



Revista EIA
ISSN: 1794-1237
revista@eia.edu.co
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Colombia

COMPLEMENTO AL SIMULADOR DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206, PARA LAS PRÁCTICAS EN LA FORMACIÓN DE PILOTOS DE LA ESAVI

Díaz Figueroa, John Edison; Gonzalez Villamil, Edgar Eduardo; Perez Oliva, Jorge Andres; Medina Echavarria, Ricardo Adolfo; Barajas Ardila, Luis Fernando
COMPLEMENTO AL SIMULADOR DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206, PARA LAS PRÁCTICAS EN LA FORMACIÓN DE PILOTOS DE LA ESAVI
Revista EIA, vol. 17, núm. 34, 2020
Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860011>
DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1327>

COMPLEMENTO AL SIMULADOR DE VUELO DEL HELICÓPTERO BELL 206, PARA LAS PRÁCTICAS EN LA FORMACIÓN DE PILOTOS DE LA ESAVI

Complement to the flight simulator of the Bell 206 helicopter,
for training practices of pilots of the ESAVI

John Edison Díaz Figueroa

john.diaz1030@correo.policia.gov.co

Escuela de Aviación Policial Esavi, Colombia

Edgar Eduardo Gonzalez Villamil

edgar.gonzalez1048@correo.policia.gov.co

Escuela de Aviación Policial Esavi, Colombia

Jorge Andres Perez Oliva

jorge.perez1283@correo.policia.gov.co

Escuela de Aviación Policial Esavi, Colombia

Ricardo Adolfo Medina Echavarria ramedinae@unal.edu.co

Escuela de Aviación Policial Esavi, Colombia

Luis Fernando Barajas Ardila febarajas@gmail.com

Fundación Universitaria San Martín, Colombia

Revista EIA, vol. 17, núm. 34, 2020

Escuela de Ingeniería de Antioquia,
Colombia

Recepción: 06 Junio 2019

Aprobación: 18 Junio 2019

DOI: [https://doi.org/10.24050/
reia.v17i34.1327](https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1327)

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=149264860011](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860011)

Resumen: En el presente trabajo se buscó realizar el complemento (rediseño) al simulador de vuelo del helicóptero Bell 206, para la práctica de las maniobras de emergencia en la formación de Pilotos Policiales de la ESAVI, el cual consistió en mejorar el material del chasis de la cabina, el tablero de los paneles de mandos, el software de simulación, entre otros. De igual forma de la respectiva prueba de funcionamiento del mismo; además, el simulador de vuelo rediseñado, se mejoró las competencias teórico-prácticas a través de la repetición y aumentó la seguridad operacional de la aeronave cuando ocurren fallas mecánicas o maniobras de alto riesgo. Por otro lado fortaleció los equipos de apoyo educativo con que cuenta la Institución, logrando con ello mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje entre instructores y estudiantes, lo cual tiene como finalidad evitar accidentes aéreos por factores de tipo humano.

Palabras clave: simulador de vuelo, falla mecánica, maniobra de emergencia, accidente aéreo, Helicóptero Bell 206.

Abstract: In the present work we sought to make the complement (redesign) flight simulator Bell 206 helicopter, for the practice of emergency maneuvers in the formation of Police Pilots of the ESAVI, which consisted in improving the material of the chassis of the cabin, the dashboard of the control panels, the simulation software, among others. In the same way of the respective test of operation thereof; In addition, the redesigned flight simulator, the best theoretical practices through repetition and the operational safety of the aircraft when mechanical failures or high-risk maneuvers occur. On the other hand, the educational support teams were strengthened with the account of the institution, the teaching-learning process between the instructors and the students, which has as its objective the answer.

Keywords: flight simulator, mechanical failure, emergency maneuver, plane crash, 206 Bell Helicopter.

