



FTD
IA-63 PAMPA III

FAdeA
Fábrica Argentina de Aviones "Brig. San Martín" S.A.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

02/10/2024

CONTENIDO

01	Objetivo de la presentación	07	Sistemas y Subsistemas
02	Introducción	08	Ensayo y Validación
03	Requerimientos Generales	09	Impacto en el Entrenamiento
04	Objetivos de Entrenamiento en el FTD	10	Conclusión
05	Partes Constitutivas		
06	Regulación para el desarrollo		



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Objetivo de la presentación

El objetivo de la presentación es mostrar un resumen del desarrollo del Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo (FTD) de la aeronave Pampa III.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Introducción

Un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo (FTD, por su sigla en inglés, Flight Training Device) es una herramienta crucial en la formación de pilotos, diseñada para simular las condiciones y procedimientos de vuelo en un entorno controlado. Estos dispositivos permiten a los aspirantes a piloto y a los pilotos experimentados practicar y perfeccionar sus habilidades de navegación, sistemas de ataque, manejo de emergencias y procedimientos operativos sin los riesgos y costos asociados a los vuelos reales.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Requerimientos Generales

El primer paso en el desarrollo de un FTD es la definición de los requerimientos, los cuales fueron redactados y enviados a FAdeA por parte de Fuerza Aérea Argentina, estos requerimientos específicos son de carácter confidencial, por lo tanto, en esta presentación solo abordaremos algunos requerimientos generales que aplicaron al desarrollo.

Objetivos de Entrenamiento en el FTD

El FTD permite a los aspirantes a piloto y a los pilotos experimentados practicar y perfeccionar sus habilidades de navegación, sistemas de ataque, manejo de emergencias y procedimientos operativos sin los riesgos y costos asociados a los vuelos reales.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Partes Constitutivas

Réplica de Cabina Puesto Delantero. Contiene todos los instrumentos, paneles, pantallas y controles de vuelo tal como son en la aeronave real. Además, contiene el sistema de adquisición de datos y PC con módulos de software necesarios para la simulación. Contribuyen a la sensación de realismo la posición de vuelo exacta del piloto en el asiento, el esfuerzo simulado que el piloto realiza sobre los comandos de vuelo, la posición exacta de los controles (paneles, llaves, botones, pulsadores, etc.) y la representación de los datos en las pantallas multifunción de la cabina.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Puesto de Instructor y Control de la Simulación. En este puesto, el instructor planifica las condiciones del vuelo, clima, visibilidad, hora, lugar y la interacción con otras entidades virtuales. También puede planificar e introducir fallas a la aeronave, ej: fallas de motor, de sistemas hidráulicos, eléctricos, de aviónica, y otras. El piloto deberá resolver las emergencias según los procedimientos prestablecidos propios de la aeronave. Otra función importante de este puesto es poder registrar diferentes tipos de parámetros, y la reproducción de estos para su análisis posterior al vuelo, como por ejemplo los parámetros de eyección, que permiten calcular la probabilidad de supervivencia del piloto.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

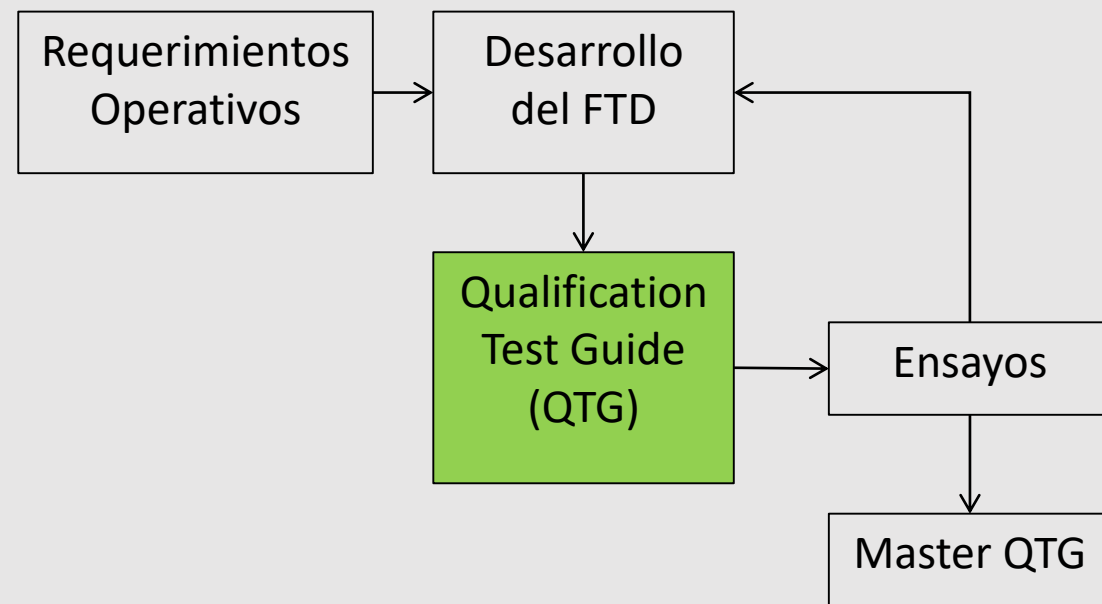
Sistema de Visualización. Este sistema consta de tres proyectores para visualizar el terreno y un proyector dedicado para la proyección del HUD (head-up display) siendo este último una proyección de información de vuelo sobre el terreno real en el caso del avión y virtual en el caso del FTD y constituye una referencia principal de vuelo del piloto. Completa el sistema de visualización una pantalla semi-cilíndrica de 180° horizontal y 60° vertical.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Regulación para el desarrollo

