuela de bajo rendimiento económico. En este escenario, aeronaves ejecutivas de mayor tamaño, superiores a 6.000 kg, activarán cifras más elevadas, como los 50€ diarios establecidos para este rango de peso. Además, si estas aeronaves operan como taxi aéreo o vuelo ejecutivo comercial, se aplica la tasa de aterrizaje por tonelada de 5 €/MTOW para operaciones UE, lo que supone entre 60 y 75€ adicionales para un jet ejecutivo de 12 a 15 toneladas.

Además, a diferencia de las aeronaves ligeras del escenario actual, los jets ejecutivos pueden generar ingresos adicionales derivados de diferentes servicios aeroportuarios:

- **Tasas por pasajero:** 7,02€ por pasajero (5€ de tasa aeroportuaria, 1,4€ de seguridad y 0,62€ de tasa AESA), lo que supone más de 70€ para una ocupación de 10 pasajeros).
- **Servicio de agente de operaciones:** 60 €/hora, servicio que incluye asistencia operativa, coordinación en tierra, gestión de pasajeros o apoyo en la planificación de salida; considerando una asistencia media de 2 horas por operación, el ingreso es de 120€ por vuelo.
- **Estacionamiento nocturno:** 60 €/noche



Figura 14: Composición estimada de los ingresos generados por aviación ejecutiva

En conjunto, los resultados muestran un cambio en la capacidad que tiene el aeropuerto para generar ingresos incluso sin modificar el número de operaciones:

Segmento	Operaciones anuales	Base de cálculo	Ingreso medio aplicado (€)	Ingreso anual estimado (€)
Aviación privada	1.600	Aviación ejecutiva y corporativa	450-550	720.000 - 880.000
Aviación comercial	208	Tasa de aterrizaje ATR (>20 t): 100€ + tasa de pasajero: 7,02€ x 60 pasajeros	521,2	108.409,6
Escuelas de vuelo	1.285	Tarifa para aeronaves ligeras: 5€ por dia	-	6.425
Total	**3.093**	**-**	**-**	**884.834,6 - 994.834,6**

Tabla 14: Resumen económico tras cambio de demanda en Andorra-La Seu

En definitiva, el análisis demuestra que el aeropuerto no necesita más tráfico, sino mejor tráfico. Andorra es un país con una elevada concentración de empresarios, profesionales de alto poder adquisitivo y visitantes internacionales que podrían utilizar el aeropuerto como puerta de entrada para sus desplazamientos privados y corporativos. A su vez, el aeropuerto ganaría prestigio si se especializa en servicios premium y experiencia al pasajero de aviación ejecutiva, ofreciendo una alternativa más económica y cercana que aeropuertos como Barcelona o Toulouse, cuyas tarifas son más elevadas. Por lo tanto, la reorientación hacia este segmento permitiría transformar un aeropuerto infrautilizado en una infraestructura sostenible, rentable y alineada con la realidad socioeconómica del territorio.

4.3 Aeropuerto de Teruel

4.3.1 Análisis DAFO

Fortalezas	Debilidades
- Especialización en MRO, estacionamiento y reciclaje de aeronaves. - Condiciones físicas y climáticas excelentes (elevación 1.026 metros, clima seco, baja humedad). - Costes operativos y de suelo competitivos. - Modelo de negocio diversificado dentro del ámbito industrial.	- Escasa orientación al tráfico de pasajeros. - Ubicación periférica respecto a grandes hubs de pasajeros. - Restricciones operativas y administrativas (PPR, horarios públicos acortados…) - Limitaciones operativas (solo VFR y no hay servicios de tránsito aéreo).
Oportunidades	**Amenazas**
- Crecimiento del mercado MRO y reciclado de aeronaves. - Desarrollo de nuevas actividades aeroespaciales. - Incentivos por parte de la provincia de Teruel a empresas. - Posible posicionamiento como hub europeo de larga estancia.	- Limitaciones estructurales para crecer en tráfico de pasajeros (carece de terminal). - Dependencia de ciclos económicos, ya que la demanda de estacionamiento y MRO está muy limitada a las crisis. - Cambios regulatorios ambientales podrían obligar a inversiones adicionales en infraestructuras. - Gestión de la saturación que exigiría la máxima capacidad de sus instalaciones.

Tabla 15: Aeropuerto de Teruel - Análisis DAFO

Muestra un escenario favorable, donde las fortalezas superan a las debilidades operativas del aeropuerto de Teruel. Aunque sí bien es cierto que existen limitaciones estructurales importantes, las oportunidades de diversificación industrial y tecnológica compensan las amenazas externas.

4.3.2 Análisis PESTEL

Político	Apoyo institucional autonómico y local (participación del Gobierno de Aragón del 60% y del 40% por parte del Ayuntamiento de Teruel).
Económico	Modelo de ingresos basado en servicios industriales: ingresos por aterrizaje, despegue, estacionamiento, mantenimiento, reciclado, alquiler de oficinas y logística industrial.
Social	Hay gran aceptación social de un aeropuerto industrial con bajo tráfico de pasajeros por reducir ruido y congestión; además, socialmente se apoya la idea de percibir Teruel como un polo tecnológico emergente, como el mayor MRO de Europa.
Tecnológico	El aeropuerto cuenta con tecnología moderna, tanto en sus sistemas de información y meteorología como en su infraestructura para ensayos y pruebas avanzadas para aeronaves.
Ecológico	Buen clima seco y con baja humedad, la cual reduce corrosión y gastos en mantenimiento, aunque también presenta riesgo de concentración de aves en zonas cercanas como en la Laguna del Cañizar.
Legal	El aeropuerto cumple estrictamente con la normativa sobre reciclado y tratamiento de residuos aeronáuticos, tanto nacional como europea, que influye en procesos y costes. A su vez, opera bajo normativa EASA y AIP España.

Tabla 16: Aeropuerto de Teruel - Análisis PESTEL

En el caso del análisis PESTEL, existe un entorno positivo con el modelo industrial que tiene implementado, especialmente por el apoyo institucional, políticas europeas de descarbonización y la creciente demanda de soluciones sostenibles. Como añadido, si bien es cierto que las restricciones sociales y de accesibilidad existen, no comprometen la viabilidad del aeropuerto, que opera en un nicho donde los factores tecnológicos y ecológicos juegan a su favor.

4.3.3 Modelo de las cinco fuerzas de Porter

Poder de negociación de los clientes	Alto: Los clientes son aerolíneas y grandes operadores industriales, pero son pocos, muy concentrados y con capacidad de mover flotas a otros aeropuertos, lo que les hace muy sensibles a precio, fiabilidad y tiempos de respuesta.
Poder de negociación de los proveedores	Medio: Hay grandes proveedores de combustible y de tecnología, pero el respaldo institucional y la posibilidad de atraer a múltiples socios tecnológicos reducen la dependencia.
Amenaza de productos/servicios sustitutos	Medio: Hay sustitutos parciales como mantenimiento de hubs, almacenamiento o rotación de flota, pero en el reciclado físico de aeronaves no tiene sustituto.
Amenaza de nuevos competidores	Bajo: Barreras de entrada muy altas por coste en infraestructura y regulaciones, aunque existe posibilidad de que algún aeropuerto infrautilizado se pudiera especializar en lo mismo.
Rivalidad entre competidores actuales	Bajo: Hay competencia en Europa, pero Teruel se diferencia por clima, escala, costes y especialización en fuselaje ancho y reciclado.

Tabla 17: Aeropuerto de Teruel - Cinco fuerzas de Porter

El análisis de Porter también da un resultado favorable, con una baja amenaza de nuevos entrantes y una rivalidad controlada gracias a la especialización de Teruel. Todo esto hace que, aunque el poder de los clientes sea alto y existan sustitutos parciales, las características del aeropuerto lo sitúen en una posición muy sólidamente competitiva dentro del mercado MRO europeo.

4.3.4 Business Model Canvas

Segmentos de clientes	Aerolíneas comerciales y regionales, empresas de leasing y propietarios de aeronaves, empresas MRO e ingeniería aeroespacial y organismos públicos y centros de investigación.
Propuesta de valor	Mayor plataforma MRO y de estacionamiento de Europa y hub industrial integrado para todo el ciclo de vida de la aeronave (desde el mantenimiento y la pintura hasta el desmantelamiento y reciclado de materiales).
Canales	Relación directa con aerolíneas y empresas MRO, plataformas institucionales y de promoción económica como Invest in Teruel o Aragón Plataforma Logística y en web corporativa.
Relación con clientes	Relaciones contractuales a largo plazo con empresas y colaboraciones estratégicas y consorcios de investigación y desarrollo.
Fuentes de ingresos	Tasas de aterrizaje, despegue y estacionamiento, MRO y reciclado y alquiler de espacios industriales y oficinas.
Recursos clave	Infraestructura física (pista 18/36 de 2.825 metros y ampliaciones recientes), condiciones ambientales y localización y capacidades técnicas y humanas.
Actividades clave	Su actividad clave es el mantenimiento, estacionamiento y reciclado de aeronaves, operación aeroportuaria VFR y desarrollo y ejecución de proyectos innovadores.
Socios clave	Administraciones públicas, empresas MRO, proveedores de combustible y centros tecnológicos.
Estructura de costes	Costes de infraestructura y mantenimiento, personal, inversiones en innovación y sostenibilidad y costes regulatorios y de cumplimiento ambiental.

Tabla 18: Aeropuerto de Teruel - Business Model Canvas

4.3.5 Diagnóstico

El aeropuerto de Teruel tiene muy buen posicionamiento global; actualmente, es el mayor centro europeo de estacionamiento, mantenimiento y reciclado de aeronaves, algo único en España. Sin embargo, a pesar de tener buen nombre, no es capaz de generar beneficios al final de su año fiscal y necesita de subvenciones para poder cubrir sus costes operativos. Por ello mismo, en lugar de limitar su potencial, permite plantear un proyecto innovador y alineado con su identidad operativa: "AeroSpace Experience Teruel" (ASET), un centro de divulgación aeronáutica, industrial y tecnológica que combina museo, experiencia inmersiva, galería de reciclado, simulación avanzada y un espacio de congresos integrados en un aeropuerto MRO real, la cual genera un producto turístico y formativo inexistente en España.