Palavras chave: simulador de voo, falha mecânica, manobra de emergência, accidente de avião, Helicóptero Bell 206

1. Introducción

En la actualidad, en Colombia los accidentes aéreos debido a fallas mecánicas o maniobras de alto riesgo o no autorizadas han aumentado en los últimos 10 años; las cuales, un 21.7% fue por personal-piloto-decisiones operacionales; el 15.07% piloto-percepción y el 7.02% piloto-procedimientos de reglamentos e instrucciones Montoya Murillo & Roldan Montoya. (2007); además, para mejorar la seguridad aérea es importante generar la participación de todas las empresas aéreas e implementar el intercambio de conocimientos relativos a mejorar los planes de seguridad operacional, al igual que la difusión de las causas de los accidentes aéreos más relevantes en el ámbito nacional. De igual forma, al ser la causa más frecuente el factor humano en el caso colombiano, es necesario exigir a las escuelas de aviación, implementar y reforzar en la instrucción de los futuros pilotos, técnicas y soluciones que no contribuyen a no reincidir en estos errores frecuentes.

En el caso de la Escuela de Aviación Policial de Mariquita (ESAVI) tiene como función formar Tecnólogos en Mantenimiento Aeronáutico y Especialistas Pilotos Policiales como lo exige la seguridad aérea; además, al ser un centro educativo debe contar con apoyos educativos como bancos didácticos, simuladores de vuelo, entre otros; sin embargo, en la actualidad hasta ahora la ESAVI está apoyando e implementando simuladores de vuelo dentro de sus actividades pedagógicas y didácticas, ya que en la mayoría de los casos los estudiantes a piloto policial no cuentan sino con las aeronaves reales para lograr hacer su fase de vuelo, la cual es posterior a la de tierra, razón por la cual, fácilmente se pueden cometer errores al no contar con actividades de repetición y adquisición de competencias en la teoría. También, en la misma Institución se cuentan con algunos simuladores obsoletos que no permiten simular fallas mecánicas o maniobras de alto riesgo que en la mayoría de los casos están restringidas o no permitidas, puesto que depende de la experiencia de los estudiantes o pilotos (factor humano) o situaciones de la aeronave.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto se llevó a cabo el rediseño del Simulador del Helicóptero Bell 206 con que cuenta la ESAVI, el cual fue complementado con módulos e instrumentos que permitan llevar a cabo la simulación de las fallas mecánicas y las maniobras de alto riesgo en fase de tierra o teórica, logrando con ello que los estudiantes aprendan competencias reales a través de la repetición y guía del instructor, y experiencia también en caso de que se llegue a presentar este tipo de situaciones, logrando con ello aumentar la seguridad operacional de la aeronave y la vida de las personas (tripulantes); además, fortalecer la enseñanza-aprendizaje entre instructor y estudiante, logrando también un vínculo de confianza y empatía, logrando con ello seguridad en todo el proceso.

La metodología que se llevó a cabo fue recopilación de información a través de fichas de observación, rediseño del simulador Bell 206 con que cuenta actualmente la ESAVI, pruebas que garantizan el correcto funcionamiento y la elaboración de un manual de uso y mantenimiento para los usuarios.

2. Materiales y métodos

2.2 Simulador de Vuelo

De acuerdo con Otalora Castañeda (2013):

Un simulador de vuelo es un sistema formado solo por software o por software y hardware. El objetivo es simular o emular de la forma más real posible la experiencia de pilotar una aeronave. Entre los diferentes tipos que se pueden encontrar se tienen desde los más simples basados en videojuegos, hasta réplicas de cabinas en tamaño real. Algunos están montados sobre accionadores hidráulicos (o electromecánicos) para lograr versiones dinámicas de los mismos. Así mismo, los simuladores de vuelo tienen un componente lúdico importante que permiten prácticas de tipo análogo Manilla. (1985), donde las experiencias en entrenamientos simulados no se quedan solo en la virtualidad, sino que debido a la manipulación del sujeto existe una transferencia de habilidades objeto del entrenamiento.