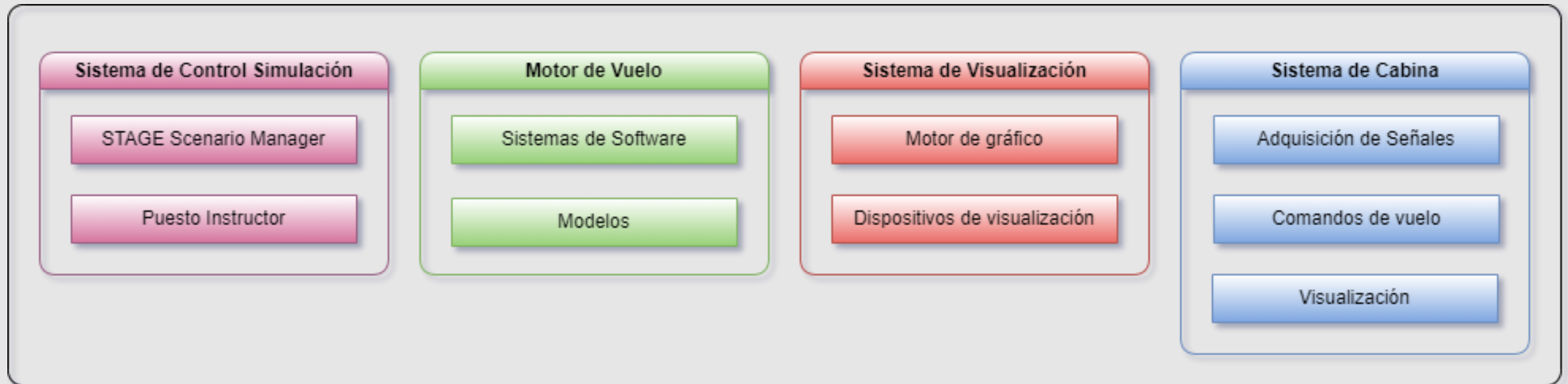
Si bien el requerimiento operativo no exige una certificación del FTD ante las autoridades aeronáuticas, el contrato establecía seguir los lineamientos de la Regulación Federal de Aviación título 14 del Código de Regulaciones Federales, Parte 60 para simuladores de categoría 5. se preparó una Guía de Calificación de Pruebas (Qualification Test Guide o QTG por sus siglas en inglés), esta guía se utiliza para demostrar que la performance y funcionalidades del simulador, incluida la representación física, está dentro de los límites trazados y que todos los requerimientos operativos han sido satisfechos.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Sistemas y Subsistemas

El FTD Pampa III está dividido en cuatro grandes bloques de sistemas, cada uno con subsistemas como se puede observar a continuación:



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



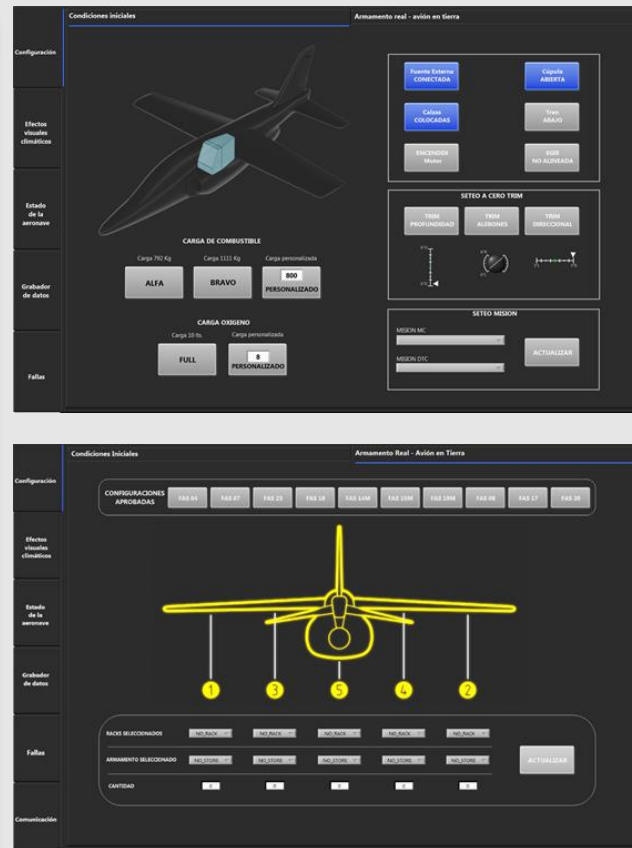
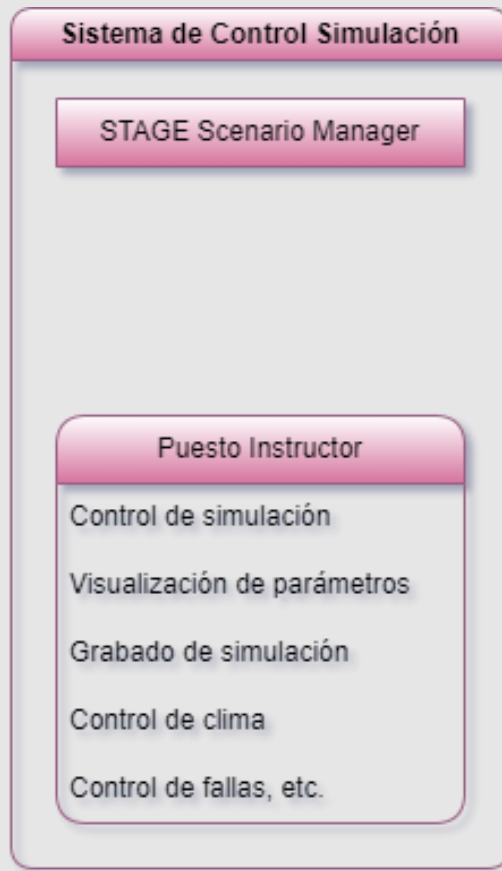
STAGE Scenario Manager permite:

- Elegir entre distintos escenarios de simulación.
- Visualizar en tiempo real las posición y estado de entidades en el escenario
- Reubicar geográficamente el FTD
- Iniciar y pausar la simulación
- Vista cercana de entidades

Los escenarios disponen de:

- Sector de vuelo con terreno asociado
- Ejercicios con otras entidades
- Modelo atmosférico para distintas condiciones ISA
- Estaciones de radio ayuda (VOR/DME/ILS/ADF)

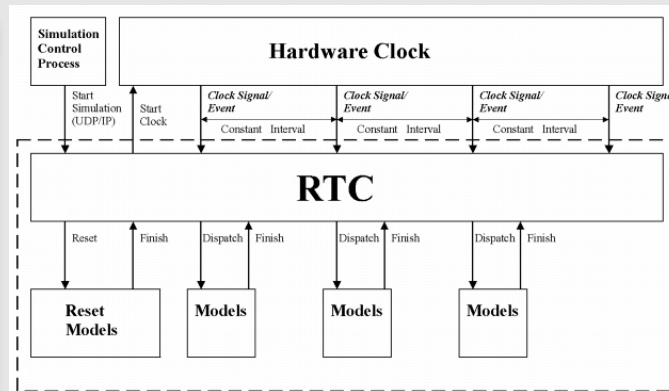
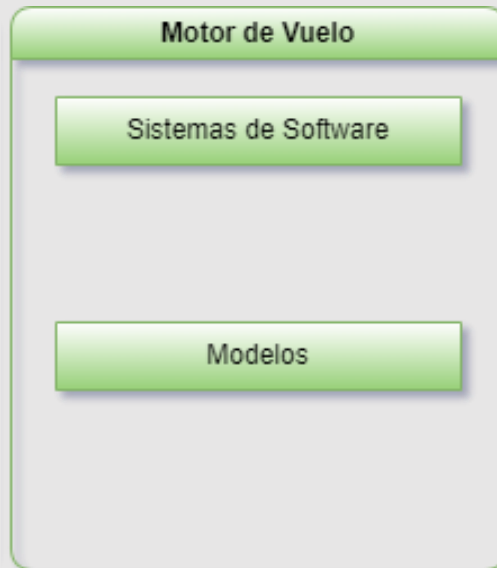
Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



Panel Puesto Instructor permite:

- Control de simulación
- Configurar condiciones iniciales
- Carga de armamento
- Carga de misión
- Control de condiciones climáticas
- Visualización de parámetros del AC
- Seteo de actitud
- Función puesto trasero
- Datalogger, grabación y reproducción de vuelo
- Programación de fallas multi-sistema
- Control de audio headphone PI/Cabina

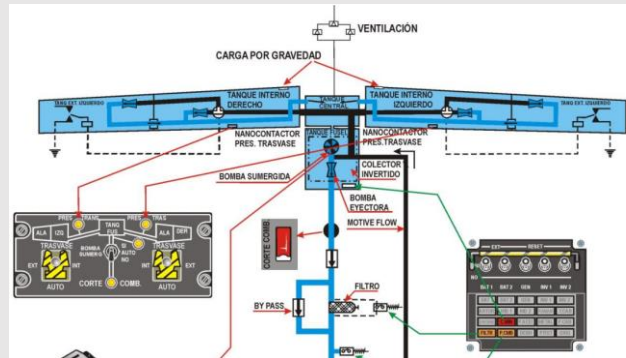
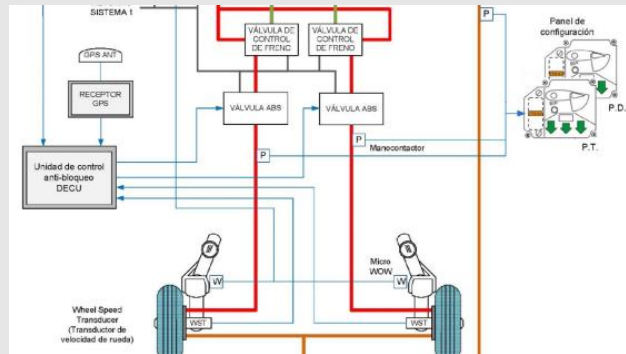
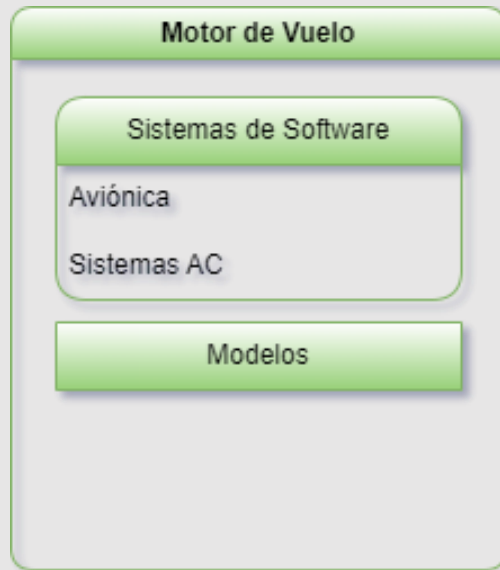
Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



Motor de vuelo

- El Runtime Controller (RTC) es responsable de garantizar que todos los modelos de simulación se ejecuten en una secuencia predefinida.
- El modo de operación es síncrono, el RTC garantiza la ejecución secuencial dentro de intervalos de tiempo fijos (simulación en tiempo real).
- La secuencia constante de los modelos se mantiene mediante el reloj del hardware de la estación de trabajo.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

