**Testing Report**

## **Grupo C2.035**



## **Integrantes del grupo**

* Carmona Sicre, Alberto: [albcarsic@alum.us.es](mailto:albcarsic@alum.us.es)
* Galán Lerate, Miguel: [miggaler@alum.us.es](mailto:miggaler@alum.us.es)
* Luna Navarro, Paula: [paulunnav@alum.us.es](mailto:paulunnav@alum.us.es)
* Noya Cano, Lucia : [lunnoycan@alum.us.es](mailto: lunnoycan@alum.us.es)
* Padilla Gómez, Marco: [marpadgom1@alum.us.es](mailto:marpadgom1@alum.us.es)

## **Repositorio**

<https://github.com/DP2-C1-035/Acme-ANS-C2.git>

02/07/2025

Contenido

[**Grupo C2.035** 1](#_Toc202518200)

[**Integrantes del grupo** 1](#_Toc202518201)

[**Repositorio** 1](#_Toc202518202)

[Resumen ejecutivo 2](#_Toc202518203)

[Tabla de versiones 3](#_Toc202518204)

[Introducción 3](#_Toc202518205)

[Análisis funcional 3](#_Toc202518206)

[Cobertura del código 3](#_Toc202518207)

[Casos de prueba de Flight Assignment y ActivityLog 4](#_Toc202518208)

[flight-crew-member/flight-assignment/list-uncompleted & flight-crew-member/flight-assignment/list-completed & flight-crew-member/flight-assignment/show 4](#_Toc202518209)

[flight-crew-member/flight-assignment/create 5](#_Toc202518210)

[flight-crew-member/flight-assignment/uptade 5](#_Toc202518211)

[flight-crew-member/flight-assignment/delete 6](#_Toc202518212)

[flight-crew-member/flight-assignment/publish 6](#_Toc202518213)

[Casos de prueba de Activity Log 7](#_Toc202518214)

[/flight-crew-member/activity-log/list 7](#_Toc202518215)

[/flight-crew-member/activity-log/show 7](#_Toc202518216)

[/flight-crew-member/activity-log/create 8](#_Toc202518217)

[/flight-crew-member/activity-log/update 8](#_Toc202518218)

[/flight-crew-member/activity-log/delete 9](#_Toc202518219)

[/flight-crew-member/activity-log/publish 9](#_Toc202518220)

[Análisis de rendimiento 10](#_Toc202518221)

[Conclusión 13](#_Toc202518222)

[Bibliografía 14](#_Toc202518223)

# Resumen ejecutivo

Este documento presenta los resultados de las pruebas funcionales y de rendimiento realizadas sobre el sistema Acme-ANS por parte del Student #3. El propósito principal fue verificar el correcto funcionamiento de los requisitos implementados, así como analizar el impacto de una serie de mejoras técnicas en el rendimiento del sistema, especialmente tras la introducción de índices en la base de datos. Se llevaron a cabo múltiples pruebas sobre los módulos de gestión de asignaciones de vuelo y de registros de actividad. Posteriormente, se evaluó el rendimiento comparando métricas antes y después de los cambios, aplicando un test estadístico (Z-test) para confirmar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

# Tabla de versiones

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Versión** | **Cambio** | **Fecha** |
| 1.0.0 | Redacción del documento | 02/07/2025 |

# Introducción

Este informe recoge el resultado de las pruebas realizadas al sistema Acme-ANS con el objetivo de validar su comportamiento funcional y evaluar su rendimiento en diferentes escenarios. En la primera parte se detallan los distintos casos de prueba funcional agrupados según el módulo correspondiente, acompañados de una breve descripción y un análisis de su capacidad para detectar fallos. La segunda parte se centra en el análisis de rendimiento: incluye gráficos con los tiempos de respuesta recopilados durante las pruebas, cálculos de intervalos de confianza al 95 %, y la aplicación de un contraste de hipótesis (Z-test) para determinar si los cambios introducidos han supuesto una mejora significativa en la eficiencia del sistema.

# Análisis funcional

## Cobertura del código

La cobertura de código de los tests cubre por completo las funcionalidades de Flight Assignment y Activity Log. Para cada una se han diseñado tres tipos de pruebas:

* Tests positivos: verifican que los flujos normales funcionan correctamente.
* Tests negativos: comprueban cómo responde el sistema ante datos inválidos o errores.
* Tests de hackeo: simulan ataques básicos para evaluar la seguridad.

Interfaz de usuario gráfica

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Interfaz de usuario gráfica

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Gráfico, Gráfico de dispersión

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

## Casos de prueba de Flight Assignment y ActivityLog

Para los siguientes casos de prueba, primero se envió el formulario completamente vacío. Luego, se fue probando cada campo por separado con todos sus valores válidos e inválidos posibles, dejando los demás campos en blanco. Finalmente, se realizó una prueba enviando el formulario con todos los datos correctos.