Por otro lado, existen tres tipos de simuladores de vuelo que se utilizan bastante, los cuales de acuerdo con Otálora Castañeda. (2013) son:

a. The Sistem Trainers: Son usados para enseñar a los pilotos como operar apropiadamente varios sistemas de la aeronave. Una vez que los pilotos se han familiarizado con estos sistemas operacionales se realiza la transición a los entrenadores de procedimientos de cabina o CPTs.

b. Los CPTs: Son usados para entrenar a las tripulaciones de vuelo en procedimientos normales y de emergencia. Reproducen los entornos atmosféricos a los que se enfrentara la aeronave, simulando vientos, temperaturas y turbulencias. CPTs simulan también la variedad de sonidos provocados por la aeronave como el ruido de los motores, trenes de aterrizaje y demás sonidos.

c. Simulator o Full-Flight Simulator: Este sistema duplica todos los aspectos de una aeronave y su entorno, incluidos los movimientos básicos de la aeronave. Este tipo de 15 simuladores pueden generar sacudidas momentáneas de forma que sus ocupantes deban abrocharse los cinturones de los asientos tal y como harían en una aeronave real.

Por otro lado, el mismo autor define los simuladores de vuelo regulados para la autoridad aeronáutica:

a. Simulador de vuelo Nivel A: Permite el desarrollo y práctica de las aptitudes necesarias para la realización de tareas de operaciones de vuelo de acuerdo con una norma prescrita de competencia del personal aeronáutico, en una aeronave y posición de trabajo específica. Los simuladores Nivel A pueden ser utilizados para los requerimientos de experiencia reciente de un piloto específico y para los requerimientos de

instrucción de tareas de operación de vuelo durante la instrucción de transición, promoción, periódica y de recalificación bajo la LAR 121 y 135. También pueden ser utilizados para la instrucción inicial de nuevo empleado e inicial en equipo nuevo en eventos específicos.

b. Simulador de vuelo Nivel B: Permite el desarrollo y práctica de las aptitudes necesarias para la realización de las tareas de operaciones de vuelo, de acuerdo con una norma prescrita de la competencia del personal aeronáutico, en una aeronave y posición de trabajo específica.

c. Simulador de vuelo Nivel C: Permite el desarrollo y práctica de las aptitudes necesarias para la realización de tareas de operaciones de vuelo de acuerdo con una norma prescrita de la competencia del personal aeronáutico, en una aeronave y posición de trabajo específica. Los simuladores Nivel C pueden ser utilizados para los requerimientos de experiencia reciente de un piloto y para la instrucción de tareas de operaciones de vuelo durante la instrucción de transición, ascenso, periódica y de recalificación, bajo la LAR 121 y 135. También pueden ser utilizados para la instrucción inicial de nuevo empleado e inicial en equipo nuevo en ciertos eventos específicos. Todos los eventos de instrucción pueden ser conducidos en simuladores de vuelo Nivel C para aquellos tripulantes de vuelo quienes han sido calificados anteriormente como PIC o SIC con aquel explotador.

d. Simulador de vuelo Nivel D: Permite el desarrollo y práctica de las aptitudes necesarias para realizar las tareas de operaciones de vuelo de acuerdo con una norma prescrita de competencia del personal aeronáutico, en una aeronave y posición de trabajo específica. Los simuladores de vuelo Nivel D pueden ser utilizados a fin de mantener la vigencia de pilotos bajo el LAR 121 y 135 y para todas las instrucciones de tareas de operaciones de vuelo excepto para la instrucción de aeronave estática.

2.3. Programación y Simulación.

2.3.1. Programación.

Se llama programación a la creación de un programa de computadora, un conjunto concreto de instrucciones que una computadora puede ejecutar Adell. (2007); además, el programa se escribe en un lenguaje de programación, aunque también se pueda escribir directamente en lenguaje de máquina, con cierta dificultad.

2.3.2. Programas y algoritmos.

Un algoritmo es una secuencia no ambigua, finita y ordenada de instrucciones que han de seguirse para resolver un problema Adell. (2007). De igual forma, el programa normalmente implementa (traduce a un lenguaje de programación concreto) un algoritmo; sin embargo, puede

haber programas que no se ajusten a un algoritmo (pueden no terminar nunca), en cuyo caso se denomina procedimiento a tal programa.