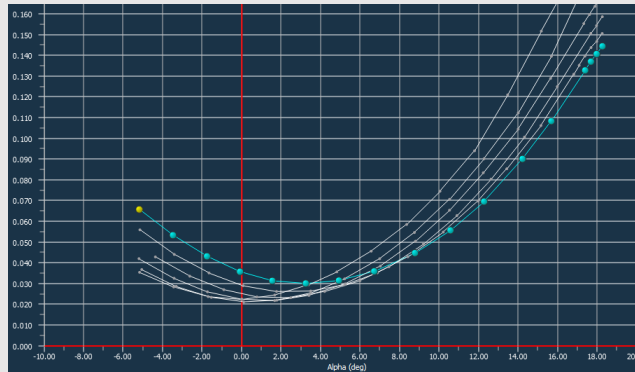
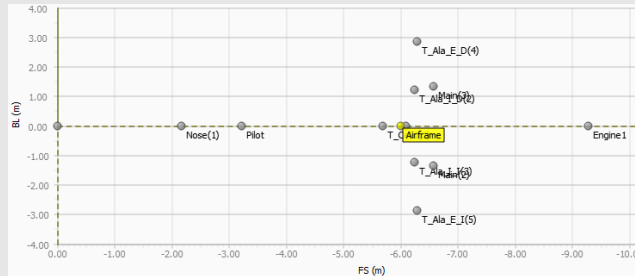
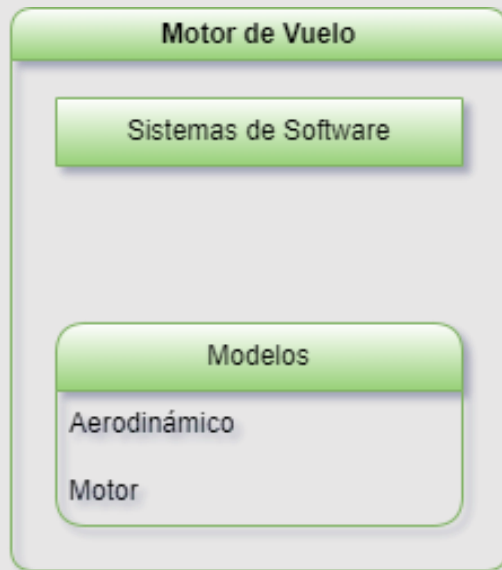


Se implementan librerías de software que replican las funcionalidades de la aeronave

Todos los sistemas y subsistemas del Pampa III fueron implementados:

- Aviónica
- Combustible
- Hidráulico
- Eléctrico
- Frenos
- Control de superficie
- ADAHRS/ADC
- Radio navegación
- Etc.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



Modelo aerodinámico

Se divide en dos sub modelos: dinámica lateral y longitudinal, considerando 6 componentes aerodinámicos.

Los coeficientes aerodinámicos se utilizan para el cálculo de los vectores de fuerza y momento aerodinámico.

Se modeló el comportamiento aerodinámico con bases de ensayos en túnel, informe de prototipo y parámetros de vuelo adquiridos con FTI, para diferentes configuraciones.

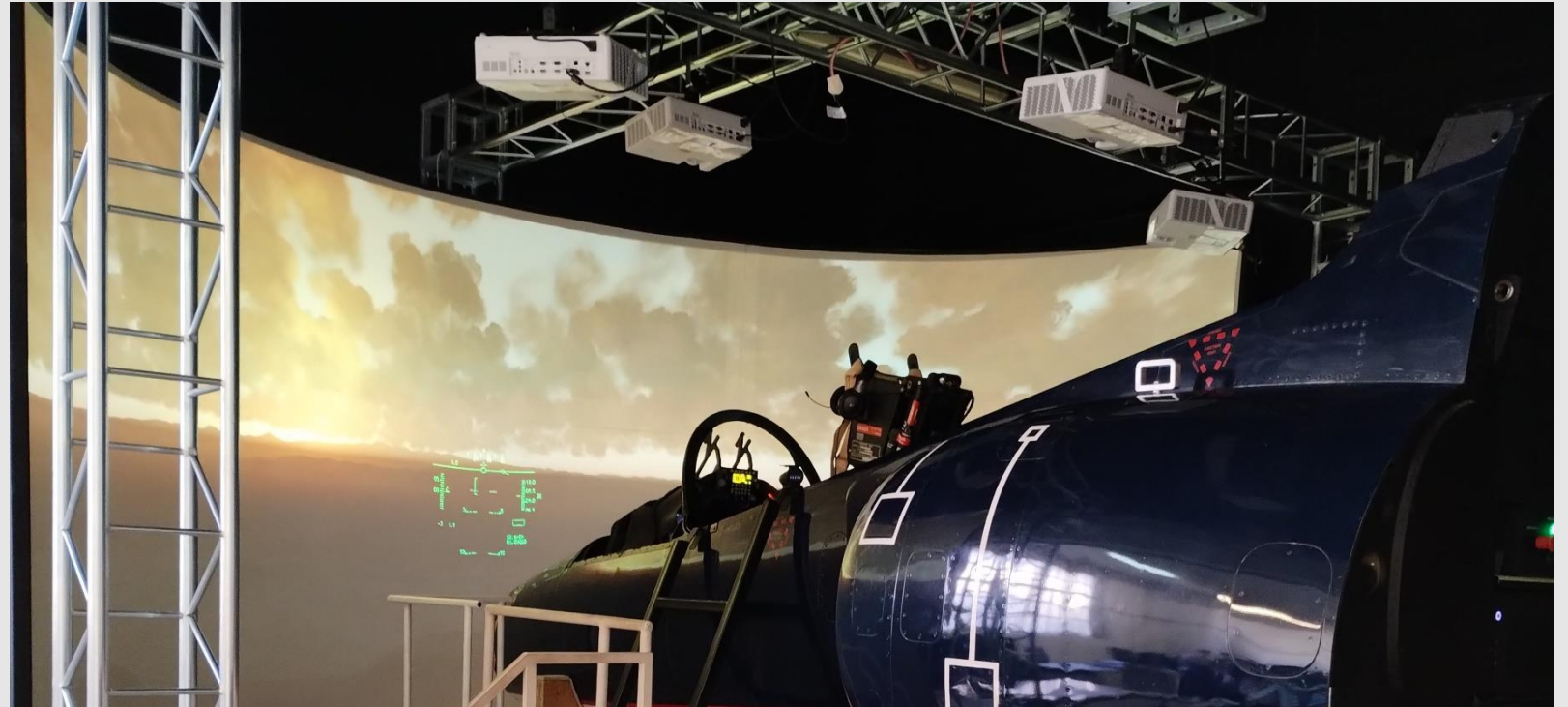
- Modelo másico, parámetros de peso y balanceo
- Diseño de superficies aerodinámicas
- Frenos de aire y tren de aterrizaje
- Angulo de ataque y deslizamiento
- Efecto de coeficientes de resistencia de cargas adicionales