Para comenzar, la viabilidad física del proyecto se basa en la gran disponibilidad de suelo del aeropuerto, el cual cuenta con más de 340 hectáreas de superficie total y parcelas no operativas que superan los 50.000m². Dentro de este terreno, el espacio requerido para ASET es de 6.000m². La distribución de zonas es la siguiente:

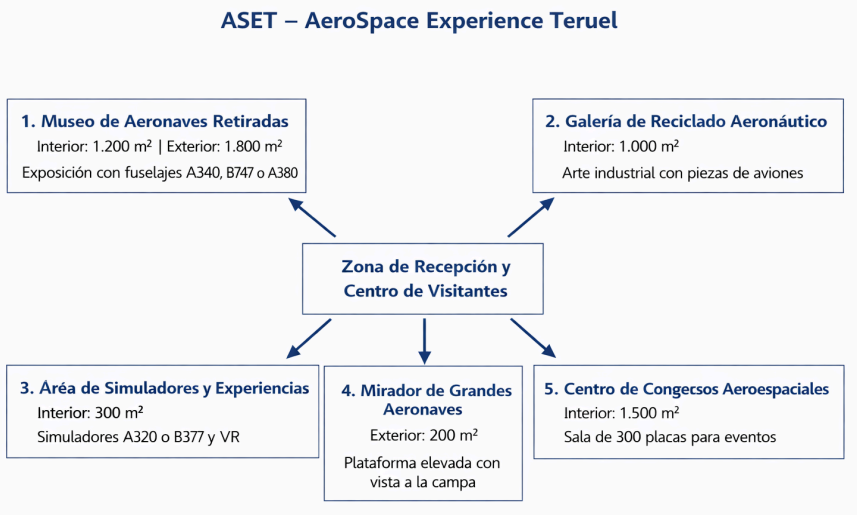

Figura 15: Plano conceptual de distribución de zonas

Zona	Descripción	Superficie
Zona 1	Museo de aeronaves retiradas, donde haya una exposición permanente de dos fuselajes reales como el de A340, B747 o A380 con recorrido interior por la cabina, galley, sistemas y bodegas con paneles explicativos sobre aerodinámica, materiales y motores.	Interior 1.200m² Exterior 1.800m²
Zona 2	Galería de reciclado aeronáutico donde las piezas certificadas como no aeronavegables puedan ser reutilizadas como arte industrial, incluyendo alas, motores abiertos, trenes de aterrizaje o paneles de materiales compuestos.	Interior 1.000m²
Zona 3	Un área de simuladores y experiencias inmersivas, donde hay dos simuladores de modelos como un A320 o un B737 y realidad virtual en experiencias inmersivas de vuelo sobre Teruel o cómo reciclar un avión.	Interior 300m²
Zona 4	Un mirador de grandes aeronaves que consistirá en una plataforma elevada con vista directa a la campa de estacionamiento.	Exterior 200m²
Zona 5	Un centro de congresos aeroespaciales, que consiste en una sala de 300 plazas pensada para espacios para ferias técnicas, formación profesional aeronáutica y congresos de sostenibilidad, hidrógeno o MRO.	Interior 1.500m²

Tabla 19: Distribución de zonas de ASET

Desde el punto de vista de la demanda, el análisis comparado con museos aeronáuticos europeos permite establecer una estimación realista:

Museos comparables	Visitantes anuales	Precio entrada (€)
Aeroscopia Toulouse	185.000	16
Speyer	500.000	26
Le Bourget	300.000	17
Duxford	400.000	25

Tabla 20: Comparativa entre museos aeronáuticos europeos

Para mantener un margen conservador, vamos a situarnos en un escenario pesimista por el entorno rural en el que se sitúa y asumir que hay una media de 40.000 visitantes anuales. En esta demanda, se sustenta en una segmentación equilibrada acorde a la demanda habitual de este tipo de museos: un 35% corresponde a visitas escolares procedentes de Aragón, Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha, un 30% a público familiar, un 25% a visitantes técnicos y profesionales vinculados al sector aeronáutico, incluyendo universidades y congresos, y un 10% a turistas generales.

La accesibilidad es también una limitación estructural del aeropuerto al carecer de vuelos comerciales y de conexión ferroviaria de alta velocidad. Sin embargo, esta restricción se puede mitigar mediante estrategias específicas como servicios lanzadera desde Zaragoza y Valencia en fines de semana y eventos, acuerdos con centros educativos que integren el transporte en la tarifa escolar y paquetes turísticos con hoteles de la ciudad de Teruel. El coste anual de un servicio lanzadera usado fines de semana se sitúa en torno a 36.000 euros anuales, una cifra más que asumible para un proyecto de esta magnitud y fácilmente financiable mediante convenios institucionales y patrocinios.

Cabe recalcar que la integración del proyecto en un entorno MRO operativo requiere un análisis sobre la normativa aplicable, pero no supone ningún problema; esto es debido a que las instalaciones están sujetas a regulación AESA/EASA y no permiten el acceso libre de visitantes. No obstante, ASET no necesita entrar en zonas de mantenimiento activo. Las áreas expositivas se ubicarían en terrenos cercanos, utilizando aeronaves certificadas como no aeronavegables y creando corredores perimetrales seguros con visibilidad hacia la campa.

Económicamente, la inversión total necesaria de ASET es de 6,2 millones de euros y se distribuye de esta manera:

Concepto	Coste (€)
Construcción interior (4.000m² x 1.000 €/m²)	4.000.000
Construcción exterior (2.000m² x 350 €/m²)	700.000
Adaptación de aeronaves (accesos PMR, refuerzos estructurales, iluminación, seguridad…)	600.000
Equipamiento museográfico + simuladores	900.000
TOTAL	**6.200.000 €**

Tabla 21: Coste de inversión inicial para ASET

Además, sus costes operativos anuales serían los siguientes:

Concepto	Coste anual (€)
Personal (11 personas en total): - Dirección (1 persona) - Administración/ventas (1 persona) - Guías y educadores (4 personas) - Técnico de mantenimiento (1 persona) - Técnico de simuladores (1 persona) - Responsable de congresos y eventos (1 persona) - Personal de apoyo y refuerzo fines de semana (2 personas)	350.000
Energía y climatización	80.000
Seguros	40.000
Mantenimiento	60.000
Reposición tecnológica (VR, simuladores, software)	30.000
Marketing y eventos	40.000
TOTAL COSTES OPERATIVOS	**600.000 €/año**

Tabla 22: Costes operativos anuales de ASET

Los cuales serán cubiertos con esta tabla de ingresos anual:

Fuente de ingresos	Ingresos anuales (€)
Entradas (40.000 visitantes x 18 €)	720.000
Simuladores (6.000 sesiones x 27 €)	162.000
Cafetería: - Canon fijo de 30.000€ anuales. - Royalty del 10% que viene del cálculo de 40.000 visitantes x 60% de penetración x 7,5€ el ticket medio. - Servicios vinculados a congresos como catering especial (30.000€ anuales).	78.000
Congresos y eventos (40 eventos x 6.000)	240.000
Merchandising (tiendas + piezas recicladas)	100.000
Talleres educativos (actividades escolares y técnicas)	75.000
TOTAL INGRESOS	**1.375.000**
TOTAL BENEFICIOS (INGRESOS - COSTE)	**775.000**

Tabla 23: Ingresos y beneficios del proyecto ASET

Para finalizar, el payback del proyecto se haría exactamente en 8 años, dividiendo la inversión inicial (6.200.000) entre el beneficio neto anual (775.000). El modelo de gobernanza óptimo para ASET sería una fundación público-privada en la que participen el Consorcio del Aeropuerto de Teruel, el Gobierno de Aragón, Tarmac Aerosave y empresas del sector aeroespacial; esto permite profesionalizar la gestión, atraer patrocinio, repartir riesgos y garantizar la estabilidad institucional del proyecto. Desde el punto de vista legal, las aeronaves expuestas deben certificarse como no aeronavegables conforme a la normativa EASA Part-M, las piezas destinadas deben marcarse como scrap y las visitas se mantienen fuera de las zonas restringidas del propio aeropuerto. En definitiva, ASET es una propuesta innovadora, viable y alineada con la identidad del aeropuerto, con capacidad de generar grandes beneficios a largo plazo.

Capítulo 5: Estrategias y simulación

5.1 Simulación del aeropuerto de Castellón

En el caso del aeropuerto de Castellón, el diagnóstico identifica como principal limitación la accesibilidad y su impacto en la demanda. Por ese motivo, el escenario estratégico se basa en mejorar la conectividad terrestre mediante la implantación de una conexión ferroviaria que aumenta la demanda de pasajeros y analizar su viabilidad en 1.000 escenarios posibles durante 10 años (véase Anexo I).

Las variables de entrada son las siguientes:

- **Demanda inicial:** Distribución normal con una media de 330.000 pasajeros y una desviación estándar de 30.000 pasajeros.
- **Factor de conectividad:** Incremento de demanda por conexión de tren mediante una distribución uniforme entre el 20% y el 25%.
- **Crecimiento demanda:** Distribución normal con una media del 9% anual y una desviación estándar del 3%.
- **Ingreso por pasajero:** Distribución uniforme entre 10€ y 15€ por pasajero.
- **Crecimiento anual de los ingresos por pasajero:** Distribución normal con una media del 2,5% anual y una desviación estándar del 1%.
- **Ingresos comerciales:** Distribución uniforme entre 3€ y 6€ por pasajero.
- **Costes fijos:** Distribución uniforme entre 12 y 13 millones de euros anuales.
- **Costes variables:** Distribución uniforme entre 3,5€ y 6€ por pasajero transportado.
-

Utilizando las variables introducidas anteriormente, el modelo simula la evolución del aeropuerto año a año donde, primero de todo, en cada simulación se genera una demanda inicial aleatoria con la variabilidad introducida, se aplica un incremento por factor tren de mejora de conectividad y cada año crece el número de pasajeros, aumentan los ingresos por pasajero, se generan ingresos comerciales y se calculan los costes. Con los datos proporcionados anteriormente, el output del sistema da el beneficio acumulado durante esos años y su evolución anual en beneficios y número de pasajeros. A su vez, para analizar la incertidumbre del modelo, se utilizan percentiles:

- P5: Solo el 5% de las simulaciones da este valor o inferior.
- P50: Es la mediana entre todas las simulaciones.
- P95: Solo el 5% de las simulaciones da este valor o superior.