Por otro lado, los programas suelen subdividirse en partes menores (módulos), de modo que la complejidad algorítmica de cada una de las partes sea menor que la del programa completo, lo cual ayuda al desarrollo del programa. Se han propuesto diversas técnicas de programación, cuyo objetivo es mejorar tanto el proceso de creación de software como su mantenimiento. Entre ellas se pueden mencionar las programaciones lineales, estructurada, modular y orientada a objetos

3. Resultados y discusión

3.1. Herramientas Tecnológicas para la Mejora y/o Complemento del Simulador del Helicóptero Bell 206 BIII de la ESAVI.

Esto, con la finalidad de que permita realizar maniobras de emergencia por falla mecánica y de alto riesgo, dentro de las herramientas tecnológicas que se adaptaron para la mejora del simulador se tienen:

a. **Cabina Nissi 001:** la cual fue rediseñada teniendo en cuenta las dimensiones reales del helicóptero Bell 206 BIII.

b. **Chasis:** Materiales que lo hacen resistente y liviano para lograr hacer las actividades o tareas requeridas en el simulador (ver figura 1)



Figura 1.

Chasis reformado del simulador del Helicóptero Bell 206 BIII.

Fuente propia 2018

c. **Consola principal:** la cual fue adaptada al simulador para lograr establecer las maniobras de emergencia por falla mecánica o de alto riesgo; además, de retroalimentación en todos los paneles de instrumentos (ver figura 2).



Figura 2.
Consola principal rediseñada del simulador del Helicóptero Bell 206.
Fuente propia 2018

d. Modificación del Glass Cockpit: El cual permite doble comando (ver figura 3).



Figura 3
Glass Cockpit rediseñado.
Fuente propia 2018

3.1.1. Materiales Requeridos Para El Rediseño.

El simulador como se puede ver en la figura 4, está construido en Hierro, Acero, Aluminio, fibra de vidrio y otros materiales que lo hacen fuerte, resistente y se logra alcanzar unos excelentes acabados; además, permite garantizar la vida del mismo. De igual modo, las ventanas están simuladas en aleaciones de polímeros, logrando con ello gran realismo y resistencia en la pieza simulada.



Figura 4.
Cabina rediseñada con nuevos materiales.
Fuente propia 2018

3.1.2. Seleccionar Software de Simulación o Si Con El Que Tiene Se Puede Trabajar.

En el caso del programa seleccionado es el XPLANE 11 como software de simulación (ver figura 5); el cual, para iniciar nuestro primer vuelo, se ubica desde donde quiere iniciar el vuelo, meteorología que quiere contar para el vuelo, hora y estación actual, misiones, multijugador, historial del piloto, centro de instrucción, configuraciones (ver figura 6).



Figura 5
Selección de software de X-Plane 11.
Fuente propia 2018



Figura 6
Pasos de inicio del programa XPLANE 11.
Fuente propia 2018

3.1.3. Realizar Planos de Detalle y Montaje del Rediseño.

Los planos de detalles y montaje de rediseño se pueden ver a continuación.

a. Panel de Instrumentos. Se puede evidenciar en la figura 7, el panel de instrumentos; el cual está fabricado en madera de 15 mm, lámina galvanizada, thermolon y otros elementos.

De igual forma, el panel de instrumentos principal incluye lo siguiente:

- Codificadores funcionales (altímetro, VOR, ADF, HDG, CRS)
- Interruptor de válvula de combustible
- matrícula de llamada personalizada.
- Preformado Marcos Instrumentos de 6 mm de espesor, acrílico negro.