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

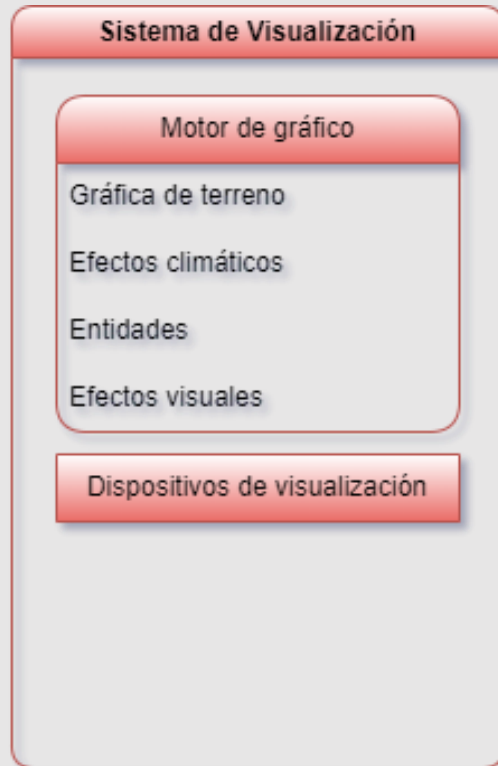
Sistema de Visualización

Motor de gráfico

Dispositivos de visualización



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



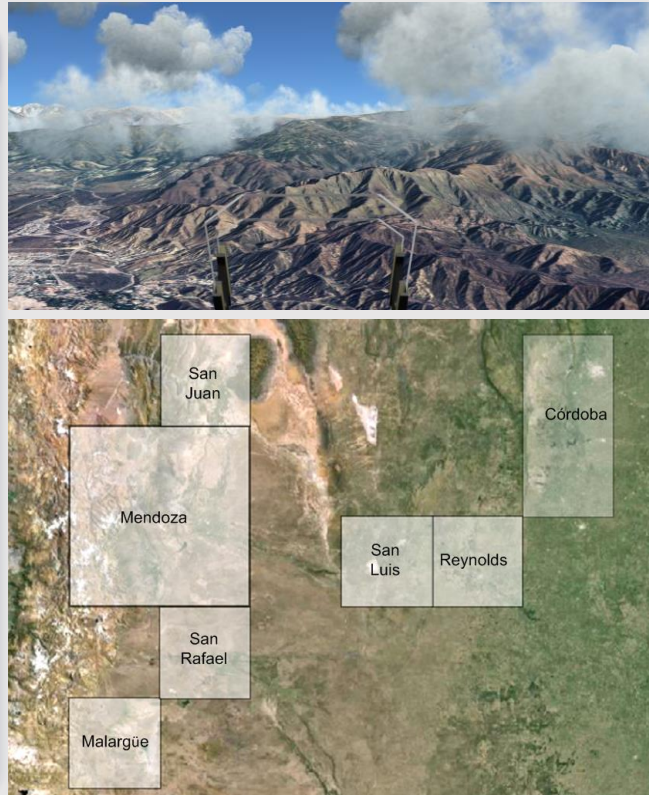
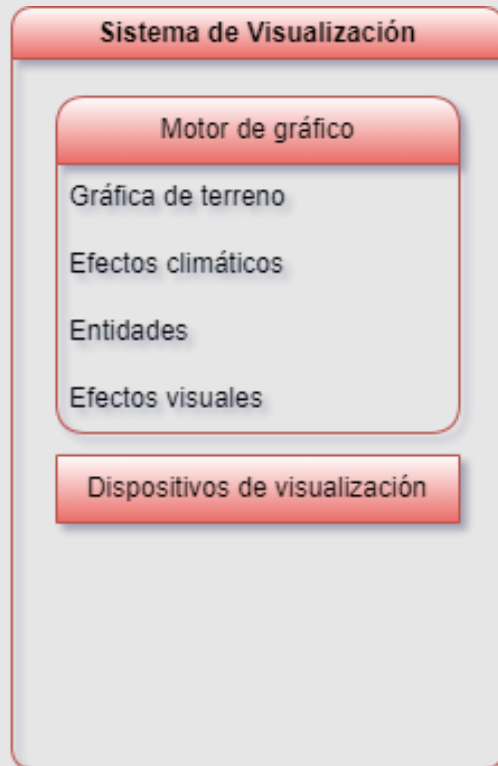
Motor grafico

Kit de herramientas de visualización que permite graficar e implementar imágenes de alta resolución y vistas de 360° para simulaciones. Se logran escenas de alta densidad en amplias áreas geográficas en tiempo real.

Se proporciona un entorno de visualización 3D, que permite alcanzar altos niveles de realismo utilizando sombras dinámicas, detalles de alta resolución, modelos atmosféricos sofisticados, nubes 3D, vegetación natural y escenas realistas.

