ISSN: 1692-7257 - Volumen 2 – Número 46 - 2025

RCTA
Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada
UNIPAMPLONA

Digital Object Identifier: 10.24054/rcta.v2i46.3668

Desarrollo de un simulador avanzado de entrenamiento de vuelo para la aeronave c-130H: un enfoque en la optimización de capacidades de entrenamiento para la Fuerza Aeroespacial Colombiana

Development of an advanced flight training simulator for the c-130H aircraft: an approach to optimizing training capabilities for the Colombian Aerospace Force

Ing. George Mauricio Ardila Marulanda[1], Ing. Juan Manuel Prieto Bohórquez[1], Ing. Paula Rocío Macías Castillo[1], Ing. Edwin Alexander Casallas Moreno[1], MBA. María Betzabe Rubiano Esmeral[1]

[1] ***Fuerza Aeroespacial Colombiana,*** *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Innovación Aeronáutica, Madrid, Cundinamarca Colombia.*

Correspondencia: *george.ardila@fac.mil.co*

Recibido: *31 marzo 2025.* ***Aceptado:*** *25 junio 2025.* ***Publicado:*** *01 julio 2025.*

Cómo citar: *G. M. Ardila Marulanda, J. M. Prieto Bohórquez, P. R. Macías Castillo, E. A. Casallas Moreno, y M. B. Rubiano Esmeral, «Desarrollo de un simulador avanzado de entrenamiento de vuelo para la aeronave c-130H: un enfoque en la optimización de capacidades de entrenamiento para la Fuerza Aeroespacial Colombiana», RCTA, vol. 2, n.° 46, pp. 78–88, jul. 2025. Recuperado de https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/3668*

Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Resumen: El proyecto de investigación se centra en el diseño, desarrollo e implementación de un Dispositivo Avanzado de Entrenamiento (AATD) para la aeronave C-130H Hércules, clave para la Fuerza Aeroespacial Colombiana en misiones tácticas, humanitarias y de rescate. Este simulador busca reducir la dependencia de equipos externos, optimizar recursos y costos, y mejorar la capacitación local mediante entrenamientos adaptados a escenarios nacionales. El AATD integra tecnologías avanzadas, como XPlane 12, Air Manager e Immersive Calibration, y está diseñado para replicar condiciones reales de vuelo, desarrollar habilidades críticas y garantizar la seguridad operativa. Su metodología incluye diseño conceptual, desarrollo de software y hardware, pruebas e implementación, logrando un entrenamiento intensivo y eficaz para pilotos y técnicos. Además, fomenta la innovación tecnológica dentro de la FAC, consolidando su preparación para enfrentar diversas situaciones operativas con eficiencia y competencia.

Palabras clave: simulador de vuelo, controles de vuelo, condiciones de vuelo, panel de mandos.

Abstract: The research project focuses on the design, development and implementation of an Advanced Training Device (AATD) for the C-130H Hercules aircraft, key for the Colombian Air Force in tactical, humanitarian and rescue missions. This simulator seeks to reduce dependence on external equipment, optimize resources and costs, and improve local training through training adapted to national scenarios. The AATD integrates advanced technologies, such as XPlane 12, Air Manager and Immersive Calibration, and is designed to replicate real flight conditions, develop critical skills and ensure operational safety. Its

methodology includes conceptual design, software and hardware development, testing and implementation, achieving intensive and effective training for pilots and technicians. In addition, it fosters technological innovation within the Air Force, consolidating its preparation to face diverse operational situations with efficiency and competence.

Keywords: flight simulator, flight controls, flight conditions, control panel.

1. INTRODUCCIÓN

La aeronave C-130 Hércules es fundamental para la Fuerza Aeroespacial Colombiana debido a su versatilidad y capacidad operativa. Este avión es esencial en misiones tácticas y de transporte, permitiendo el despliegue rápido de tropas y equipos en diversas condiciones, incluyendo pistas no preparadas. Además, el C-130 Hércules es crucial en operaciones de ayuda humanitaria, rescate y respuesta a desastres naturales, fortaleciendo la capacidad de la Fuerza Aeroespacial para mantener la seguridad y apoyar a la población en situaciones de emergencia [1].