5.2 Simulación del aeropuerto de Andorra-La Seu

En cuanto al aeropuerto de Andorra-La Seu, se ha realizado una simulación Monte Carlo con tal de comprobar su modelo de negocio y solucionar su baja rentabilidad derivada de un modelo de tráfico aéreo que está dominado por operaciones de bajo valor añadido. Por este motivo, el escenario estratégico se basa en una reorientación progresiva hacia la aviación ejecutiva y sus servicios premium asociados, aumentando el valor económico medio por operación sin necesidad de incrementar significativamente el volumen total del tráfico (véase Anexo II).

Las variables de entrada son:

- **Operaciones iniciales:** 6.187 operaciones anuales.
- **Crecimiento anual de operaciones:** Modelizado por una distribución triangular entre el 2,5% y el 6,5% con un escenario central del 4,5%.
- **Mix inicial de tráfico:** 7% aviación comercial, 5% aviación ejecutiva y 88% aviación general.
- **Mix final de tráfico:** 8% aviación comercial, 25% aviación ejecutiva y 57% aviación general.
- **Ingreso medio por operación:** Mediante distribución triangular para cada tipo de operación (ejecutiva, comercial y aviación general).
- **Ingresos no aeronáuticos**: Se realiza una distribución triangular con un rango inicial de entre 300.000 €y 900.000 €.
- **Costes fijos:** Distribución uniforme entre 1,2 y 1,6 millones de euros anuales.
- **Costes variables por operación:** Entre 90€ y 140€ para aviación ejecutiva, entre 180€ y 200€ para aviación comercial y entre 5€ y 15€ para aviación general.
- **Costes operativos adicionales:** Distribución uniforme entre 50.000€ y 150.000€ anuales.

En cuanto al cálculo del modelo, las variables introducidas anteriormente hacen que se simule la evolución año a año del aeropuerto. Primero, se genera un crecimiento anual de operaciones con incertidumbre asociada y se modifica lentamente la composición del tráfico mediante una función logística que incrementa el peso de la aviación ejecutiva a lo largo de los próximos 10 años. A su vez, se calculan los ingresos aeronáuticos y no aeronáuticos asociados a cada segmento de actividad, los costes fijos y variables del aeropuerto y, finalmente, se obtiene el beneficio total del aeropuerto y su posible rentabilidad.

5.3 Simulación del aeropuerto de Teruel

En cuanto a la simulación del proyecto ASET para el aeropuerto de Teruel, se ha realizado la simulación para poder descubrir su capacidad de generar beneficios sostenibles a largo plazo mediante la diversificación de ingresos turísticos, educativos y congresuales, aprovechando el enfoque operativo del aeropuerto (véase Anexo III). Las variables de entrada son:

- **Visitantes iniciales:** Distribución triangular entre 28.000 y 60.000 visitantes anuales con un escenario central de 40.000 visitantes.
- **Crecimiento anual de visitantes:** Distribución dinámica por fases donde los primeros años se expande aceleradamente entre el 6% y el 18% con un escenario central del 11%, y después entra en una fase de consolidación entre el 4% y el 11% para finalmente entrar en una fase de crecimiento entre el 3% y el 8%.
- **Shock negativo de demanda:** Probabilidad anual del 8% de sufrir una reducción de visitantes que genera impactos de entre el 15% y el 25% sobre la demanda.
- **Precio de entrada:** Distribución triangular entre 15€ y 22€ por visitante, con un escenario central de 18 €.
- **Simuladores:** Entre el 10% y el 22% de los visitantes realizan experiencias inmersivas con precios entre 22€ y 35€ por sesión.
- **Congresos y eventos:** Entre 20 y 65 eventos anuales, con ingresos medios por evento entre 4.000€ y 9.000€ por evento.
- **Ingreso por merchandising:** Gasto entre 1€ y 5€ con un escenario central de 2,5 €.
- **Ingresos por taller educativo:** Distribución entre 40.000€ y 120.000€ anuales, con un escenario central de 75.000 €.
- **Ingresos por cafetería**: Variable según volumen de visitantes.
- **Costes operativos base:** Distribución triangular entre 520.000€ y 760.000€ anuales, con un escenario central de 600.000 €.
- **Inflación anual:** Distribución normal con media del 2,5% y desviación típica de 1%.
- **Costes tecnológicos:** Distribución triangular entre 0€ y 120.000€ anuales.

En cuanto al cálculo, las variables permiten estudiar ASET en un horizonte de 10 años y mediante 1.000 repeticiones. Este modelo, primero, genera una evolución dinámica de demanda y posibles shocks negativos aleatorios. Después, se calculan los ingresos de las diferentes zonas y sus costes totales para finalmente obtener el beneficio anual y acumulado del proyecto.

Capítulo 6: Resultados y discusión

6.1 Resultados por aeropuerto: análisis individual

6.1.1 Aeropuerto de Castellón

Los resultados obtenidos en la simulación muestran un beneficio acumulado medio de 32.786.849€ al cabo de 10 años. La distribución de resultados muestra variabilidad en función de los escenarios simulados:

- Percentil 5 (P5): 6,6 millones de euros
- Mediana (P50): 31,8 millones de euros
- Percentil 95 (P95): 61,9 millones de euros

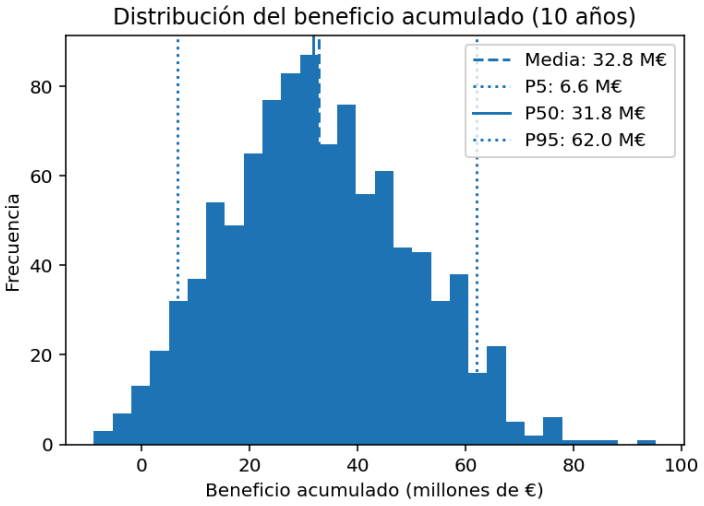

Figura 16: Beneficio acumulado - Castellón

En cuanto al número de pasajeros, el aeropuerto muestra una evolución creciente a lo largo del horizonte temporal que se ha planeado, partiendo de una base de 439.482 pasajeros el primer año hasta los 955.345 pasajeros del año 10, siendo esta su evolución anual:

Año 1: Pasajeros: 439,482
Año 2: Pasajeros: 480,016
Año 3: Pasajeros: 523,930
Año 4: Pasajeros: 570,489
Año 5: Pasajeros: 621,025
Año 6: Pasajeros: 676,349
Año 7: Pasajeros: 737,218
Año 8: Pasajeros: 803,429
Año 9: Pasajeros: 876,329
Año 10: Pasajeros: 955,345

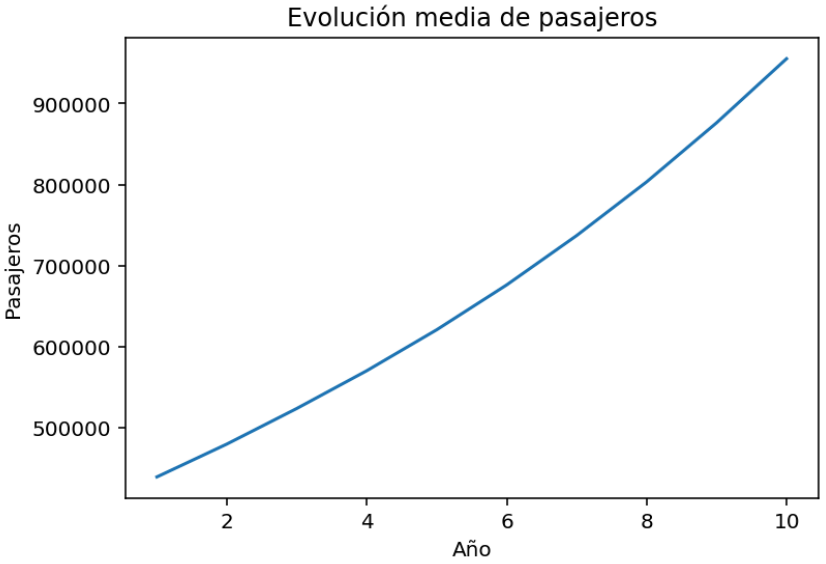

Figura 17: Evolución media de pasajeros - Castellón

En cuanto a viabilidad, el análisis anual de beneficio muestra una fase inicial de rentabilidad negativa, asociada al peso de los costes fijos y un volumen de pasajeros que aún es reducido:

- Años 1-2: Beneficios negativos.

- A partir del año 3: El sistema entra en fase de rentabilidad positiva.

- Años 8-10: Crecimiento acelerado del beneficio.