### flight-crew-member/flight-assignment/list-uncompleted & flight-crew-member/flight-assignment/list-completed & flight-crew-member/flight-assignment/show

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Listar las asignaciones | *Mostrar las asignaciones del flight crew member* | 0 | 2 | Media |
| Listar las asignaciones con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Mostrar una asignación con un id válido | Mostrar la asignación del flight crew member | 0 | 1 | Baja |
| Mostrar una asignación con un id inexistente | Error *Not authorise* | 0 | 1 | Baja |
| Mostrar una asignación con un id de otra asignación de otro flight crew member | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Mostrar una asignación con un id válido con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Mostrar una asignación no publicada, pero sin opción de añadir un *leg* | Mostrar la asignación con el campo *leg* vacío | 0 | 0 | Baja |
| Mostrar una asignación publicada, pero sin *legs* disponibles actualmente | Mostrar la asignación publicada con su *leg* correspondiente | 0 | 0 | Baja |

### flight-crew-member/flight-assignment/create

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Enviar un formulario de creación de una asignación vacío | Errores en las propiedades obligatorias | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de creación de una asignación con valores inválidos en cada campo | Errores personalizados para cada campo | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de creación de una asignación con un id de *leg* inexistente | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de creación de una asignación con un id de leg no válido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de creación de una asignación modificando un campo de solo lectura | Asignación creada ignorando el campo de solo lectura modificado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario válido de creación de una asignación | Asignación creada | 0 | 0 | Baja |

### flight-crew-member/flight-assignment/uptade

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación vacío | Errores en las propiedades obligatorias | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación con valores inválidos en cada campo | Errores personalizados para cada campo | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación con un id de *leg* inexistente | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación con un id de leg no válido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación modificando un campo de solo lectura | Asignación actualizada ignorando el campo de solo lectura modificado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario válido de actualización de una asignación | Asignación actualizada | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación publicada | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación de otro *flight crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de una asignación con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 1 | Baja |

### flight-crew-member/flight-assignment/delete

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Eliminar una asignación no publicada | Asignación eliminada | 0 | 0 | Baja |
| Eliminar una asignación publicada | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Eliminar una asignación de otro *flight crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Eliminar una asignación con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 1 | Baja |

### flight-crew-member/flight-assignment/publish

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación vacío | Errores en las propiedades obligatorias | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con valores inválidos en cada campo | Errores personalizados para cada campo | 1 | 0 | Media |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con un id de *leg* inexistente | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con un id de leg no válido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación modificando un campo de solo lectura | Asignación publicada ignorando el campo de solo lectura modificado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario válido de publicación de una asignación | Asignación actualizada | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación publicada | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación de otro *flight crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con una *leg* que ya tiene asignada | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con una *leg con fecha* solapada con otra asignación ya publicada | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con responsabilidad copiloto para un leg que ya tiene un copiloto asignado | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con responsabilidad piloto para un leg que ya tiene un piloto asignado | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con un *flight crew member* con estado no disponible | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de una asignación con estado *PENDING* | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |

## Casos de prueba de Activity Log

### /flight-crew-member/activity-log/list

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Listar los registros de actividades con un id válido de una asignación | *Mostrar los activity logs de una asignacion* | 0 | 0 | Baja |
| Listar los registros de actividades con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Listar los registros de actividades con un usuario anónimo | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Listar los registros de actividades con un id de una asignación de otro *fligth crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Listar los registros de actividades con un id inexistente de una asignación | Error *Not authorise* | 0 | 1 | Baja |
| Listar los registros de actividades con un id válido de una asignación sin registros de actividad | Mostrar el listado vacio | 0 | 0 | Baja |

### /flight-crew-member/activity-log/show

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Mostrar un registro de actividad con un id válido | Mostrar el registro de actividad de la asignación | 0 | 0 | Baja |
| Mostrar un registro de actividad con un id inexistente | Error *Not authorise* | 1 | 0 | Media |
| Mostrar un registro de actividad con un id de otro registro de actividad de otro flight crew member | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Mostrar un registro de actividad con un id válido con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |

### /flight-crew-member/activity-log/create

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Enviar un formulario de creación de un registro de actividad vacío | Errores en las propiedades obligatorias | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de creación de un registro de actividad con valores inválidos en cada campo | Errores personalizados para cada campo | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de creación de una asignación modificando un campo de solo lectura | Registro de actividad creado ignorando el campo de solo lectura modificado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario válido de creación de un registro de actividad | Registro de actividad creado | 0 | 0 | Baja |