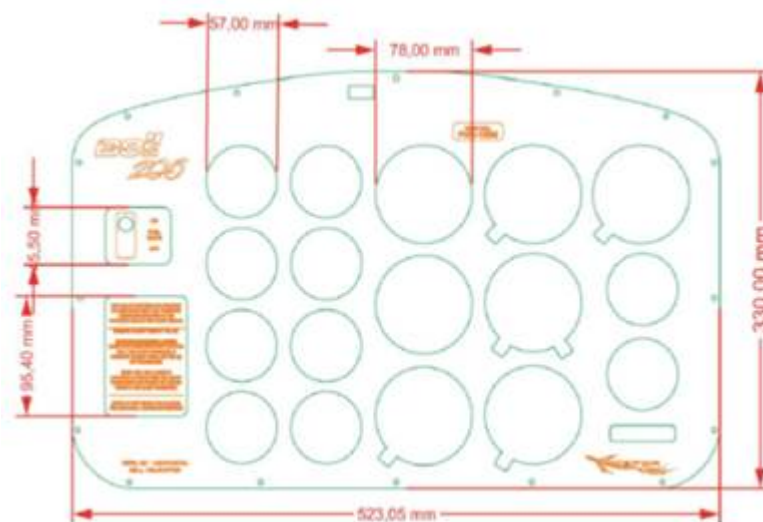


Figura 7
Plano panel de instrumentos.
Fuente propia 2018

b. Panel de Válvula de combustible. Este panel es suministrado con su interruptor de 2 posiciones y la cubierta de seguridad del interruptor cargada con resorte de aluminio como se puede ver en la figura 8.

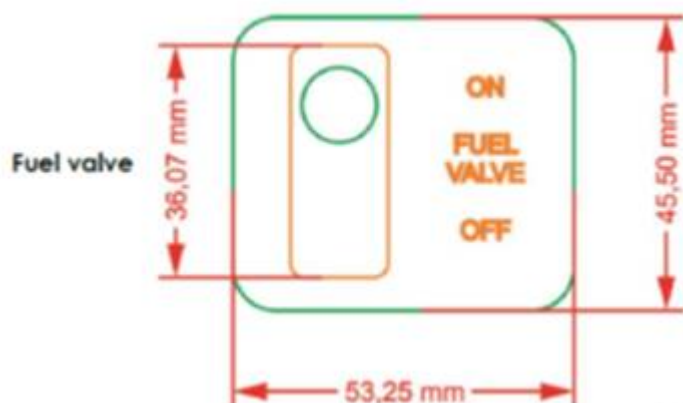


Figura 8

Plano panel de válvula de combustible

Fuente propia 2018

c. Panel de elementos misceláneos. Este panel se suministra con los interruptores de 3 posiciones totalmente instalados en un panel de respaldo (ver figura 9).

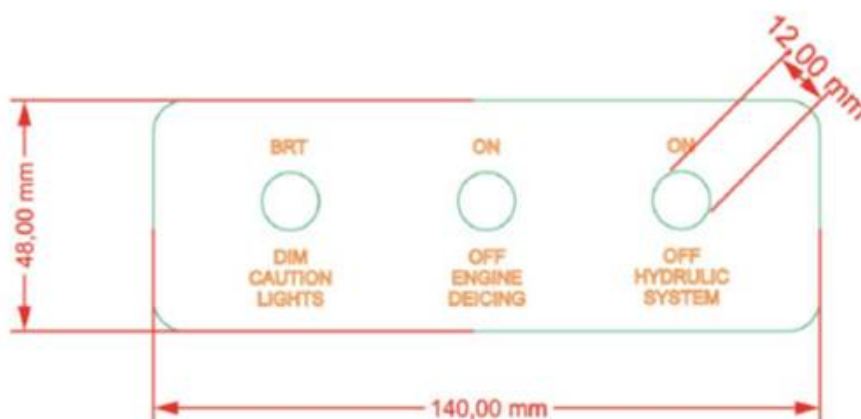


Figura 9

Panel de elementos misceláneos.

Fuente propia 2018

d. Cabina del simulador. Las características técnicas se pueden evidenciar a continuación en la figura 10, donde se observa la cabina principal.