Año 1: -1,272,715 €

Año 2: -525,457 €

Año 3: 311,450 €

Año 4: 1,211,551 €

Año 5: 2,184,821 €

Año 6: 3,334,413 €

Año 7: 4,587,094 €

Año 8: 6,028,518 €

Año 9: 7,568,632 €

Año 10: 9,334,543 €

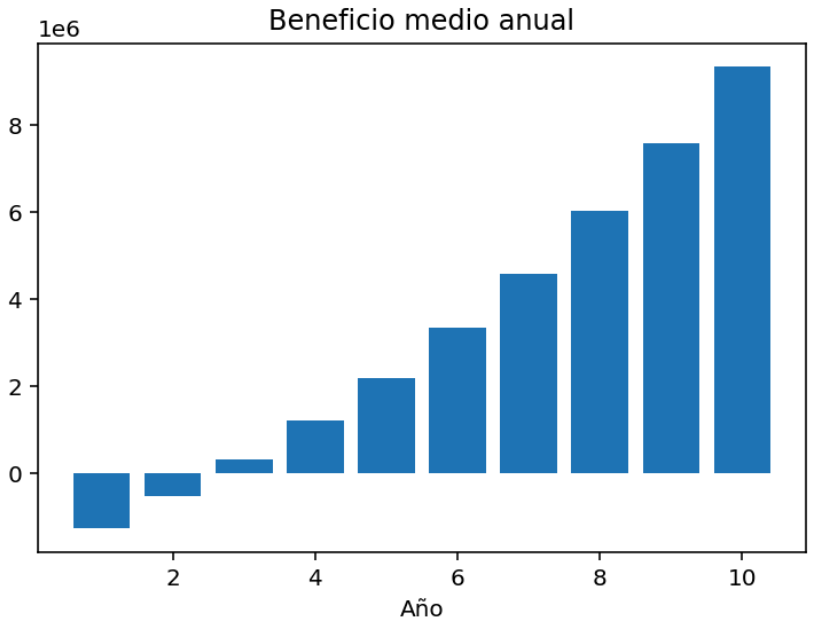

Figura 18: Beneficio medio anual - Castellón

Finalmente, los resultados del estudio afirman que el aeropuerto de Castellón presenta una evolución económicamente viable bajo el escenario estratégico analizado, donde la rentabilidad se consolida a medio plazo, poniendo fin a una etapa que no ha parado de generar pérdidas desde su creación. Asimismo, se observa una fuerte dependencia del crecimiento de la demanda, la cual confirma que la viabilidad está ligada a la capacidad de captación de pasajeros y consolidación de la combinación de tren con el aeropuerto para una buena evolución del tráfico aéreo de la zona.

6.1.2 Aeropuerto de Andorra-La Seu

En el caso del aeropuerto de Andorra-La Seu, la simulación muestra una evolución positiva bajo el escenario planeado de reorientar la demanda hacia la aviación ejecutiva y el incremento del valor medio por operación sin necesidad de un gran crecimiento del volumen total del tráfico por factores operativos.

De esta manera, el tráfico ha logrado alcanzar un beneficio acumulado de 2.582.029€ a lo largo de 10 años. Siendo esta su distribución:

- Percentil 5 (P5): 595.941€
- Mediana (P50): 2.596.381€
- Percentil 95 (P95): 4.651.876€

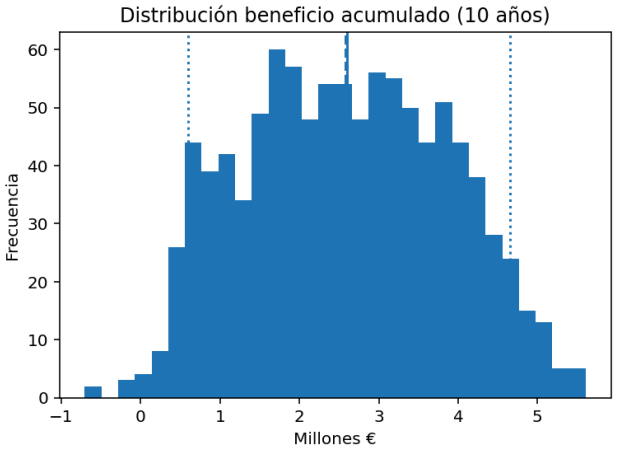

Figura 19: Beneficio acumulado - Andorra-La Seu

En cuanto al volumen de operaciones, ha habido un crecimiento considerable, ya que logra llegar a 9.597 al cabo de 10 años. Asimismo, el beneficio medio anual ha terminado siendo rentable, aunque los primeros años hay pérdidas debido a los costes fijos y la insuficiente consolidación del segmento de aviación ejecutiva:

Año 1: 6.465 operaciones / -494.294 €
Año 2: 6.755 operaciones / -425.555 €
Año 3: 7.055 operaciones / -334.937 €
Año 4: 7.371 operaciones / -216.792 €
Año 5: 7.702 operaciones / -25.875 €
Año 6: 8.047 operaciones / 295.511 €
Año 7: 8.410 operaciones / 637.638 €
Año 8: 8.788 operaciones / 884.587 €
Año 9: 9.186 operaciones / 1.060.931 €
Año 10: 9.597 operaciones / 1.200.816 €

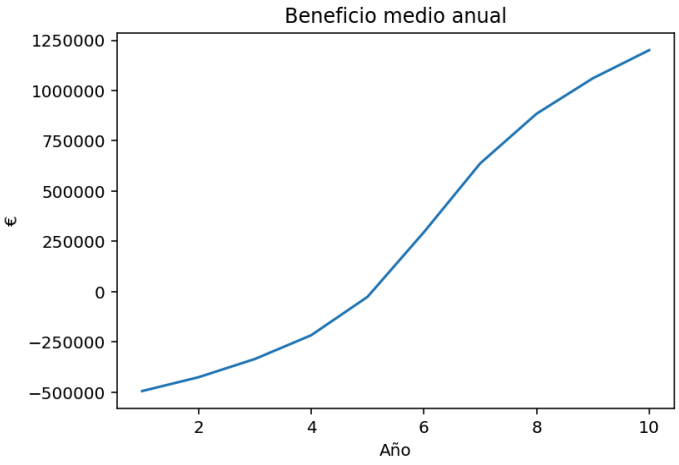

Figura 20: Beneficio medio anual - Andorra-La Seu

Finalmente, se resalta la transformación progresiva del mix de tráfico del aeropuerto. Donde hay una reducción del peso relativo de la aviación general, acompañado de un crecimiento significativo de la aviación ejecutiva, la cual es el principal vector de generación de valor:

Año	Comercial	Ejecutiva	General
1	7,00%	5,07%	87,92%
2	7,01%	5,24%	87,75%
3	7,03%	5,80%	87,18%
4	7,08%	7,50%	85,42%
5	7,23%	11,94%	80,52%
6	7,50%	20,00%	72,50%
7	7,77%	28,06%	64,18%
8	7,92%	32,50%	59,58%
9	7,97%	34,20%	57,82%
10	7,99%	34,76%	57,25%

Tabla 24: Mix del tráfico anual - Andorra-La Seu

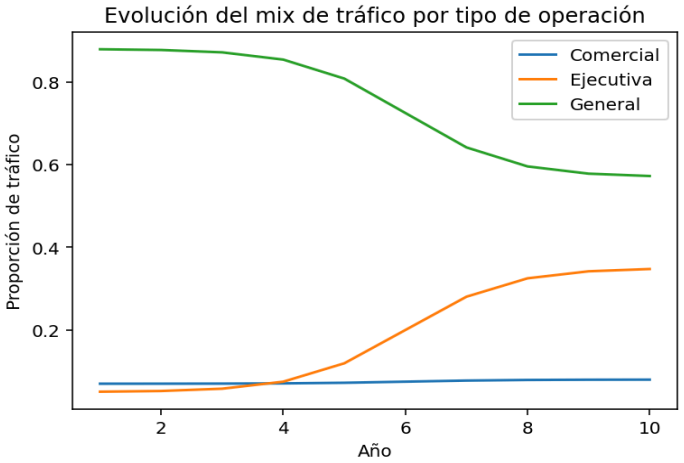

Figura 21: Evolución del mix de tráfico

En conjunto, se evidencia cómo el aeropuerto de Andorra-La Seu tiene una gran oportunidad mediante transformar su estructura de demanda, en la cual la aviación ejecutiva actúa como principal generador de valor añadido. Esto logra evidenciar que a veces un aeropuerto infrautilizado no se rige por el número de operaciones anuales, sino por el cambio en la composición de su demanda, logrando tener un beneficio progresivo y sostenido a partir de la consolidación del segmento ejecutivo.

6.1.3 Aeropuerto de Teruel

En cuanto al proyecto de ASET para el aeropuerto de Teruel, la simulación muestra un beneficio de 13.440.523€ al cabo de 10 años, siendo esta su distribución total en percentiles:

- Percentil 5 (P5): 7.490.377€
- Mediana (P50): 13.317.314€
- Percentil 95 (P95): 19.597.493€

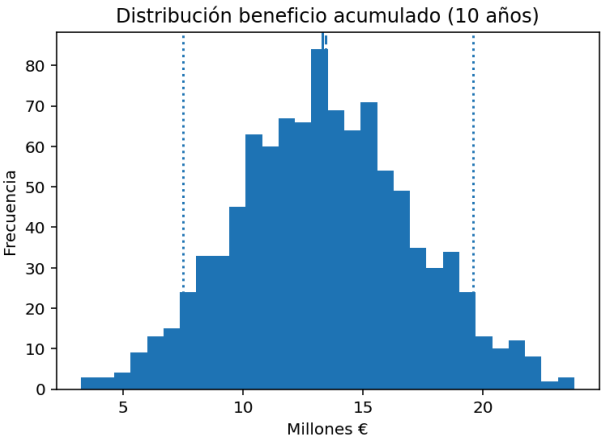

Figura 22: Beneficio acumulado - Teruel

Asimismo, la probabilidad de rentabilidad del proyecto se sitúa en el 100%, por lo que es un proyecto altamente rentable que, incluso considerando combinaciones pesimistas, conseguiría ser un modelo de negocio altamente rentable. Además, en cuanto al número de visitantes, presenta una evolución creciente y estable a lo largo de estos 10 años, siendo esta su evolución:

Año 1: 47.078 visitantes

Año 2: 51.629 visitantes

Año 3: 56.603 visitantes

Año 4: 59.581 visitantes

Año 5: 62.566 visitantes

Año 6: 65.842 visitantes

Año 7: 69.299 visitantes

Año 8: 71.492 visitantes

Año 9: 73.448 visitantes

Año 10: 75.628 visitantes

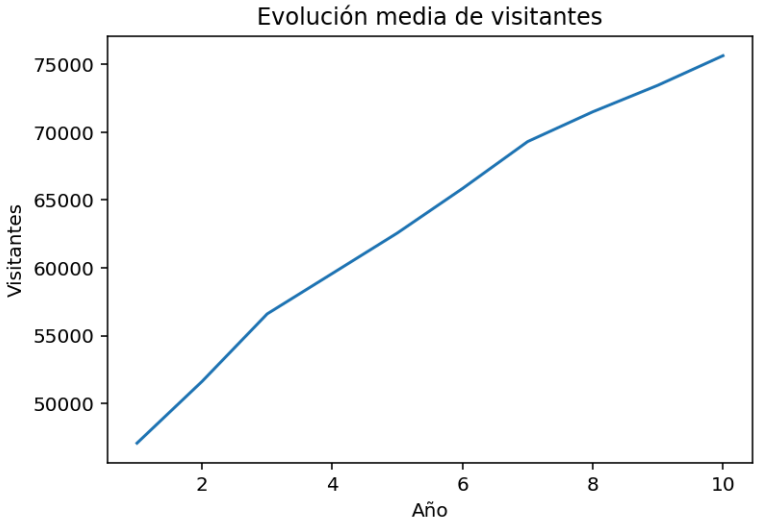

Figura 23: Evolución de visitantes - Teruel

Además, desde el primer año, presenta beneficios positivos que se sostienen y evolucionan positivamente desde el inicio de la actividad, identificando tres etapas diferentes que se ven muy influenciadas por el mayor número de visitantes, la

diversificación de ingresos y el precio de actividades complementarias como congresos y simuladores. Por lo cual, los primeros tres años se ve una consolidación inicial del proyecto con beneficios cercanos o superiores al millón de euros anuales; la fase 2 hasta el séptimo año representa una fase de crecimiento estable asociada al número de la demanda y, finalmente, la última fase es una etapa madura donde mantiene beneficios superiores a 1,5 millones de euros anuales, siendo este su total por año:

Año 1: 976.434€

Año 2: 1.082.549€

Año 3: 1.206.481€

Año 4: 1.282.157€

Año 5: 1.322.050€

Año 6: 1.408.528€

Año 7: 1.479.044€

Año 8: 1.520.315€

Año 9: 1.566.724€

Año 10: 1.596.341€

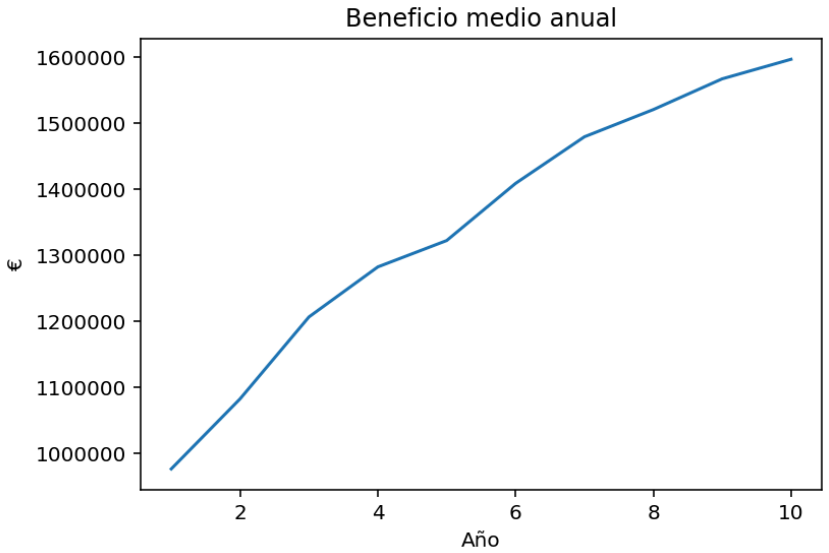

Figura 24: Beneficio medio anual - Teruel

Finalmente, cabe recalcar que los datos anteriores muestran que el proyecto de AeroSpace Experience Teruel presenta una evolución viable bajo el escenario planteado, la cual presenta una alta estabilidad financiera incluso bajo escenarios más pesimistas y conservadores. La clave es la diversificación de las actividades y priorizar la demanda turística y educativa, lo que permite consolidar un modelo de negocio rentable y complementario a la actividad industrial del aeropuerto sin tener que hacer cambios legales o grandes inversiones en el aeropuerto. A su misma vez, se refuerza su posicionamiento como referente europeo gracias a la atracción de visitantes especializados, actividades formativas y eventos tecnológicos, no solo en el ámbito MRO, sino que también en divulgación aeronáutica e innovación aeroespacial.

6.2 Comparativa de estrategias: eficacia y replicabilidad

En Castellón, la mejora de accesibilidad es el primer factor de crecimiento; esto se debe a que la simulación ha confirmado que cuando se elimina esa barrera, el aeropuerto es capaz de generar un crecimiento sostenido tanto en pasajeros como en beneficios, resaltando de esta manera que una infraestructura de estas dimensiones no se sostiene solamente por su posicionamiento o atractivo turístico, sino que exige inversiones elevadas y coordinación institucional prolongada para aumentar su atractivo. A pesar de las dificultades, su estrategia es fácilmente trasladable a otros aeropuertos con infraestructuras modernas pero limitaciones de conectividad.

En Andorra-La Seu, la estrategia no busca aumentar el volumen de tráfico, sino incrementar el valor económico por operación, captando tráfico premium y atrayendo un tipo de tráfico adaptado a las limitaciones físicas del aeropuerto con pista corta, su meteorología y sus restricciones, aprovechando un segmento de mercado con alta disposición a pagar. En este estudio, su replicabilidad es muy limitada, ya que requiere que exista un mercado premium cercano y un entorno geográfico bastante específico.

Por otra parte, Teruel presenta la estrategia con mayor potencial económico, apoyándose en la diversificación industrial y la creación de un producto turístico-tecnológico complementario al MRO. En este caso, su gran eficacia es mayor que su posible replicabilidad, ya que para este enfoque se requieren grandes superficies disponibles, un ecosistema industrial previo y una marca reconocida del sector, algo que pocos aeropuertos infrautilizados poseen.

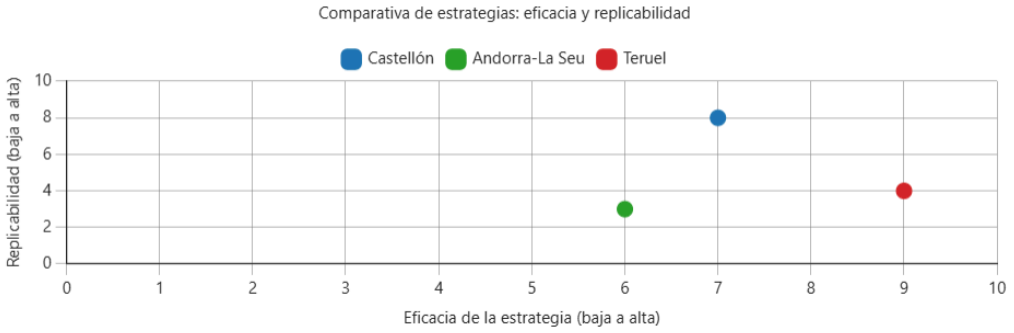

Figura 25: Comparativa de estrategias: eficacia y replicabilidad

6.3 Viabilidad técnica, operativa y económica

Viabilidad técnica

Ninguna de las estrategias requiere modificaciones incompatibles con la infraestructura existente: Castellón puede absorber el incremento de pasajeros sin necesidad de ampliar la terminal; Andorra-La Seu no necesita extender la pista ni incorporar sistemas avanzados de aproximación para operar en el segmento ejecutivo; y Teruel dispone de suelo suficiente para integrar ASET sin interferir en las operaciones MRO ni cambiar leyes relativas a la restricción de pasajeros dentro de la zona aeroportuaria.

Viabilidad operativa

Las tres estrategias se ajustan al modelo de actividad de cada aeropuerto, ya que mientras Castellón puede gestionar un aumento progresivo de pasajeros sin riesgo de saturación en el lado tierra o en el lado aire; Andorra-La Seu puede mantener un volumen manejable que no compromete la seguridad en un entorno montañoso; y Teruel puede compatibilizar la actividad industrial con la afluencia de visitantes sin interferir en la actividad de mantenimiento que se realiza allí diariamente.

Viabilidad económica

Los tres escenarios obtienen resultados positivos, pero con dinámicas diferentes; por ejemplo, el caso del aeropuerto de Castellón depende de la consolidación de la demanda y de la estabilidad del turismo; Andorra-La Seu basa su rentabilidad en un segmento de alto valor añadido que requiere fidelización y calidad de servicio; y Teruel logra ganar estabilidad gracias a la diversificación y a complementar entre actividad industrial y turística. Por lo cual, la fácil viabilidad del proyecto en estos tres sentidos logra que las ideas planteadas se puedan volver un éxito.

Los tipos de viabilidad que aplican a este proyecto de investigación son:

🟢 **Alta -** El proyecto es totalmente viable.

🟡 **Media-Alta**- Presenta cierto riesgo o inversión pero con grandes resultados.

🟠 **Media** - Cierta dificultad en hacerlo real pero técnicamente viable.

Aeropuerto	Técnica	Operativa	Económica
Castellón	🟢	🟢	🟠
Andorra-La Seu	🟢	🟢	🟡
Teruel	🟢	🟢	🟢

Tabla 25: Evaluación comparativa de viabilidad

6.4 Limitaciones e incertidumbre

A pesar de ser un análisis completo, presenta varias limitaciones que han sido derivadas principalmente de la disponibilidad de datos como de los supuestos del modelo. Un caso de ello es el de Andorra-La Seu, ya que presenta series históricas cortas con gran variabilidad, por ejemplo, un cambio brusco de pasajeros de un año a otro, principalmente derivadas de las rutas comerciales que operen, y no permite capturar completamente la complejidad del comportamiento de la demanda.