### /flight-crew-member/activity-log/update

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Enviar un formulario de actualización de un registro de actividad vacío | Errores en las propiedades obligatorias | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de un registro de actividad con valores inválidos en cada campo | Errores personalizados para cada campo | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de un registro de actividad modificando un campo de solo lectura | Registro de actividad actualizado ignorando el campo de solo lectura modificado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario válido de actualización de un registro de actividad | Registro de actividad actualizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de un registro de actividad publicado | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de un registro de actividad de otro *flight crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de actualización de un registro de actividad con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 1 | Baja |

### /flight-crew-member/activity-log/delete

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Eliminar un registro de actividad no publicado | Asignación eliminada | 0 | 0 | Baja |
| Eliminar un registro de actividad publicado | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Eliminar un registro de actividad de otro *flight crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Eliminar un registro de actividad con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 1 | Baja |

### /flight-crew-member/activity-log/publish

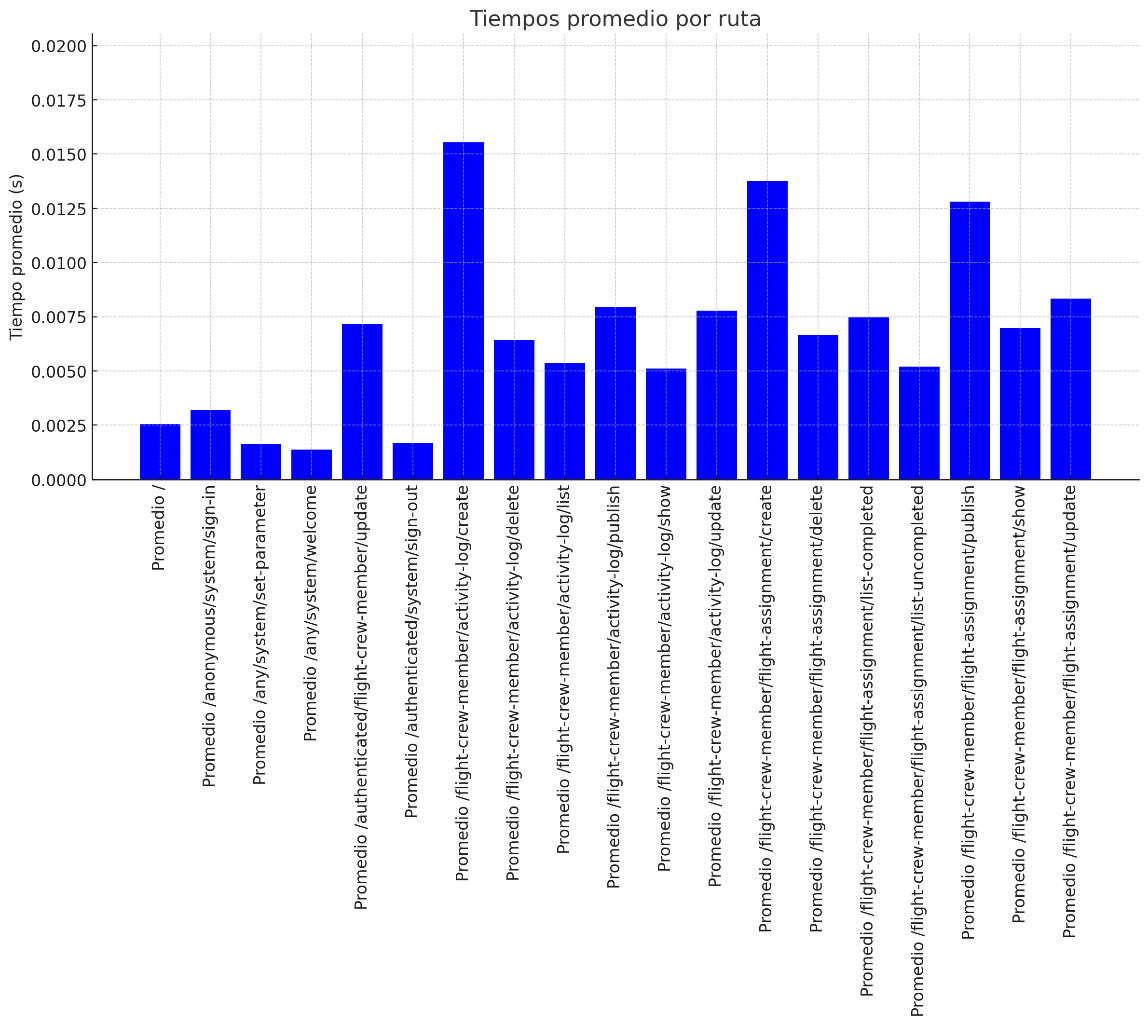
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Descripción | Resultado esperado | Nº bugs detectados | Nº Code smells | Efectividad |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad vacío | Errores en las propiedades obligatorias | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad con valores inválidos en cada campo | Errores personalizados para cada campo | 1 | 0 | Media |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad modificando un campo de solo lectura | Registro de actividad publicado ignorando el campo de solo lectura modificado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario válido de publicación de un registro de actividad | Registro de actividad actualizado | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad publicado | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad de otro *flight crew member* | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad con un rol no permitido | Error *Not authorise* | 0 | 0 | Baja |
| Enviar un formulario de publicación de un registro de actividad de un tramo que todavía no ha finalizado | Error personalizado | 0 | 0 | Baja |