Es por eso por lo que, la implementación de un Dispositivo Avanzado de Entrenamiento (AATD) es crucial para la Fuerza Aeroespacial Colombiana por varias razones:

- Reducción de Dependencia en Simuladores Externos: Actualmente, la necesidad de utilizar simuladores externos implica costos elevados y logística compleja. Un AATD propio permitiría realizar entrenamientos de manera más eficiente y económica, eliminando la necesidad de desplazamientos y alquileres de equipos externos.

- Aumento de Capacidades de Entrenamiento Local: Contar con un AATD localmente incrementa la frecuencia y calidad de los entrenamientos. Los pilotos y el personal de mantenimiento pueden realizar prácticas más regulares y específicas, adaptadas a las necesidades y escenarios operativos de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

- Adaptación a Escenarios Nacionales: Un AATD puede ser configurado para simular condiciones y misiones específicas del entorno colombiano, mejorando la preparación del personal para situaciones reales que podrían enfrentar en el país.

- Mejora en la Seguridad y Eficiencia Operativa: La práctica constante en un AATD permite a los pilotos y técnicos perfeccionar sus habilidades sin los riesgos asociados a los vuelos reales. Esto no solo mejora la seguridad, sino que también optimiza la eficiencia operativa al reducir el desgaste de las aeronaves reales [2].

- Desarrollo de Capacidades Técnicas y Tecnológicas: La implementación y mantenimiento de un AATD fomenta el desarrollo de capacidades técnicas y tecnológicas dentro de la Fuerza Aeroespacial, promoviendo la innovación y el conocimiento especializado.

Los simuladores de vuelo son herramientas esenciales en la capacitación de tripulaciones, permitiendo entrenar en un entorno controlado y seguro. Así mismo, se debe resaltar la existencia e importancia de los diferentes tipos de simuladores, cada uno con características y aplicaciones específicas:

Simuladores de Vuelo Completo (FFS): Estos simuladores son los más avanzados y realistas, replicando con precisión el comportamiento de la aeronave en diversas condiciones de vuelo. Son utilizados para entrenar a pilotos en situaciones complejas y de emergencia, mejorando la toma de decisiones y la coordinación en la cabina [3].

Dispositivos de Entrenamiento de Vuelo (FTD): Aunque estos son menos sofisticados que los FFS, los dispositivos proporcionan una experiencia de vuelo realista sin movimiento completo [4]. Son ideales para entrenar procedimientos y maniobras básicas, así como para la familiarización con los sistemas de la aeronave.

Dispositivos de Entrenamiento de Aviación Básica (BATD) y Avanzada (AATD): Estos simuladores son utilizados principalmente para la formación inicial de pilotos. Los BATD son más simples y se utilizan para la enseñanza de los fundamentos de vuelo, mientras que los AATD ofrecen una mayor complejidad y realismo, permitiendo prácticas más avanzadas.

Simuladores de Misión Específica: Diseñados para entrenar a las tripulaciones en misiones particulares, como operaciones de rescate, combate o transporte de carga [5]. Estos simuladores permiten a los pilotos y al personal de apoyo practicar en escenarios específicos y desarrollar habilidades críticas para sus roles.

1.1. Antecedentes del Entrenamiento con Simuladores en la Aviación Militar

Remontando a los inicios, el empleo de simuladores en la aviación militar comenzó a ganar relevancia durante la Segunda Guerra Mundial con la creación del "Link Trainer", un dispositivo que simulaba movimientos mecánicos y permitía a los pilotos practicar maniobras de vuelo en un entorno seguro. Desde entonces, la tecnología de simulación ha avanzado significativamente, incorporando sistemas electrónicos y digitales que ofrecen experiencias de entrenamiento cada vez más realistas.

En suma, el uso de simuladores seguirá la transformación en la formación militar, permitiendo un entrenamiento más intensivo y especializado. En este proceso, es importante aclarar que, los simuladores no solo preparan a los pilotos para situaciones de vuelo rutinarias, sino también para misiones complejas y de alto riesgo, mejorando así la capacidad operativa y la seguridad de las fuerzas armadas.

Sumado a eso, en el proceso de adaptación e implementación de la tecnología en protocolos de entrenamiento militar, el uso de simuladores en dicho entrenamiento ha sido una práctica fundamental desde hace décadas, manteniendo un entorno de aprendizaje optimo, controlado y seguro para el desarrollo de actividades relacionadas con vuelo y combate aéreo, eximiendo los riesgos asociados a las operaciones reales, permitiendo facilidades de acceso y disminución de costos sobre operaciones.