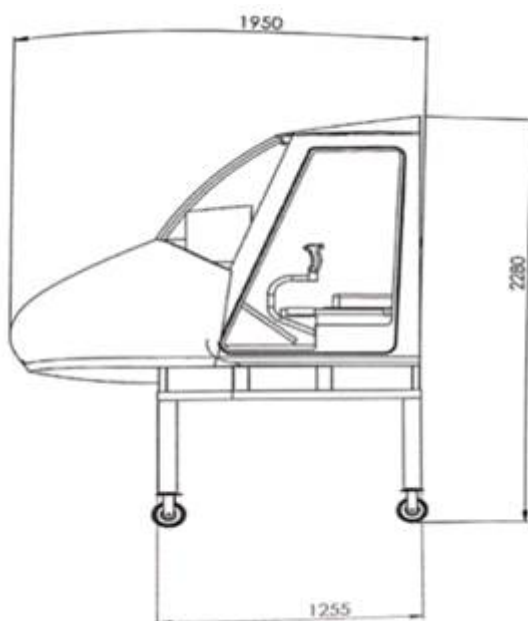


Figura 10.
Plano cabina principal.
Fuente propia 2018

3.2. Puesta a punto el simulador del helicóptero Bell 206 rediseñado, garantizando su funcionalidad

En esta parte se observan las pruebas de funcionamiento que se realizaron en el simulador de vuelo del Helicóptero Bell 206 BIII, las cuales consistían en garantizar su funcionalidad y calibrarlo en caso de que fuera necesario, con ello se esperaba dejarlo listo para poder utilizarlo en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la ESAVI. Posterior a la puesta en marcha del simulador de vuelo mediante la plataforma X-Plane 11 y el software Air Manager, se procedió a realizar distintos chequeos para la verificación del funcionamiento de los componentes instalados.

Los primeros chequeos realizados, se enfocaron en determinar el correcto funcionamiento y respuesta a los movimientos de los controles de vuelo, para el mando cíclico se determinó la actitud y movimiento del helicóptero reflejados en los dispositivos de proyección, siendo acordes a la ejecución de inclinación del bastón cíclico en direcciones hacia adelante, atrás y lateralmente. Así mismo, se determinó la información suministrada por los instrumentos de vuelo a cambios en velocidad, actitud frente a la superficie, altitud, cambios de rumbo y marcaciones en los instrumentos de navegación en atención a movimientos de cabeceo y alabeo.

Por otra parte, se realizó la verificación de los movimientos del mando colectivo frente a la respuesta de la aeronave y sus instrumentos durante la ejecución de un vuelo simulado. Para ello, se tuvo en cuenta la respuesta en cambios de altitud durante ascensos y descensos en relación a la ejecución de movimientos hacia arriba y abajo del baston colectivo; además, en los

ajustes de potencia realizados como se observa en la figura 11, se verificó la información reflejada en los instrumentos de propulsión como los son el torquimetro y la temperatura de salida de gases de la turbina.



Figura 11

Relación de movimiento del control colectivo.

Fuente propia 2018

Para determinar la controlabilidad del helicóptero durante vuelo simulado y la relación de los controles de vuelo y los instrumentos del panel principal, se realizaron cuatro periodos de operación del simulador con una duración de quince minutos cada uno, alcanzando una proeficiencia en los despegues, aterrizajes, vuelos rectos y a nivel, virajes a diferentes grados de banqueo y ascensos y descensos, como se muestra en la figura 12.

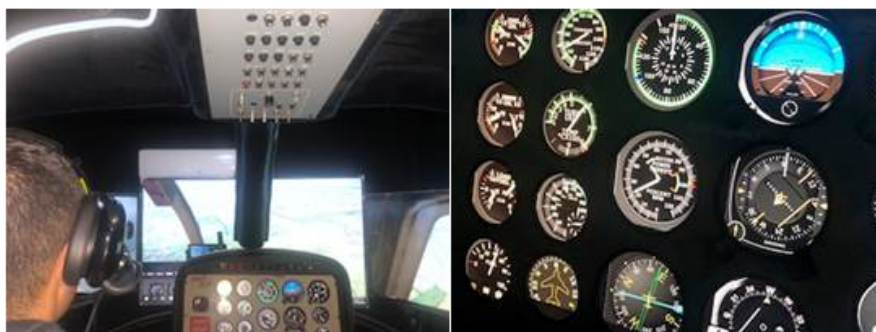


Figura 12

Interacción de los controles de vuelo e instrumentos

Fuente propia 2018

Para lograr la simulación de maniobras de respuesta a emergencias, se ejecutaron chequeos mediante acciones inducidas a un malfuncionamiento de la aeronave durante vuelo simulado. En estas pruebas, se determinaron acciones como el cierre del acelerador, causando el encendido de luces de precaución como ENG OUT o ROTOR LOW RPM, donde el operador pudo identificarlas de manera visual y mediante señales de audio iguales a las que se presentan en la cabina de un Bell Ranger 206. Durante estos procedimientos, el piloto operador ejecuto acciones inmediatas que inliyen la coordinación en los movimientos de los controles de vuelo, así como la atención inmediata de las indicacines de los instrumentos de vuelo.