El FTD cuenta con modelos de entidades integradas en diferentes escenarios de simulación.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



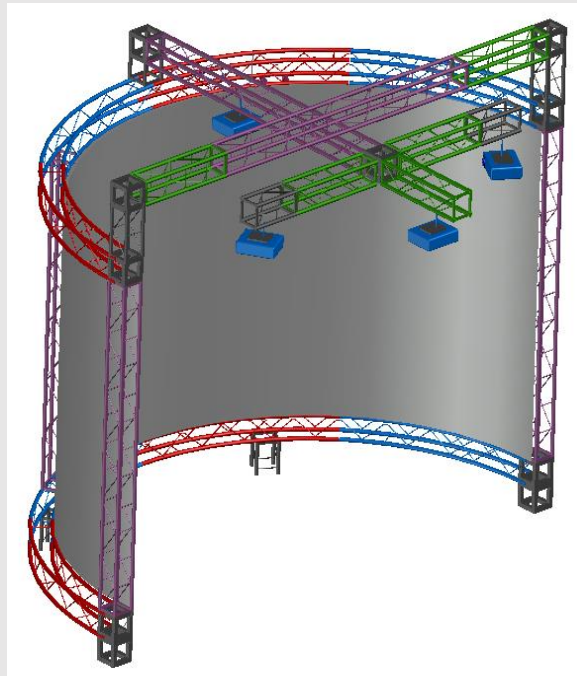
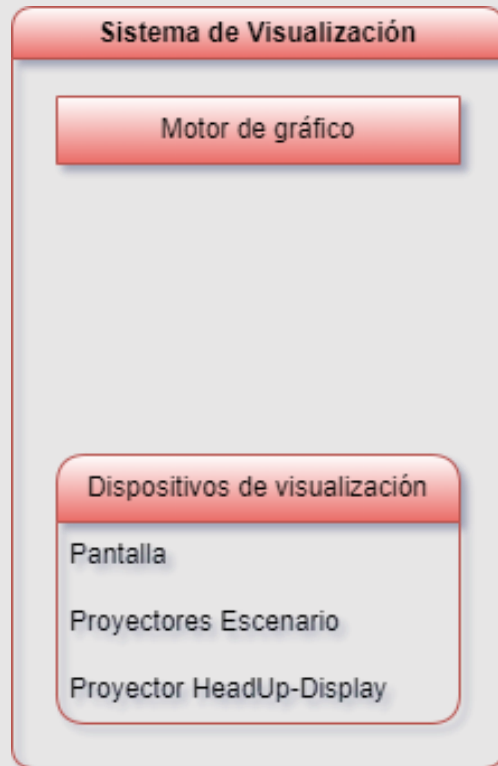
Grafica de terreno

Se dispone diferentes bases de datos de terreno virtual para ser proyectada en el sistema de visualización, formado por imágenes satelitales con propiedad de elevación y modelos 3D.

Las bases de datos están compuestas por mosaicos de imágenes satelitales con diferentes resoluciones para vuelos de bajo y alto nivel. Los terrenos implementados:

- Mendoza
- Córdoba
- San Luis
- San Juan
- Malargüe
- San Rafael
- Villa Reynolds

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



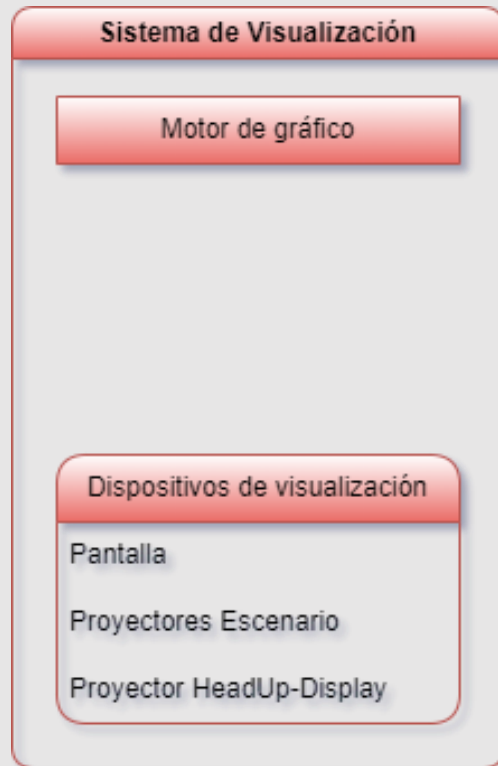
PANTALLA

Estructura tipo Truss semicilíndrica con un radio de 2,5 m.

La pantalla se construirá con tela especial para proyección de las siguientes características:

- Tela de tres capas laminadas: la parte posterior de PVC de color negro, la parte frontal, donde se proyecta, de PVC blanco mate, ganancia 1:1, tela central de soporte de fibra de vidrio ignifuga.
- Espacio disponible para proyección: 3m de alto X 7,5m de ancho
- Tela de una sola pieza sin uniones.
- Borde con refuerzo para los ojales que permiten la fijación en la estructura y el tensado.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



PROYECTORES ESCENARIO/HUD

Se utilizan tres proyectores combinados para la representación del terreno y uno para el HUD.

A través de un software dedicado de warping y blending, se realiza la corrección de la imagen multiproyectada en la pantalla semicilíndrica.