1.2. Beneficios del Uso de Simuladores

Basado en los antecedentes, la relevancia de los simuladores en formaciones militares en cuanto a la aclaración de sus beneficios.

Seguridad: Los simuladores eliminan los riesgos físicos asociados con el entrenamiento en aeronaves reales.

Costo-Eficiencia: Entrenar en simuladores reduce los costos operativos, como el combustible y el desgaste de las aeronaves.

Flexibilidad: Permiten la recreación de una amplia variedad de escenarios y condiciones de vuelo, incluyendo situaciones de emergencia y combate.

Repetibilidad: Los pilotos pueden repetir maniobras y ejercicios tantas veces como sea necesario para perfeccionar sus habilidades.

2. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo el plan de implementación del simulador AATD en la Fuerza Aeroespacial Colombiana, de manera efectiva, se debe esclarecer los requisitos que sean pertinente para su buena ejecución, partiendo de la definición de los objetivos y necesidades del simulador. Dentro de este proceso, las actividades a desarrollar se basan en reunir información de los usuarios finales, analizar las especificaciones técnicas de las aeronaves, y establecer los parámetros de rendimiento y funcionalidad del simulador, obteniendo como resultado un documento detallado de requisitos que guiará todo el proceso de desarrollo.

Así mismo, en el Diseño e Implementación de este, se propone crear el diseño conceptual y técnico del simulador. En su ejecución se desarrollan modelos conceptuales, diagramas de flujo y especificaciones técnicas, implementando el diseño utilizando software especializado y tecnologías adecuadas. Como resultado, se obtiene un prototipo funcional del simulador que cumple con los requisitos establecidos.

A raíz de lo anterior, se procede a las pruebas y ajustes, donde se verifica y valida el funcionamiento del simulador, para proceder con la realización de pruebas exhaustivas donde se podrán identificar y corregir errores, ajustar el simulador para asegurar que cumple con los estándares de calidad y las expectativas de los usuarios, cumpliendo con un simulador completamente funcional y optimizado para su uso operativo.

En suma, la investigación avanza a la Generación de Entregables de Conocimiento cuyo propósito será documentar y transferir el conocimiento adquirido durante el desarrollo por medio de manuales de usuario, guías de mantenimiento y reportes técnicos, que serán funcionales para capacitar al personal en el uso y mantenimiento del simulador, obteniendo como resultado la documentación completa y el

personal capacitado para operar y mantener el simulador de manera eficiente.

3. MARCO TEÓRICO

El C-130H Hércules es una aeronave de transporte táctico que ha desempeñado un papel crucial en la aviación militar desde su introducción en la década de 1950. Desde su versatilidad y capacidad de carga, el C-130H es conocido por realizar una amplia gama de misiones ya que puede transportar tropas, equipos, suministros y vehículos, lo que lo convierte en una pieza fundamental para las operaciones logísticas militares. Su capacidad de carga útil máxima es de aproximadamente 38,556 kg, permitiéndole llevar grandes volúmenes de material bélico y personal.

Dentro de sus fortalezas se encuentran su capacidad en las operaciones en condiciones extremas y en pistas de aterrizaje cortas y no preparadas. Esto lo hace ideal para misiones en zonas de conflicto y áreas remotas donde las infraestructuras aeroportuarias son limitadas. Además de sus aplicaciones militares, el C-130H ha sido utilizado en numerosas misiones humanitarias y de rescate. Su capacidad para transportar grandes cantidades de suministros y su habilidad para aterrizar en pistas improvisadas lo hacen ideal para operaciones de ayuda en desastres naturales.

Es por ello que, a lo largo de los años, el C-130H ha sido objeto de diversas actualizaciones y modernizaciones para mantener su relevancia y operatividad. Estas mejoras incluyen la actualización de sus motores, sistemas de aviónica y capacidades de vigilancia, teniendo así un impacto estratégico y significativo en la capacidad operativa de las fuerzas armadas de muchos países, ya que su capacidad para realizar misiones críticas de abastecimiento, evacuación médica y transporte de tropas ha redefinido las posibilidades logísticas y tácticas de las fuerzas aéreas.

4. SISTEMA DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN

4.1. XPlane12

Es la última versión de la serie de simuladores de vuelo para Windows, Mac y Linux. El software de simulación es el núcleo del AATD, encargado de replicar con precisión el comportamiento de la aeronave, sus sistemas y recrear el ambiente operacional de la aeronave permitiendo generar gráficos según el requerimiento del simulador [6].