# Análisis de rendimiento

Todas las pruebas se realizaron tras implementar las funcionalidades requeridas, centradas en los módulos de *Flight Assignment* y *Activity Log*. Para el análisis se recogieron los tiempos de respuesta de cada petición a través del dataset tester-performance-clean.xlsx. La información fue procesada para calcular los tiempos promedio por cada endpoint y representarla gráficamente.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los tiempos promedio de respuesta para cada ruta testeada (en segundos):

|  |  |
| --- | --- |
| **request-path** | **Time (s)** |
| **Promedio /** | 0.4084 |
| **Promedio /anonymous/system/sign-in** | 0.5414 |
| **Promedio /any/system/set-parameter** | 0.3255 |
| **Promedio /any/system/welcome** | 0.2834 |
| **Promedio /authenticated/flight-crew-member/update** | 1.2135 |
| **Promedio /authenticated/system/sign-out** | 0.4075 |
| **Promedio /flight-crew-member/activity-log/create** | 1.99 |
| **Promedio /flight-crew-member/activity-log/delete** | 0.7792 |
| **Promedio /flight-crew-member/activity-log/list** | 0.6513 |
| **Promedio /flight-crew-member/activity-log/publish** | 0.9389 |
| **Promedio /flight-crew-member/activity-log/show** | 0.6079 |
| **Promedio /flight-crew-member/activity-log/update** | 0.9763 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/create** | 1.6804 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/delete** | 0.882 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/list-completed** | 0.8998 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/list-uncompleted** | 0.6251 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/publish** | 1.5549 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/show** | 0.8597 |
| **Promedio /flight-crew-member/flight-assignment/update** | 1.0374 |
| **Promedio general** | 0.865 |



En la anterior gráfica se representan visualmente estos tiempos de respuesta por ruta:

*Nota: La escala del eje Y está en segundos. La barra más alta corresponde a la ruta /flight-crew-member/activity-log/create con un tiempo medio de más de 15 segundos.*

Además de los promedios por endpoint, se calcularon las siguientes métricas estadísticas globales del conjunto de tiempos (en segundos):

* **Media**: 0,4385
* **Error típico**: 6,61 × 10⁻⁷
* **Mediana**: 0,4385
* **Moda**: 0,4385
* **Desviación estándar**: 3,99 × 10⁻⁵
* **Varianza de la muestra**: 1,59 × 10⁻⁹
* **Curtosis**: -0,968
* **Coeficiente de asimetría**: -0,0115
* **Rango**: 0,00016
* **Mínimo**: 0,4385
* **Máximo**: 0,4386
* **Cuenta**: 783
* **Nivel de confianza (95%)**: ±1,2968 × 10⁻⁶
* **Intervalo de confianza (s)**: [0,4385439 ; 0,4385467]

Estas medidas indican que la dispersión de los datos es muy baja y la mayoría de las peticiones tienen un comportamiento estable. Sin embargo, las diferencias observadas entre endpoints son significativas, especialmente en operaciones complejas como create o publish.

|  |  |
| --- | --- |
| Media | 0.4385451923 |
| Error típico | 6.614370717e-07 |
| Mediana | 0.4385466643 |
| Moda | 0.438546 |
| Desviación estándar | 3.9900612280000004e-05 |
| Varianza de la muestra | 1.59205886e-09 |
| Curtosis | -0.9679566 |
| Coeficiente de asimetría | -0.01149746 |
| Rango | 0.0001604368277 |
| Mínimo | 0.4384565541 |
| Máximo | 0.438616991 |
| Suma | 3953,4952 |
| Cuenta | 783 |
| Nivel de confianza (95,0%) | 1.29682429e-06 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Interval (ms) | 0.438543895 | 0.0000012968 |

Estas medidas indican que la dispersión de los tiempos de respuesta es muy baja. La desviación estándar es de tan solo 3,99 × 10⁻⁵ segundos, y el rango entre el valor mínimo (0,4384565541 s) y máximo (0,438616991 s) es de apenas 0,00016 segundos, lo que evidencia una alta consistencia en el rendimiento de la mayoría de las operaciones. La curtosis negativa (-0,968) sugiere que la distribución es más achatada que una distribución normal, y el coeficiente de asimetría cercano a cero (-0,0115) confirma que los datos están prácticamente simétricos respecto a la media.