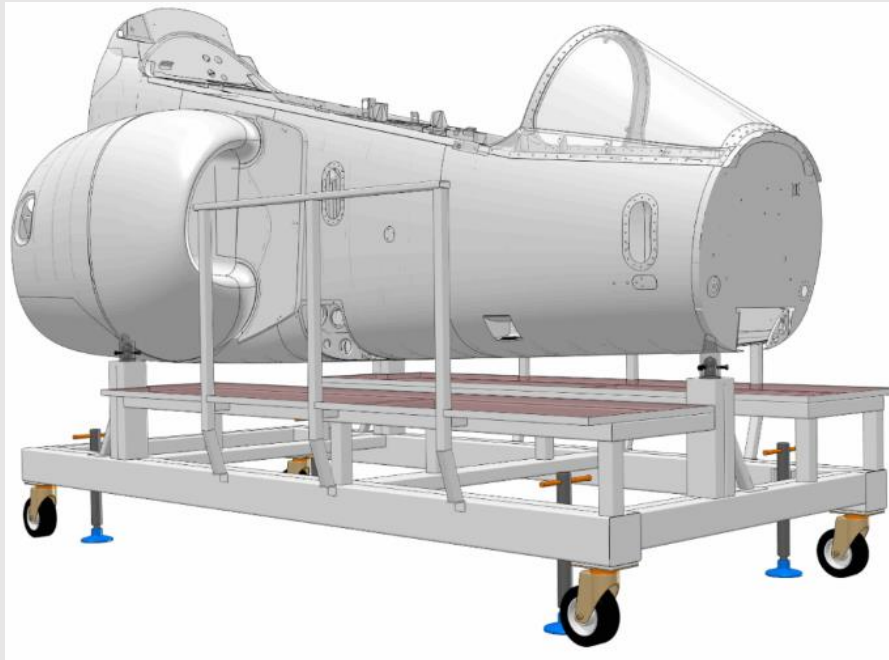
Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Sistema de Cabina

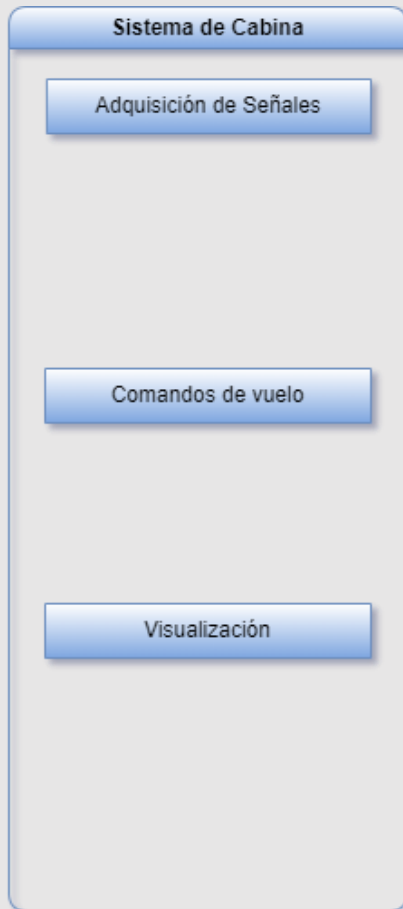
Adquisición de Señales

Comandos de vuelo

Visualización



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



Se implementa todo el equipamiento de cabina necesario para el FTD en una cabina mockup.

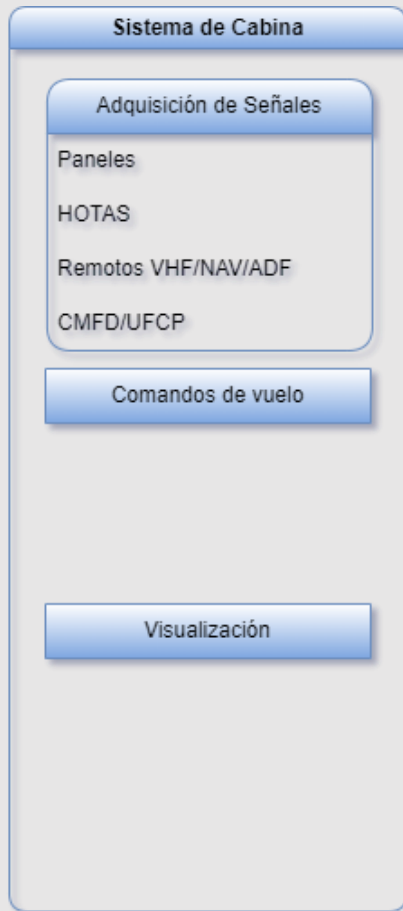
Se utilizan componentes reales (mismos que equipan a la aeronave) que dan robustez y durabilidad en el uso:

- Stick/throttle
- CMFD's
- UFCP
- Llaves
- Indicadores
- Paneles
- Remotos VHF/ADF/VOR

Se utilizan componentes emulados:

- Brújula
- Horizonte de emergencia

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



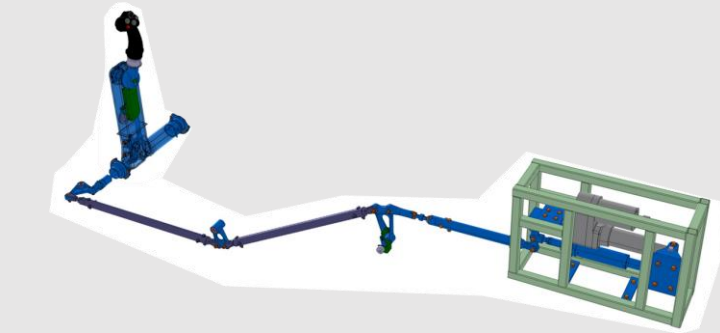
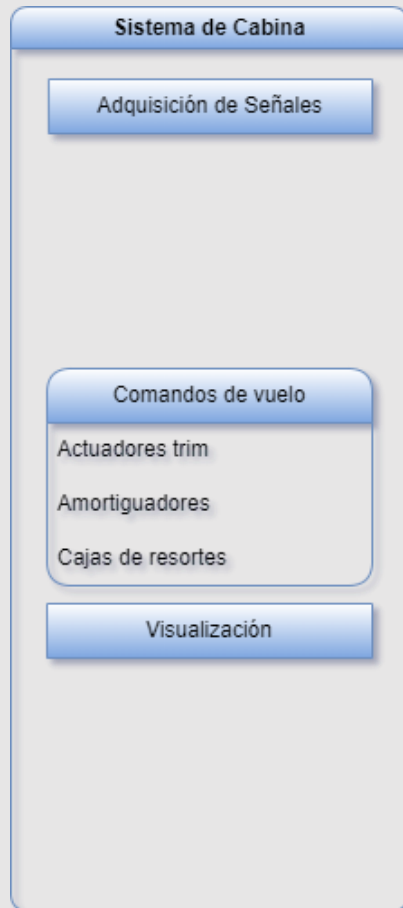
Se realiza adquisición de señales analógicas y digitales provenientes de los controles de cabina (llaves, potenciómetros, pulsadores, etc.).