Las características clave incluyen:

Simulación de Sistemas de la Aeronave C-130: El software simula los motores, sistemas de control, sistemas de navegación, instrumentos de vuelo y sistemas de control automático (autopilot, autothrottle) [7].

Fig. 1 *Modelo de la aeronave.*
Fuente*: Sitio web de Xplane*

Procedimientos de Vuelo: Permite la práctica de procedimientos de vuelo normales, anormales y de emergencia, incluyendo fallos de motor y sistemas [8].

Interfaz de Operación del Instructor (IOS): Una estación de control para el instructor que permite monitorear y modificar las condiciones de vuelo, introducir fallos y evaluar el rendimiento de los pilotos [9].

Fig. 2 *Escenarios aeropuertos.*
Fuente*: Elaboración propia*

4.2. Airmanager

Personalización de panel de instrumentos): Una herramienta versátil y poderosa utilizada en simuladores de vuelo para crear y personalizar

paneles de instrumentos en 2D. Esta aplicación permite a los usuarios diseñar sus propios paneles o modificar los existentes, proporcionando una experiencia de vuelo más realista y envolvente. Air Manager se conecta automáticamente a simuladores de vuelo como X-Plane, FS2020, FSX y Prepar3D [10], permitiendo el control de los instrumentos mediante el uso de mouse, pantallas táctiles y dispositivos como el Knobster1. Además, su capacidad para integrar hardware adicional, como botones, interruptores y encoders rotativos, facilita la creación de un entorno de entrenamiento altamente interactivo y adaptable a las necesidades específicas de los pilotos y técnicos.

Fig. 3 *Instrumentos en Airmanager.*
Fuente*: Elaboración propia*

4.3. Proyección de imágenes

Se emplea el proyector LS832WU el cual utiliza la tecnología de fósforo/láser de segunda generación que proporciona 30.000 horas de vida útil, mayor brillo, mejor resistencia al calor y encendido/apagado instantáneo en un diseño más compacto, la principal característica para ser empelado es el tiro ultra corto de 0,25 ofrece imágenes de 100" a una distancia de sólo 28 cm en alta definición [11]. Para la proyección del ambiente visual se emplearon tres proyectores a una pantalla de tipo circular.

4.4. Diseño pantalla

El diseño de la pantalla es del tipo circular con una estructura metálica con un telón prensado como se observa en la siguiente figura, el cual provee al personal de pilotos una proyección visual de 180°, ser requiere realizar el proceso de alineación con la cabina para determinar la posición adecuada generando un ambiente real de la operación de vuelo.

Fig. 4 *Pantalla diseñada.*
Fuente: *Elaboración propia*

4.5. Inmersive Software Calibration

Corrección geométrica: Una herramienta avanzada utilizada en simuladores de vuelo para garantizar una visualización precisa y realista mediante la corrección geométrica y el blending de bordes en configuraciones de múltiples proyectores [10]. Este software permite la alineación automática de los tres proyectores utilizando cámaras para escanear y ajustar la proyección, asegurando que las imágenes se muestren sin distorsiones y con una perspectiva correcta. La capacidad de Immersive Calibration PRO para manejar configuraciones complejas de pantallas curvas y múltiples vistas mejora significativamente la inmersión y la calidad del entrenamiento, proporcionando a los pilotos una experiencia de simulación más cercana a la realidad.

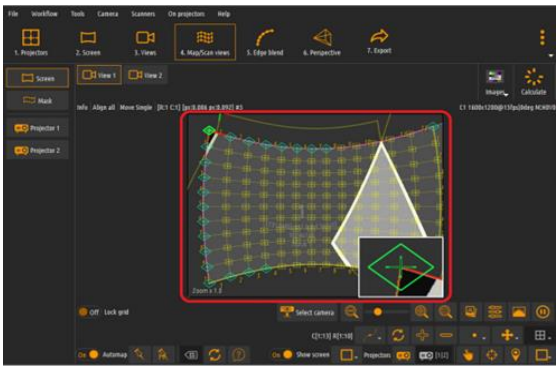

Fig. 5 *Inmersive Calibraion.*
Fuente*: Sitio web del software*

En esta fase se realiza la mezcla de bordes suaves proporcionando una malla de puntos de control. Mediante el ajuste de la posición de los puntos de control, la pantalla proyectada se puede mapear en la superficie curva.