4. Conclusiones

Con la recopilación de información realizada se logró determinar un adecuado rediseño e implementación del simulador de vuelo del Helicóptero Bell 206 BIII, el cual permitirá lograr capacitar a los estudiantes de la Especialización Piloto Policial a través de la repetición y la práctica con respecto a maniobras de emergencia generadas por fallas mecánicas o maniobras de alto riesgo; además, logra mejorar las competencias teóricas, ganar experticia y aumentar la seguridad operacional de las aeronaves salvaguardando la vida de la tripulación de las mismas.

De igual forma, con el simulador de vuelo se fortalece los apoyos educativos con que cuenta la ESAVI para su proceso de enseñanza-aprendizaje, logrando con ello fortalecer las competencias teóricas a través de la práctica; además, aumentando con ello el indicador de calidad educativa de la Institución. También, se logran mejorar indicadores como el económico (disminuir el consumo de combustibles fósiles de las aeronaves en etapa de vuelo), ambiental (disminuir los impactos ambientales al cambio climático por consumo de combustibles) y social (capacitación de instructores y estudiantes de la ESAVI).

Por otro lado, con el simulador de vuelo que se rediseño e implemento en la ESAVI se puede extender la metodología a las diferentes Escuelas de Aviación del país, logrando metas de cobertura y concientización del factor humano como elemento primordial para evitar accidentes aéreos de toda índole, especialmente las de fallas mecánicas y maniobras de alto riesgo.

Con respecto a la pregunta de investigación de este proyecto, se logra dar su solución, puesto que a través de que el rediseño del simulador quedo ajustado a los requerimientos de poder llevar a cabo maniobras de emergencia de los estudiantes pilotos policiales en la etapa de tierra, fortaleciendo con ellos su experticia, aumentando su seguridad en la toma de decisiones y mejorando la seguridad operacional de las aeronaves salvaguardando las vidas de las personas y de la tripulación cuando lleguen a la fase de vuelo.

Referencias

- Adams, R.; Ericsson, A. (2000). Introduction to cognitive processes of expert pilots. *Journal of Human Performance in Extreme Environments*, V(1), 5. DOI: 10.7771/2327-2937.1006
- Adell, J. (2007). *Software libre en educación infantil y primaria*. Madrid España: Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría General de Educación. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ey7ZcQqtUGgC&oi=fnd&pg=PA75&dq=.+Se+llama+programaci%C3%B3n+a+la+creaci%C3%B3n+de+un+programa+de+computador+a,+un+conjunto+concreto+de+instrucciones+que+una+computadora+puede+ejecutar%3B++&ots=YEgVVxX9L5&sig=9LtWv>