En segundo lugar, los modelos asumen estabilidad en los costes fijos, en las condiciones regulatorias y también en el comportamiento del mercado, cuando en la práctica podrían producirse cambios relevantes, especialmente en la normativa ambiental, la política de subvenciones o sensibilidad a precios energéticos. De esta manera, la simulación no incorpora eventos extremos de baja probabilidad pero alto impacto, como podría ser un cierre operativo prolongado o crisis económicas o sanitarias con gran impacto y que influyan en la movilidad aérea.

Para finalizar, la incertidumbre de los modelos Monte Carlo implica que los resultados se deben interpretar como rangos probables y no como predicciones deterministas de que sucederá. Si bien es cierto que los percentiles permiten acotar escenarios optimistas y pesimistas, la realidad puede situarse fuera de estos valores si se producen cambios estructurales que no hayan sido contemplados en el modelo.

Capítulo 7: Conclusiones

7.1 Conclusiones generales

Los resultados que se han obtenido permiten extraer algunas conclusiones clave sobre la situación de este tipo de infraestructuras aeroportuarias en España y sobre las estrategias que pueden llegar a contribuir a su sostenibilidad a largo plazo.

Desequilibrio estructural del sistema aeroportuario español: En España se ha construido un sistema aeroportuario con un gran desequilibrio interno y extremo que desafía cualquier lógica operativa. Esto se debe a que, mientras en el país operan más de 50 infraestructuras aeroportuarias públicas, el tráfico aéreo se concentra de gran forma en pocas de ellas. Los aeropuertos autonómicos, los cuales forman casi el 10% del sistema nacional, apenas generan el 0,1% del tráfico nacional, y todos ellos juntos mueven en un año lo que Madrid-Barajas gestiona en menos de dos días, por lo que esta desproporción evidencia que el problema no es la demanda, sino el modelo aplicado sin criterio territorial.

La demanda no es el único factor determinante: Los resultados sugieren que el rendimiento de un aeropuerto no depende exclusivamente del volumen de pasajeros que gestiona, sino que la adecuación y equilibrio entre características del territorio, capacidad de la infraestructura y la estrategia desarrollada tiene una influencia igual.

La especialización como alternativa de desarrollo: Los tres casos de estudio muestran que la especialización pensada en aprovechar sus ventajas competitivas puede llegar a triplicar el rendimiento económico por operación en aeropuertos pequeños y eliminar la dependencia de subvenciones en la mayoría de sus escenarios.

Importancia de la adaptación territorial: No existe un modelo aplicable a todos los aeropuertos, por lo que, si bien es cierto que puede haber modelos a seguir, siempre se debe llevar a cabo una investigación económica, geográfica y logística de cada aeropuerto de manera individualizada.

Necesidad de visión a largo plazo: La supervivencia de este tipo de aeropuertos no se basa en incrementar el tráfico de forma inmediata, sino que se debe basar en definir

funciones realistas y coherentes pensadas en generar una base de ingresos para un futuro.

En conjunto, el trabajo concluye que la red aeroportuaria española no necesita más pasajeros, sino mejor estrategia. La especialización no tiene que ser vista como una alternativa, sino como una herramienta que sea capaz de transformar aeropuertos de bajo nivel en infraestructuras útiles y sostenibles.

7.2 Conclusiones por aeropuertos individuales

Aeropuerto	Problema principal	Hallazgo principal	Estrategia recomendada
Castellón	Ausencia de mercado propio	El crecimiento del tráfico no corrige limitaciones estructurales	Conectividad ferroviaria
Andorra-La Seu	Escala y limitaciones operativas	El valor no depende únicamente del volumen	Nicho vuelos privados
Teruel	Dependencia del sector MRO	Éxito industrial con riesgo de concentración	Diversificación

Tabla 26: Tabla resumen de conclusiones por aeropuerto

Aeropuerto de Castellón

Problema identificado: El aeropuerto ha sido concebido como un modelo de transporte comercial sin tener una demanda que justificara aquella inversión; además, su área de influencia ya estaba servida por Valencia y Alicante, las cuales ofrecían mejores rutas y mejores conexiones.

Hallazgo principal: Siguiendo los resultados de simulación, el crecimiento del tráfico por sí solo no permite corregir las limitaciones que provienen de la competencia territorial y su accesibilidad terrestre, ni lo hará en un futuro cercano.

Conclusión estratégica: El futuro del aeropuerto puede depender exclusivamente de la demanda de pasajeros por su posible oferta; sin embargo, requiere una mayor inversión en el tren para poder garantizar su futuro y llegar a ser autosuficiente.

Aeropuerto de Andorra-La Seu

Problema identificado: El aeropuerto se evalúa como si fuera un aeropuerto regional convencional, dando por hecho la pérdida económica debido a sus limitaciones que lo impiden operar como uno habitual.

Hallazgo principal: El análisis realizado indica que no se puede medir su éxito mediante indicadores de volumen de pasajeros; sin embargo, sí se debe evaluar en términos de estacionalidad de la demanda o el valor generado por operación, ya que se tendría una visión más adecuada con su función en el territorio.

Conclusión estratégica: Su viabilidad está en la especialización al mercado VIP, servicios personalizados donde se tenga más en cuenta la experiencia y la comodidad del pasajero que en la búsqueda de crecer masivamente.

Aeropuerto de Teruel

Problema identificado: Aunque frecuentemente se ha comparado con aeropuertos comerciales, su desarrollo se ha basado principalmente en el ámbito MRO y no se le puede evaluar con las mismas métricas.

Hallazgo principal: Es un aeropuerto de alta referencia internacional para el almacenamiento de aviones; sin embargo, su alta dependencia actual del MRO hace que sus costes no superen sus ingresos y lo expone a dependencia de ciclos económicos.

Conclusión estratégica: Para garantizar su sostenibilidad futura, ha de diversificar las actividades desarrolladas dentro y en la zona cercana al aeropuerto, reduciendo la dependencia de una sola fuente de ingresos y aumentando su fuerza económica.

7.3 Implicaciones para la gestión aeroportuaria

Los resultados de esta investigación obligan a replantear la forma en que se gestionan los aeropuertos secundarios en España, porque la gestión aeroportuaria española sigue operando con los mismos ideales que se tenían hace 40 años, basados en un crecimiento ilimitado, expansión territorial y competencia por atraer aerolíneas incluso en territorios donde ese modelo nunca podrá funcionar.

- Necesidad de redefinir los objetivos estratégicos: Los resultados han indicado que el éxito no se puede evaluar únicamente por el número de pasajeros o las rutas que se operan; por ello, los gestores aeroportuarios deben abandonar la lógica de captar rutas como objetivo central y sustituirla por una lógica basada en crear utilidad.

- Toma de decisiones basada en evidencia: La planificación aeroportuaria debe basarse en análisis de demanda real, estudios de movilidad, simulaciones de escenarios y evaluaciones de impacto económico. Si esto no se lleva a cabo y se invierte en construir un aeropuerto por intuiciones políticas o comparaciones con aeropuertos mayores, hay muchas posibilidades de que haya un desajuste entre la infraestructura desarrollada y las necesidades reales.

- Adaptación continua al entorno: La gestión aeroportuaria debe integrar la variable del tiempo como factor estratégico; esto se debe a que muchos aeropuertos se han diseñado para un tipo de demanda que ya no existe o nunca llegó a existir. La gestión debe aceptar que un aeropuerto pueda necesitar redefinir su función varias veces a lo largo de su vida útil, al igual que hacen en los puertos, los polígonos industriales o los centros logísticos por culpa de cambios económicos, tecnológicos y sociales.

- Integración territorial y cooperación institucional: La gestión aeroportuaria debe dejar de trabajar de forma aislada, por lo que un aeropuerto pequeño no puede sobrevivir si actúa como una entidad totalmente independiente; necesita estar integrado en redes de transporte, cadenas logísticas, ecosistemas industriales y en estrategias turísticas de la región. La gestión debe pasar de un enfoque aeropuerto-céntrico a un enfoque territorio-céntrico, lo cual implica coordinarse con gobiernos autonómicos, operadores ferroviarios, universidades, centros tecnológicos o empresas privadas para construir un modelo adecuado donde el aeropuerto sea una pieza más de un sistema en lugar de un actor solitario que intenta justificar su existencia.

- Diversificación funcional como elemento principal: La dependencia de una sola actividad aumenta la vulnerabilidad de estas infraestructuras frente a cambios en el mercado; por ello, la diversificación de funciones y servicios es una buena herramienta para mejorar la estabilidad económica y operativa.

En síntesis, la gestión del siglo XXI no debe orientarse a operar pistas y terminales, sino a construir alianzas; es necesario que haya gestores que redefinan su propósito, que tomen decisiones apoyadas en datos, que acepten la necesidad de cambiar de rumbo y que integren cada infraestructura en un proyecto territorial más amplio.

7.4 Líneas futuras de investigación

En este estudio, se pone de manifiesto que el estudio de aeropuertos infrautilizados sigue ofreciendo muchas oportunidades de análisis, así que, a partir de las limitaciones que se han identificado y los hallazgos, se proponen las siguientes líneas futuras de investigación.

1. **Desarrollo de modelos predictivos y simulaciones avanzadas**

Una primera línea de investigación consiste en perfeccionar los modelos cuantitativos que permitan anticiparse al comportamiento de los aeropuertos secundarios ante cambios bruscos en el entorno económico, tecnológico o regulatorio. Por ejemplo, la pandemia demostró que la aviación es un sector demasiado sensible a shocks externos y la simulación utilizada en este estudio podría ampliarse para incorporar variables como la evolución del precio del combustible o la irrupción de futuras tendencias como la movilidad aérea avanzada, que podría alterar la demanda en aeropuertos pequeños.