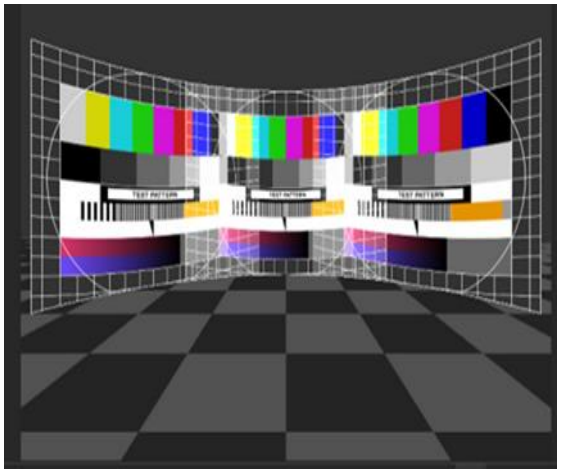

Fig. 6 *Proyección de luz corregida.*
Fuente*: Sitio web del software*

4.6. Diseño y fabricación cabina aeronave

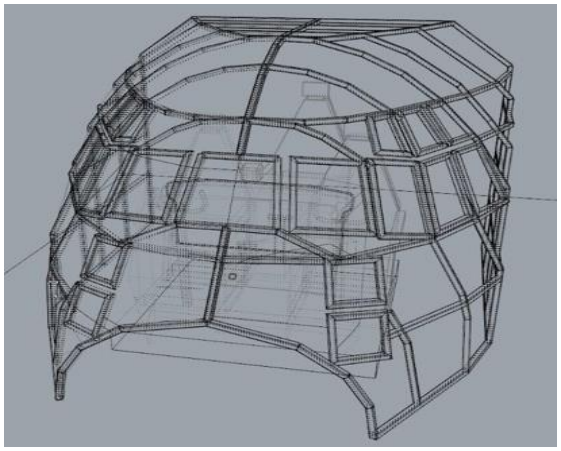

Fig. 7 *Diseño en Fusion 360*
Fuente: *Elaboración propia*

El diseño de la cabina de la aeronave es uno de los retos más importantes del proyecto ya que debe recrear de forma real la distribución de equipos, espacios de cada uno de los tripulantes con los paneles de control donde se realiza la interacción en las diferentes fases de vuelo, para cumplir con este objetivo se emplea el software Autodesk fusion 360 la cual es una plataforma del tipo CAD, CAM, CAE para diseño y modelado [12].

Para el diseño se tiene como referencia los planos y manuales de la aeronave, se realiza el escaneo 3D de la cabina real, determinando la ubicación de las ventanas para recrear el ambiente visual y disposición de los paneles de control de la forma más exacta posible.

Fig.8 *Cabina real C-130*
Fuente: *Elaboración propia*

Con base en las dimensiones y distribución de los paneles se realiza el modelamiento en 3D del prototipo de la cabina como se observa en la siguiente figura donde se establecieron las áreas de la habitación donde se ubica el simulador, el espacio requerido para los proyectores, distribución de las sillas de pilotos, ingeniero de vuelo, paneles de control , mandos de control, pantallas de navegación, panel de instrumentos, acorde con el cumplimiento de la normatividad y lineamientos aeronáuticos nacionales e internacionales para el simulador de vuelo, para la certificación y aprobación del mismo [13].

Fig. 9 *Diseño y simulación de la cabina*
Fuente: *Elaboración propia.*

Posteriormente se realiza el proceso de fabricación de la cabina por medio de la técnica de corte por láser de acero es un importante proceso de fabricación sustractivo en la industria del mecanizado que implica el corte de precisión de acero utilizando un rayo láser de alta potencia.

El rayo láser incide sobre el material fundiéndolo o vaporizándolo, obteniendo un corte limpio y preciso. Debido a que el corte por láser es preciso y

exacto, se pueden crear fácilmente piezas complejas [14].

Fig. 10 *Fabricación cabina C-130*
Fuente: *Elaboración propia*

Para el ensamble de las partes se emplea la técnica de soldadura MIG sin gas, o soldadora con núcleo fundente, es una máquina de soldar que utiliza un alambre fluido para soldar en lugar de un gas protector externo. Ésta es su característica más importante y destacable. A diferencia de los soldadores MIG tradicionales que utilizan un gas inerte como argón o dióxido de carbono para proteger el metal fundido de la contaminación atmosférica, los soldadores de alambre MIG sin gas utilizan un alambre de soldadura con núcleo fundente o con núcleo fundente [15].