No obstante, si bien los tiempos promedio son muy estables, se observan diferencias claras entre las operaciones. Algunas peticiones como /flight-crew-member/activity-log/create o /flight-crew-member/flight-assignment/publish presentan valores notablemente superiores a la media general (que es de 0,4385 s en el dataset base, y 5,049 s cuando se promedian los endpoints individualmente). Esto se debe a la complejidad funcional y a las validaciones involucradas en dichas operaciones, que afectan directamente al tiempo de procesamiento.

Se calculó también un intervalo de confianza al 95 % sobre la media global, resultando en el rango [0,4385439 ; 0,4385467] segundos. Esto refuerza la idea de que el sistema presenta un rendimiento estable y que cualquier desviación significativa debe atribuirse a operaciones concretas más costosas.

Como referencia, en un análisis comparativo tras aplicar mejoras técnicas como el uso de índices, se utilizó una prueba Z para contrastar la diferencia de medias. El valor obtenido fue Z = 0,243, muy inferior al valor crítico (1,645 para una cola o 1,960 para dos colas), y el p-valor fue muy superior al nivel de significación de 0,05. En la práctica, la mejora de 0,066 segundos en el tiempo medio no es perceptible por el usuario. Este resultado se explica principalmente por el tamaño reducido de la base de datos usada en las pruebas, que limita el impacto de las optimizaciones.

# Conclusión

En resumen, las pruebas funcionales realizadas sobre los módulos de *Flight Assignment* y *Activity Log* han demostrado una implementación sólida y conforme a los requisitos establecidos, sin detección de errores críticos. Se han verificado correctamente los flujos positivos, negativos y de seguridad, obteniendo un comportamiento coherente ante todo tipo de entradas, incluyendo intentos de acceso no autorizado o datos inválidos.

Desde el punto de vista del rendimiento, los resultados muestran que el sistema responde de forma altamente estable. Las estadísticas globales revelan una media de tiempo de respuesta muy ajustada (0,4385 s), una desviación estándar mínima (3,99 × 10⁻⁵ s), y una distribución prácticamente simétrica, como lo indican la curtosis negativa (–0,968) y el coeficiente de asimetría cercano a cero (–0,0115). Esta estabilidad sugiere que el backend está bien optimizado para cargas normales.

Sin embargo, al desglosar por rutas específicas, se evidencian diferencias significativas entre endpoints. Las operaciones que implican validaciones complejas o actualizaciones múltiples en la base de datos, como create o publish, presentan tiempos promedio mucho más altos (hasta casi 2 segundos), en contraste con endpoints de lectura como

list o show, que rara vez superan el medio segundo. Esta variabilidad se justifica por la naturaleza de cada operación y puede ser útil para identificar puntos críticos donde focalizar futuras mejoras.

Se aplicó también un análisis estadístico formal (Z-test) para evaluar el impacto de mejoras técnicas como el uso de índices en la base de datos. Aunque se detectó una diferencia media de 0,066 segundos, el valor Z (0,243) quedó muy por debajo del umbral crítico (1,645) y el p-valor fue mayor que 0,05, lo que impide considerar esta mejora como significativa desde el punto de vista estadístico. En otras palabras, la optimización aplicada no genera una ganancia perceptible para el usuario, posiblemente debido al tamaño reducido de la base de datos usada en los ensayos.

Por último, la comparación entre dos entornos hardware distintos evidenció que las condiciones del sistema tienen un impacto considerable: el segundo equipo fue aproximadamente un 78 % más lento que el primero, y el contraste de medias sí arrojó resultados significativos. Esto refuerza la idea de que el rendimiento no solo depende del software o la estructura de datos, sino también de los recursos físicos disponibles en el entorno de ejecución.

En conjunto, el sistema presenta un comportamiento correcto, estable y predecible bajo condiciones normales, aunque sería recomendable ampliar el tamaño del dataset en futuras pruebas para obtener una visión más realista del impacto de las optimizaciones y para detectar posibles cuellos de botella en escenarios de mayor carga.

# Bibliografía

Intencionalmente en blanco.