2. **Comparación con modelos internacionales de éxito**

Otra línea de interés es el estudio entre aeropuertos españoles y casos internacionales que se han logrado reconvertir con éxito. Hay ejemplos en Europa y Estados Unidos donde aeropuertos secundarios han evolucionado hacia ecosistemas industriales, tecnológicos o educativos con resultados muy superiores a los obtenidos en España. Es importante analizar profundamente sus modelos, sus mecanismos de gobernanza, sus fuentes de financiación y su integración territorial, cosa que permitiría identificar patrones replicables y evitar errores recurrentes. El hecho de comparar podría complementarse con el análisis de modelos híbridos, donde un aeropuerto combina actividades comerciales, industriales y de innovación, algo poco explorado en España.

3. **Evaluación del impacto económico ampliado**

Futuras investigaciones podrían revisar el impacto económico real de los aeropuertos infrautilizados en su entorno, más allá de los indicadores tradicionales. En esta investigación se han expuesto diferentes indicadores más allá de los tradicionales, como medir el impacto en empleo directo o tráfico de pasajeros; por ejemplo, se dejan fuera variables como la atracción de empresas tecnológicas, la creación de cadenas de valor industriales o la capacidad de un aeropuerto para actuar como catalizador de inversión pública y privada.

4. **Digitalización y automatización de aeropuertos secundarios**

El avance de tecnologías como la gestión remota de torres de control, la automatización de procesos en terminales o la monitorización inteligente de infraestructuras puede reducir en gran medida los costes operativos y permitir que estos aeropuertos actualmente poco eficientes se acerquen a la autosuficiencia. Es importante ver cómo estas tecnologías pueden integrarse en aeropuertos como Castellón, La Seu o Teruel, ya que abriría un campo de estudio con implicaciones directas para la política aeroportuaria de España.

5. **Estudio de modelos aeroportuarios híbridos**

Finalmente, sería importante investigar la viabilidad de modelos que combinen diferentes actividades dentro de una infraestructura aeroportuaria. Es común y tendencia que en los últimos años se combinen en un aeropuerto diferentes actividades comerciales, industriales, logísticas, tecnológicas o de innovación, un foco aún poco explorado en España.

A modo de resumen, estas líneas de investigación muestran que el estudio de aeropuertos infrautilizados no es un tema cerrado, sino un campo de expansión que actualmente está desfasado para añadir nuevas metodologías, métricas y nuevas perspectivas. El futuro de estas infraestructuras dependerá de la capacidad de investigadores y gestores para anticiparse a los cambios, aprender de modelos internacionales y aprovechar las oportunidades tecnológicas que surgen. Por ello, este trabajo constituye un punto de partida, pero no un punto final.

Webgrafía/Bibliografía

[1] «AENA | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible». https://www.transportes.gob.es/aviacion-civil/centenario-transporte-aereo-espania/patrocinadores/aena#:~:text=En%20Espa%C3%B1a%20sus%2046%20aeropuertos,destinos%20en%20todo%20el%20mundo.

[2] «El PE pide frenar la proliferación de aeropuertos regionales deficitarios | Noticias | Parlamento Europeo». https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20120508IPR44651/el-pe-pide-frenar-la-proliferacion-de-aeropuertos-regionales-deficitarios

[3] M. Nuevo, «¿Cuántos aeropuertos sobran en España?», *Economía Digital*, 8 de febrero de 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.economiadigital.es/tendenciashoy/destinos/cuantos-aeropuertos-sobran-en-espana_604811_102.html

[4] I. Carrascón y N. Ribas, «El aeropuerto de Castellón, la obra faraónica que costó 158 millones y acumula pérdidas por cerca del mismo valor desde 2005», *Newtral*, 27 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.newtral.es/aeropuerto-castellon/20241126/

[5] Aeropuerto de Andorra – La Seu d'Urgell, "Horarios de vuelo," 2026. [En línea] https://www.andorraaeroport.com/horarios-de-vuelo

[6] «Rècord anual a l'aeroport d'Andorra-la Seu amb un 18% més de viatgers», *RTVA*. https://www.rtva.ad/noticies/economia/record-anual-a-l-aeroport-d-andorra-la-seu-amb-un-18-mes-de-viatgers

[7] V. Estiber, «Cómo llegar a Andorra: rutas más cortas y consejos», *Blog Estiber*, 22 de enero de 2024. https://www.estiber.com/blog/como-llegar-a-andorra/#:~:text=Para%20desplazarte%20de%20La%20Seu,un%20trayecto%20de%20una%20hora.

[8] «Información financiera presupuestaria y estadística». https://www.aeropuertodeteruel.com/es/transparencia/informacion-financiera

[9] R. E. Hom and J. C. Orman, "Airport Airside and Landside Interaction," in Airport Landside Capacity, Transportation Research Board, Special Report 159, Washington, DC, USA, pp. 196–208, 1975.

[10] Universitat Politècnica de València - UPV, "Ingeniería aeroportuaria. Niveles de servicio IATA 2014", YouTube, 3 de abril de 2020. [En linea]. Disponible: https://www.youtube.com/watch?v=tSnYFYsFB5o

[11] Study.com, "Airline companies calculate their break-even load factor… discuss why calculating break-even is important for any company that provides a service similar to airlines." [Online]. Available: https://homework.study.com/explanation/airline-companies-calculate-their-break-even-load-factor-which-is-how-many-seats-have-to-be-filled-in-order-for-the-airline-to-break-even-for-that-flight-discuss-why-calculating-break-even-is-important-for-any-company-that-provides-a-service-similar-to.html

[12] SkyCargo, «Emirates SkyCargo adds Liege, Belgium to its freighter network», Emirates SkyCargo Adds Liege, Belgium To Its Freighter Network, 23 de enero de 2026. https://www.skycargo.com/media-centre/emirates-skycargo-adds-liege-belgium-to-its-freighter-network/#:~:text=Perfectly%20located%20at%20the%20heart,in%20cargo%20volumes%20in%202025.

[13] T. L. Pyrénées, «Corporate | Tarbes Lourdes Pyrénées». https://www.tlp.aeroport.fr/page-en/corporate-1

[14] «Airport - Cascais Airport», Cascais Airport, 23 de julio de 2025. https://cascaisairport.pt/en/airport/

[15] Rotorua Lakes Council, "Rotorua Airport," Rotorua Lakes Council. [En línea]. Disponible en: https://www.rotorualakescouncil.nz/our-council/cco/airport

[16] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *Reducir la desigualdad y avanzar hacia el desarrollo social inclusivo en América Latina y el Caribe: desafíos, prioridades y mensajes de cara a la Segunda Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social*. Santiago, Chile: CEPAL, 2024. [En línea]. Disponible: https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/04f7437d-31ea-41a1-822e-1a8695e672f4/content

[17] Admin y Admin, «Importancia de aeropuertos regionales en conectividad y economía», *Revista Completa*, 14 de enero de 2026. https://revistacompleta.com/aeropuertos-regionales-conectividad-clave/

[18] «Regional Strategy | Airport Regions Council», *Airport Regions Council*. https://www.airportregions.org/regional-strategy

[19] A. Raeburn, «Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)», *Asana*, 1 de julio de 2025. https://asana.com/es/resources/swot-analysis

[20] EAE Barcelona Business School, «La importancia del análisis PESTEL en las empresas», *EAE Barcelona Business School*, 22 de septiembre de 2025. https://www.eaebarcelona.com/es/blog/analisis-pestel

[21] M. Alonso, «Qué son las 5 fuerzas de Porter y cómo analizarlas», Asana, 18 de noviembre de 2025. https://asana.com/es/resources/porters-five-forces

[22] «¿Qué es el modelo Canvas? [LOS 9 CUADRANTES DESCIFRADOS]», Zendesk, 26 de septiembre de 2023. https://www.zendesk.com.mx/blog/modelo-canvas-que-es/

[23] A. Sheel, "Monte Carlo simulations and scenario analysis—Decision-making tools for hoteliers," *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, vol. 36, no. 5, pp. 18–26, Oct. 1995. [En linea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/247273789_Monte_Carlo_simulations_and_scenario_analysis_-_Decision-making_tools_for_hoteliers

[24] «Publicación de Información Aeronáutica (AIP)», *ENAIRE*. https://www.enaire.es/productos_y_servicios_de_navegacion_aerea/navegacion_aerea/servicio_de_informacion_aeronautica_ais/publicacion_de_informacion_aeronautica_aip_

[25] P. S. Di Gregorio, C. A. Di Bernardi, A. J. Pesarini y V. J. Nadal Mora, Indicadores de uso aeroportuario. La Plata, Buenos Aires, Argentina: Grupo de Trabajo Aeropuertos (GTA), Área Departamental Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. [En línea]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60626/Documento_completo__.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed

[26] K. Gowda K.S., E. Uday Kumar, V. Sindhamani y A. D. Sharma, Understanding Airport Resilience & Adaptation: Insights from Airport Managers, en Environmental Report 2025, cap. 13, pp. 406–?, Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization (ICAO). [En línea]. Disponible en: https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/environmental-protection/Documents/EnvironmentReport-2010/2025/Envreport2025_113.pdf#:~:text=To%20address%20these%20challenges%2C%20airports%20need%20to,operations%20and%20safety%20for%20passengers%20and%20staff.