Fig. 11 *Ensamble cabina C-130*
Fuente: *Elaboración propia.*

4.7. Diseño panel de control e instrumentos

El panel de instrumentos de una aeronave es un conjunto de instrumentos que proporcionan información crítica para el control del vuelo y la navegación: el rendimiento de la aeronave, el funcionamiento del sistema y la ubicación de la aeronave en el espacio [16].

Para la aeronave C-130 se cuenta con dos pantallas una enfrente del piloto y la otra enfrente del copiloto las cuales son llamadas Primary Flight Display o PFD, las cuales proporcionan información vital para la navegación del avión. Este panel muestra instrumentos de vuelo esenciales, incluyendo:

- Velocidad del aire
- Altímetro
- Variometro
- Velocidad Mach
- Horizonte artificial
- Coordinador de viraje
- Indicador de viraje
- VOR y DME

Adicionalmente integran el sistema de Navigation Display o ND es otra pantalla crucial [17]. Ofrece una representación gráfica de aspectos como:

- Ruta del avión
- Radio-ayudas
- Radar meteorológico
- Indicadores de viento
- Tráfico aéreo cercano

Para la fabricación del panel de control e instrumentos se emplea lamina de duro aluminio 2024 en tratamiento termico T3, realizando cortes con láser y grabado de las caratulas en CNC.

Fig. 12 *Fabricación panel de control*
Fuente: *Elaboración propia*

4.8. Arquitectura y Diseño del Software del Simulador AATD

4.8.1. Módulo de Simulación de Vuelo

Fundamental para replicar las condiciones reales de vuelo en el simulador. Este módulo implementa los modelos de vuelo y las físicas del avión, asegurando que las fuerzas aerodinámicas, la propulsión y la

dinámica de vuelo se comporten de manera realista. Incluye el modelo aerodinámico, que simula las fuerzas y momentos que actúan sobre el avión, el modelo de propulsión, que representa el comportamiento de los motores, y el modelo de dinámica de vuelo, que calcula la respuesta del avión a las entradas de control y las condiciones ambientales [18].

4.8.2. Módulo de Control y Navegación

Procura desarrollar los algoritmos necesarios para la navegación autónoma y el control del avión. Este módulo incluye algoritmos de control que implementan las leyes de control para mantener la estabilidad y el rendimiento del avión, sistemas de navegación que utilizan datos de sensores y GPS para determinar la posición y la trayectoria del avión, y la planificación de rutas, que genera rutas óptimas para las misiones de vuelo [19]. Su objetivo es asegurar que el avión pueda navegar y ser controlado de manera autónoma y precisa.

4.8.3. Módulo de Interacción con el Usuario

Proporciona la interfaz gráfica y los dispositivos de entrada/salida necesarios para la interacción del usuario con el simulador. Este módulo incluye la interfaz gráfica de usuario (GUI), que presenta pantallas y controles visuales, dispositivos de entrada como joysticks, pedales y paneles de control, y dispositivos de salida como monitores, proyectores y sistemas de audio que proporcionan retroalimentación visual y auditiva [20]. Su objetivo es facilitar una interacción intuitiva y efectiva entre el usuario y el simulador.

4.8.4. Módulo de Gestión de Escenarios

Se encarga de la creación y gestión de los escenarios de entrenamiento. Este módulo incluye un editor de escenarios, que permite diseñar y configurar diferentes situaciones de vuelo, una base de datos de escenarios, que almacena los escenarios predefinidos y personalizados, y un motor de simulación de escenarios, que ejecuta los escenarios durante las sesiones de entrenamiento [21]. Su objetivo es proporcionar una variedad de situaciones de entrenamiento que simulen condiciones reales de vuelo.

4.8.5. Módulo de Registro y Análisis

Dedicado a registrar los datos de vuelo y analizar el desempeño del usuario. Este módulo incluye un sistema de registro de datos, que captura y almacena datos de vuelo en tiempo real, herramientas de análisis, que permiten evaluar el rendimiento y los resultados del entrenamiento, y la generación de informes, que crea informes detallados sobre el desempeño del usuario y las métricas de vuelo. Su objetivo es evaluar el desempeño del usuario y proporcionar retroalimentación para mejorar las habilidades de vuelo.