Se genera señales de control para luces indicadoras.

Comunicación serial bidireccional con dispositivos (CMFD, UFCP, remotos VHF/NAV/ADF) por protocolo ARINC429 y RS-422

Se utilizan placas dedicadas, de alta velocidad y resolución (16bits/250 kS/s) montadas de chasis PXIe-1085 National Instrument. Se realiza filtrado y acondicionamiento de señales digital.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



El sistema de simulación de esfuerzo fue diseñado para sintetizar los sistemas de comando de vuelo del avión.

Los esfuerzos en los comandos de vuelo (profundidad, alerones y dirección) son generados por medio de cajas resortes calibrada (idénticas a las que equipan el avión Pampa). Se simula el comportamiento de la caja Heini y Arthur.

Se simuló el efecto del sistema hidráulico a través de un sistema de amortiguadores.

Se instalaron actuadores de trim electromecánicos como en el avión para realizar las compensaciones necesarias.

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III



Se utilizan equipos reales para las 3 CMFD y para el UFCP

Los dispositivos Brújula/Horizonte de emergencia se emulan a través de pantallas LCD de formato circular presentando las prestaciones de los dispositivos originales.

El video de las pantallas es desarrollado en un software IDE dedicado, apto para diseño pantallas gráficas interactivas en tiempo real para aviónica y otras aplicaciones integradas.

La pantalla de equipo UFCP es comandada a través de comunicación serial RS-422 y controlado por librería dinámica de aviónica

Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Ensayo y Validación

Para el ensayo y validación del FTD se utilizó la guía de ensayo de calificación QTG.

El principal desafío que se planteó durante el desarrollo fue que: el comportamiento aerodinámico, la performance de vuelo y el comportamiento del motor, sean representativos del avión real. Para cumplir con este objetivo se siguieron los lineamientos establecidos en dicha guía, ésta se utiliza para demostrar que la performance y funcionalidades del simulador, incluida la representación física, está dentro de los límites trazados y que todos los requerimientos operativos han sido satisfechos. A continuación, se describen los ensayos realizados durante el proceso de validación basados en la QTG.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

- Ensayos Objetivos

A través de maniobras preestablecidas se compara la performance del simulador con datos de vuelo (ensayos en vuelo, ensayos en tierra, manual de vuelo, etc.).

- Ensayos Subjetivos

Un piloto entrenado verifica que el comportamiento y las funcionalidades del simulador se ajustan a la aeronave real. Se realiza mediante un checklist y un vuelo completo.

- Ensayos Funcionales

Ensayos manuales donde se verifica que todos los sistemas, no solo de vuelo sino también visualización, sonido, etc. cumplen con los requerimientos operativos.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Impacto en el Entrenamiento

- Entrenamiento Seguro y Controlado

Permite a los pilotos entrenar en un entorno simulado que replica condiciones de vuelo reales sin los riesgos asociados con la aviación real. Esto facilita la práctica de maniobras complejas y procedimientos de emergencia de manera segura.

- Costo - Eficiencia

A diferencia de los vuelos reales, el uso de un FTD es considerablemente más económico. Reduce los costos asociados con el combustible y el mantenimiento de aeronaves, lo que permite una formación más accesible.

- Desarrollo de Procedimientos

Permite la práctica de procedimientos estándar y no estándar, incluyendo operaciones de emergencia. Con esto se logra desarrollar y perfeccionar la capacidad de respuesta ante situaciones imprevistas, como fallos de motores o sistemas, sin el riesgo asociado con los vuelos reales.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

- Feedback Inmediato

Proporciona retroalimentación instantánea sobre el rendimiento del piloto, permitiendo ajustes y correcciones en tiempo real. Esto ayuda a identificar y corregir errores rápidamente, mejorando la eficacia del entrenamiento.

- Condiciones de Vuelo Variables

Se pueden simular una amplia gama de condiciones meteorológicas y situaciones de vuelo, desde tormentas severas hasta visibilidad reducida. Esto proporciona a los pilotos la oportunidad de experimentar y adaptarse a diversas condiciones sin la necesidad de volar en condiciones adversas reales.

- Repetición y Práctica

Los pilotos pueden repetir procedimientos y prácticas tantas veces como sea necesario en un FTD, facilitando la perfección de habilidades específicas y la familiarización con el sistema de la aeronave.



Desarrollo de un Dispositivo de Entrenamiento de Vuelo FTD de la aeronave Pampa III

Conclusión

El desarrollo del FTD para el avión Pampa III fue un proceso complejo que requirió de una colaboración estrecha entre ingenierías de diferentes especialidades, y una ardua participación de pilotos de ensayo. Este entrenador de vuelo no solo mejora la seguridad y eficiencia del entrenamiento, sino que también contribuye al desarrollo tecnológico y la capacidad industrial del país.



¡MUCHAS GRACIAS!