[27] Organización de Aviación Civil Internacional, Manual sobre los aspectos económicos de los aeropuertos, 3.ª ed., Doc 9562. Montreal, QC, Canadá: OACI, 2013. [En línea]. Disponible en: https://www.icao.int/sites/default/files/2024-12/9562_3ed_es.pdf

Otros contenidos que han servido como apoyo a las decisiones tomadas para cada aeropuerto:

- **Aeropuerto de Castellón:**

- D. A.- Enaire, «AIP España». https://aip.enaire.es/AIP/

- «¿Cuánto cuesta cada kilómetro de la red de alta velocidad española?», Treneando, 13 de octubre de 2013. https://treneando.com/2013/10/14/cuanto-cuesta-cada-kilometro-de-la-red-de-alta-velocidad-espanola/

- «Mapa topográfico España, altitud, relieve», *Mapas Topográficos*. https://es-es.topographic-map.com/map-c2dtj/Espa%C3%B1a/

- "Geometría y trazado," Universidad de Cantabria. [Online]. Available: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/3092/course/section/2947/9.0%20Geometria%20y%20Trazado.pdf"Geometría y trazado," Universidad de Cantabria. [Online]. Available: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/3092/course/section/2947/9.0%20Geometria%20y%20Trazado.pdf

- **Aeropuerto de Andorra - La Seu:**

- D. A.- Enaire, «AIP España». https://aip.enaire.es/AIP/

- "Informe anual de aeropuertos 2025," Aeroports de Catalunya, Generalitat de Catalunya. [Online]. Available: https://gencat.cat/territori/aeroports-de-catalunya/informe-aeroports-anual-2025.html

- "Tarifas aeronáuticas 2025 – Aeropuertos de Lleida-Alguaire y Andorra-La Seu," Aeroports de Catalunya, Generalitat de Catalunya. [Online]. Available: https://aeroports.gencat.cat/web/.content/02-gestio-aeronautica/fitxers/tarifes-lleida-la-seu-2025-es.pdf

- **Aeropuerto de Teruel:**

- D. A.- Enaire, «AIP España». https://aip.enaire.es/AIP/

- «Museos de aviación en Europa - WhichMuseum». https://whichmuseum.es/lugar/europa-18287/t-aviacion

Anexos

Anexo I: Código Python para el aeropuerto de Castellón

A continuación se muestra un fragmento representativo del script, correspondiente al bloque donde se inicializan las variables y se ejecuta el bucle principal de simulaciones. El código completo, incluyendo generación de gráficos, cálculo de percentiles y procesamiento de resultados, puede consultarse en el repositorio digital del proyecto: https://drive.google.com/file/d/11vU9qOfLtXZi-ex2_Gkj49hK_uyEpaZf/view?usp=drive_link

```
# -------------------------
# Simulacion principal
# -------------------------
sim = 0
while sim < n_simulaciones:
    beneficios_anuales = []
    pasajeros_anuales = []
    # demanda inicial de pasajeros
    demanda_inicial = np.random.normal(330000, 30000)
    factor_tren = np.random.uniform(1.20, 1.25)
    demandaActual = demanda_inicial * factor_tren
    IngresoPax = np.random.uniform(10, 15)
    CosteFijo = np.random.uniform(12_000_000, 13_000_000)
    coste_variable = np.random.uniform(3.5, 6)
    beneficio_total = 0
    año = 0
    while año < años:
        # crecimiento de demanda
        crecimiento_demanda = np.random.normal(0.09, 0.03)
        demandaCalc = demandaActual * (1 + crecimiento_demanda)
        demandaActual = demandaCalc
```

```
pasajeros_anuales.append(demandaActual)
# print
crecimiento_ingreso = np.random.normal(0.025, 0.01)
IngresoPax = IngresoPax * (1 + crecimiento_ingreso)
ingresos_comerciales = np.random.uniform(3, 6)
ingresos = demandaActual * (IngresoPax + ingresos_comerciales)
# costes
costes = CosteFijo + (coste_variable * demandaActual)
eficiencia = 1 / (1 + np.log1p(demandaActual) / 20)
costes = costes * eficiencia
# beneficio
beneficio = ingresos - costes
beneficios_anuales.append(beneficio)
beneficio_total = beneficio_total + beneficio
año = año + 1
```

Anexo II: Código Python para el aeropuerto de Andorra-La Seu

El segundo modelo desarrollado corresponde a la simulación de operaciones aeroportuarias, ingresos aeronáuticos y no aeronáuticos, costes por tipo de tráfico y evolución del mix operativo. En este apartado, se ofrecerá un fragmento centrado en la función utilizada para la transición del mix del tráfico y el inicio del bucle. El código completo puede consultarse en el siguiente repositorio digital:

https://drive.google.com/file/d/1yqQMDUMvVIalGFT7mLaaaI5-WrtuonYW/view?usp=drive_link

```
# ------------------------
# SIMULACION
# ------------------------
sim = 0
while sim < n_simulaciones:
    ops = ops_iniciales
    coste_fijo = np.random.uniform(1_200_000, 1_600_000)
    benef_anual_sim = []
    ops_local = []
    año = 0
    while año < años:
        crecimiento = np.random.triangular(0.025, 0.045, 0.065)
        crecimiento = crecimiento * np.random.normal(1.0, 0.05)
        ops = ops * (1 + crecimiento)
        ops_media[año] = ops_media[año] + ops
        ops_local.append(ops)
        m = mix(año)
        ops_co = ops * m["comercial"]
        ops_ej = ops * m["ejecutiva"]
        ops_ge = ops * m["general"]
        ing_ej = np.random.triangular(450, 500, 550)
```

```
    ing_co = np.random.triangular(450, 520, 650)
    ing_ge = np.random.triangular(10, 30, 70)
    ingresos_ej = ops_ej * ing_ej
    ingresos_co = ops_co * ing_co
    ingresos_ge = ops_ge * ing_ge
    ingresos_aero = ingresos_ej + ingresos_co + ingresos_ge
    ingresos_no_aero = np.random.triangular(
        300_000 + año * 40_000,
        550_000 + año * 50_000,
        900_000 + año * 60_000
    )
    ingresos_totales = ingresos_aero + ingresos_no_aero
    coste_ej = ops_ej * np.random.uniform(90, 140)
    coste_co = ops_co * np.random.uniform(180, 280)
    coste_ge = ops_ge * np.random.uniform(5, 15)
   coste_extra = np.random.uniform(50_000, 150_000)
    costes_totales = coste_fijo + coste_ej + coste_co + coste_ge + coste_extra
    beneficio = ingresos_totales - costes_totales
    benef_anual_sim.append(beneficio)
    año = año + 1
benef_anual.append(benef_anual_sim)
benef_total.append(sum(benef_anual_sim))
sim = sim + 1
```

Anexo III: Código Python para el aeropuerto de Teruel

Este modelo mide la evolución del número de visitantes, los ingresos por líneas de negocio, los costes operativos, el beneficio anual y el periodo de recuperación del payback. A continuación se presenta un fragmento centrado en la función de crecimiento dinámico y el inicio del bucle principal de simulación. El código completo se puede consultar en el siguiente repositorio:

https://drive.google.com/file/d/1cxoQ-uKbkYVZ17pnIlE4gkHvGwWTJ_at/view?usp=drive_link

```
# ====================================
# funciones
# ====================================
def crecimiento_dinamico(año):
    # dependiendo del año cambia un poco el crecimiento
    if año < 3:
        return np.random.triangular(
            0.06,
            0.11,
            0.18
        )

    elif año < 7:
        return np.random.triangular(
            0.04,
            0.07,
            0.11
        )
    else:
        return np.random.triangular(
            0.03,
            0.05,
            0.08
        )
# ====================================
```

```
# parametros (los dejo aqui abajo)
# ====================================
n_simulaciones = 1000
años = 10
inversion_inicial = 6200000
tasa_descuento = 0.07
# no tocar de aquí para abajo
# ====================================
benefTotal_lista = []
benef_anual_lista = []
visitantes_medios = np.zeros(años)
paybacks = []
# ====================================
# Simulacion Monte Carlo
# ====================================
sim = 0
while sim < n_simulaciones:
  visitantes = np.random.triangular(
    28000,
    40000,
    60000
  )
  flujo_acumulado = -inversion_inicial
  payback = None
  beneficios_año = []
  año = 0
  while año < años:
    crecimiento = crecimiento_dinamico(año)
    crecimiento = crecimiento * np.random.normal(
      1.0,
      0.08
    )
    visitantes = visitantes * (1 + crecimiento)
    # print("debug:", visitantes)
```

```
# impacto negativo aleatorio
if np.random.rand() < 0.08:
    shock = np.random.uniform(
        0.15,
        0.35
    )
    visitantes = visitantes * (1 - shock)
visitantes_medios[año] += visitantes
# entradas
precio_entrada = np.random.triangular(
    15,
    18,
    22
)
ingresos_entradas = visitantes * precio_entrada
# simuladores
penetracion_sim = np.random.triangular(
    0.10,
    0.15,
    0.22
)
usuarios_sim = visitantes * penetracion_sim
precio_sim = np.random.triangular(
    22,
    27,
    35
)
ingresos_sim = usuarios_sim * precio_sim
# congresos
eventos = np.random.triangular(
    20,
    40,
    65
)
```

```
ingreso_evento = np.random.triangular(
    4000,
    6000,
    9000
)
ingresos_congresos = eventos * ingreso_evento
# merchandising
gasto_merch = np.random.triangular(
    1,
    2.5,
    5
)
ingresos_merch = visitantes * gasto_merch
# talleres
ingresos_talleres = np.random.triangular(
    40000,
    75000,
    120000
)
# cafeteria
ingresos_cafeteria = (
    30000 +
    visitantes * 0.6 *
    np.random.triangular(
        1.5,
        3,
        4
    )
)
ingresos_totales = (
    ingresos_entradas +
    ingresos_sim +
    ingresos_congresos +
    ingresos_merch +
```

```
        ingresos_talleres +
        ingresos_cafeteria
    )
    # costes
    CosteBase = np.random.triangular(
        520000,
        600000,
        760000
    )
    inflacion = np.random.normal(
        0.025,
        0.01
    )
    CosteBase = CosteBase * (1 + inflacion) ** año
    coste_extra = np.random.triangular(
        0,
        25000,
        120000
    )
    costes = CosteBase + coste_extra
    # beneficio
    beneficio = ingresos_totales - costes
    beneficios_año.append(beneficio)
    flujo_acumulado = flujo_acumulado + beneficio
    if flujo_acumulado > 0 and payback is None:
        payback = año + 1
    año = año + 1
benef_anual_lista.append(beneficios_año)
benefTotal_lista.append(sum(beneficios_año))
if payback is not None:
    paybacks.append(payback)
sim = sim + 1
```