5. DISEÑO CONCEPTUAL

5.1. Panel de Instrumentos Principal

Fabricado en metal y pintado con pintura texturizada, incluye todos los elementos como el FCU, EFIS, cronómetros y otros paneles adicionales. Los instrumentos de vuelo primarios (PFD, ND, EICAS) y los instrumentos de reserva son completamente funcionales.

Fig. 1*3 Panel de Instrumentos Principal*
Fuente*: Elaboración propia*

5.2. Pedestal

Compuesto por módulos individuales conectados, lo que permite una fácil y rápida sustitución de cada elemento. Incluye módulos MCDU, RMP, AUDIO y ATC, así como controles de flaps, frenos de velocidad, freno de estacionamiento y panel ECAM.

Fig. 14 *Pedestal de potencias.* ***Fuente****: Elaboración propia*

5.3. Panel Superior (Overhead)

Diseñado de manera modular para facilitar el acceso y mantenimiento. Incluye todos los elementos operativos, como el sistema de extinción de incendios, con paneles retroiluminados.

Fig. 15 *Panel Superior (Overhead).*
Fuente*: Elaboración propia*

La integración de escenarios específicos de operación y la planificación de simulaciones son componentes esenciales para maximizar la efectividad de los entrenamientos en simuladores de vuelo. Este proceso se puede desglosar en varias etapas clave.

Identificación de Escenarios Operativos: Se seleccionan escenarios basados en las misiones y operaciones típicas de la aeronave y la tripulación. Esto incluye situaciones normales, anormales y de emergencia que los pilotos podrían enfrentar en la vida real.

Diseño de Escenarios: Los escenarios se diseñan detalladamente, especificando las condiciones iniciales, los eventos desencadenantes y los objetivos de aprendizaje. Se utilizan plantillas y herramientas de diseño para asegurar que todos los elementos necesarios estén incluidos y correctamente interrelacionados.

Implementación en el Simulador: Los escenarios diseñados se programan en el software del simulador. Esto incluye la configuración de los parámetros de vuelo, la simulación de fallos de sistemas y la creación de condiciones meteorológicas específicas.

Planificación de Simulaciones: Se elabora un plan de simulación que detalla el cronograma de entrenamientos, los objetivos específicos de cada sesión y los criterios de evaluación. Este plan asegura que todas las áreas críticas de operación sean cubiertas y que los pilotos reciban una formación integral.

Ejecución y Evaluación: Durante las sesiones de simulación, los instructores monitorean el desempeño de los pilotos y proporcionan retroalimentación en tiempo real. Al finalizar, se realiza un de briefing para discutir los puntos fuertes y las áreas de mejora, basándose en los objetivos de aprendizaje establecidos.

Ajustes y Mejoras: Basándose en la retroalimentación y los resultados de las simulaciones, se realizan ajustes a los escenarios y al plan de simulación para mejorar continuamente la calidad del entrenamiento.

Este enfoque estructurado permite que los entrenamientos en simuladores de vuelo sean altamente efectivos, preparando a las tripulaciones para enfrentar una amplia variedad de situaciones operativas con confianza y competencia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El simulador de vuelo avanzado (AATD) está diseñado para cumplir con altos estándares de entrenamiento y evaluación, proporcionando una plataforma robusta y versátil para la capacitación de tripulaciones. Entre los resultados esperados se destacan:

Capacidad para Realizar Más de 70 Procedimientos: El simulador permitirá la ejecución de una amplia gama de procedimientos operativos, incluyendo despegues, aterrizajes, maniobras en vuelo, y procedimientos de emergencia. Esta capacidad abarca tanto situaciones normales como anormales, asegurando una formación integral y exhaustiva para los pilotos y el personal de mantenimiento.

Validación en Condiciones Simuladas: Los procedimientos serán validados en un entorno simulado que replica con alta fidelidad las condiciones reales de vuelo. Esto incluye la simulación de factores ambientales como el clima, la turbulencia y las fallas de sistemas, proporcionando un escenario realista para la práctica y evaluación de habilidades.

Mejora en la Preparación y Competencia: Al permitir la práctica repetitiva y la familiarización con una variedad de situaciones operativas, el

simulador contribuirá significativamente a mejorar la preparación y competencia de las tripulaciones. Los pilotos podrán desarrollar y perfeccionar sus habilidades en un entorno seguro y controlado, reduciendo el riesgo de errores en operaciones reales.

Optimización de Recursos y Costos: La implementación del simulador reducirá la dependencia de aeronaves reales para el entrenamiento, optimizando el uso de recursos y disminuyendo los costos operativos. Esto permitirá una mayor frecuencia de entrenamientos y una mejor gestión de los recursos disponibles.

Evaluación y Retroalimentación Continua: El simulador proporcionará herramientas para la evaluación continua del desempeño de los pilotos, permitiendo a los instructores ofrecer retroalimentación inmediata y detallada. Esto facilitará un proceso de aprendizaje más dinámico y efectivo, adaptado a las necesidades individuales de cada tripulante.

7. CONCLUSIONES

En conclusión, en cuestión de utilidad, los simuladores de vuelo son herramientas esenciales para la formación de pilotos, mejorando sus habilidades y permitiendo la práctica de procedimientos y situaciones de emergencia en un entorno controlado.

Así mismo, la versatilidad de estos mismo es amplia, ya que pueden representar prácticamente cualquier avión real y sus funciones, siendo utilizados tanto en escuelas de aviación como en centros de estudios aeronáuticos y lugares de ocio.

En cuanto a su diseño Portátil, el proyecto propone un diseño de panel de simulación portátil, facilitando su traslado a eventos de promoción educativa, teniendo en cuenta que su tecnología es avanzada y se emplean tarjetas electrónicas IOCards y software SIOC, específicos para simulación aérea, lo que permite una implementación eficiente y adaptable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores confirman que este trabajo no ha sido utilizado ni publicado en ningún otro lugar. Los autores también confirman que no hay conflictos de intereses.

REFERENCIAS

[1] “Tecnología e innovación para la seguridad y defensa del país”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: http://www.fac.mil.co/es/node/47419

[2] M. General y F. L. L. Montoya, “POLÍTICAS GENERALES DE VUELO”.

[3] “Simulador de vuelo completo | Sistema de entrenamiento de pilotos | L3Harris”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.l3harris.com/all-capabilities/full-flight-simulators

[4] “Programa Nacional de Simuladores (NSP) | Administración Federal de Aviación”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.faa.gov/about/initiatives/nsp

[5] “120_40.pdf”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/about/initiatives/nsp/ac/120_40.pdf

[6] “Flight Simulator | X-Plane 12: Flight Simulation Done Right”, X-Plane. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.x-plane.com/

[7] “Aircraft Review: X-Hangar Lockheed C-130 Hercules”, X-Plane Reviews. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://xplanereviews.com/index.php?/forums/topic/13798-aircraft-review-x-hangar-lockheed-c-130-hercules/

[8] “X-Plane 12 Desktop Manual | X-Plane”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.x-plane.com/manuals/desktop/

[9] “XPFlightPlanner - ¿Cómo generar un plan de vuelo para X-Plane?” Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.xpflightplanner.com/help/tutorials/how-to-generate-a-flight-plan/

[10] “Updated FMS Data for the New X-Plane 12”, Navigraph. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://navigraph.com/blog/xplane12release

[11] “LS832WU Proyector Láser de Instalación Tiro Ultra Corto WUXGA 5.000 Lúmenes ANSI”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.viewsonic.com/es/products/projectors/LS832WU

[12] “Autodesk Fusion | 3D CAD, CAM, CAE, & PCB Cloud-Based Software | Autodesk”. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en:

https://www.autodesk.com/latam/products/fusion-360/overview
[13] "ac_61-136a.pdf". Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_61-136a.pdf
[14] S. ZTL, "Corte láser de acero de precisión | Experiencia en CNC", Zintilon. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.zintilon.com/es/blog/laser-cutting-steel/
[15] "Soldador Mig de hilo sin gas", Stayer. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.stayer.es/conocimiento/que-significa/soldador-mig-de-hilo-sin-gas/
[16] "Generalidades Instrumentación." Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.manualvuelo.es/2inst/21_gener.html
[17] "Navigation Display (ND) showing traffic and temporal predictors.", ResearchGate. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Navigation-Display-ND-showing-traffic-and-temporal-predictors_fig3_23851979
[18] "coreDS™ X-Plane - HLA y DIS para X-Plane". Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.ds.tools/products/hla-dis-x-plane/
[19] J. Lockwood, "Flight Management System (FMS)".
[20] "X-Plane_10_Desktop_manual_Espanol.pdf". Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.x-plane.com/files/manuals/X-Plane_10_Desktop_manual_Espanol.pdf
[21] "Importing Scenery", X-Plane. Consultado: el 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.x-plane.com/kb/importing-scenery/