- Alife, G.; Veloso, C. (2011). *Computación Práctica para docentes. Competencias en TIC para dar clases*. México: Alfaomega.
- Almenara, J. C. (2006). La calidad educativa en el e.Learning: sus bases pedagógicas. December 2006, *Educacion Medica* 9(2):9-14. DOI: 10.4321/S1575-18132006000700003.
- Alonso, H. J.; Domínguez, D. A.; Ciancio, V. R. (2004). Capacitación de personal y cultura. Su especificidad en el medio aeronáutico Laboral. *XI Jornadas de Investigación*, 1-10.
- Aráoz Camacho, J. R. (2015). *Tesis de Maestría "Impacto del uso de herramientas tecnológicas en cursos de capacitación para sobrecargos de aviación"*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Area-Moreira, M.; Hernández-Rivero, V.; Sosa-Alonso, J. J. (2016). Modelos de integración didáctica de las TIC en el aula. *Revista Comunicar* 47: *Comunicación, sociedad civil y cambio social*, 24.
- Beltrán Dueñas, J. M. (2015). Introducción del simulador de vuelo Flightgear en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la cinemática, dinámica y fluidos. *VI Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual y a Distancia* (págs. 1-13). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Benavides Edson, C. D. (2007). *Diseño de un sistema de monitoreo cardiaco para pilotos en vuelo para el Centro de Medicina Aeroespacial de la Fuerza Aérea Colombiana*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Betancourt Castellanos, O. (2007). *Trabajo de Pregrado "Puesta en marcha del simulador de vuelo de la EPSC"*. Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Brunsgaard, C.; Dvořáková, P.; Wyckmans, A.; Stutterecker, W.; Laskari, M.; Almeida, M.; Kabele, K.; Magyar, Z.; Bartkiewicz, P.; Veldi, P. (2014). Integrated energy design e Education and training in crossdisciplinary teams implementing energy performance of buildings. *Building and Environment*(72), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.011>
- Cardozo Barreto, G. (2008). Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Educación. *Revista Iberoamericana de Educación*(45), 1-5. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie4512148>
- Carr, P.; Pond, G. (2008). Second Life: La guía definitiva a un nuevo mundo virtual. *Revista Fuentes*, 8, 345-347.
- Carrillo Pachon, E. A.; Garay Ospina, P. A.; Usuga, B. A. (2017). *Tesis de Especialización "Desarrollo de un simulador de Air Tractor AT-802, para entrenamiento de tripulaciones en el nuevo enfoque policial"*. Mariquita: Escuela de Aviación Policial.
- Conca Pascual, G. J. (2016). *Tesis de Pegrado "Juego hecho en Unity 3D: Space Bullet"*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Costas Santos, J. (2013). *Tesis de Doctorado "Análisis, diseño, construcción y evaluación de simuladores para la familia profesional de Informática y Comunicaciones"*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/15014>
- Department of Energy U.S. (2014). *ENERGY.GOV*. Recuperado el 28 de Febrero de 2015, de <http://www.energy.gov/energysaver/articles/tips-home-office-and-electronics>

- Entrol. (2018). *A32 / Twin Jet FNPT II MCC*. Obtenido de <http://www.entrol.es/simulators/fixed-wing/a32-twin-jet-fnpt-ii-mcc>
- Entrol. (2018). *AT-802 Dual FTD Level 2*. Obtenido de <http://www.entrol.es/simulators/fixed-wing/a12-at-802-dual-ftd-level-2>
- Escuela de Aviación Policial. (2018). *Misión*. Obtenido de <https://www.policiagov.co/escuelas/aviacion>
- Escuela de Aviación Policial -ESAVI. (s.f.). *Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 B3*. Mariquita: Escuela de Aviación Policial .
- European Flyers. (2018). *FRASCA 142*. Obtenido de <http://europeanflyers.com/frasca-142>
- Flores Caicedo, J., Sarmiento Pedroza, M. A., & Fernandez Rincón, L. E. (2018). *Diseño e implementación de un simulador de vuelo para la formación de habilidades de operación instrumental análoga y digital del Cessna 172 en fase de tierra de los pilotos policiales*. San Sebastián de Mariquita: Escuela de Aviación Policial.
- Flores Cruz, J. A.; Avalos Villarreal, E.; Camarena Gallardo, P. (2014). Usos de aplicaciones de la realidad virtual en la educación. *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura* (págs. 1-12). Zacatenco: Instituto Politécnico Nacional - ESIME.
- Gargiulo, S.; Gómez, F. (2016). Blog de la Comunidad virtual de práctica "Docentes en línea". *Didáctica y TIC. Blog de la Comunidad Virtual de Práctica Docentes en Línea*, 1-5.
- Gargiulo, S.; Gómez, F. (2016). *Simuladores educativos: los aspectos cognitivos implicados en el diseño de entornos virtuales de simulación*. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/60733>
- Gómez Rodríguez, J. (2013). *Tesis de Pregrado "Tren de aterrizaje del Focke Wulf FW 190, reconstrucción y análisis virtual"*. Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya.
- González Cortés, O. (2015). *Tesis de Pregrado "Estudio, Diseño y Simulación de una Pantalla de Vuelo Principal (PFD) para el Simulador de Aviónica de una Cabina de DC-9"*. Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gonzalez Giraldo, C. D.; Ediel Enrique, R. V.; Yesid Esteban, R. R. (2017). *Tesis de Especialización "Diseño e implementación del manual para el simulador de ala rotatoria del helicóptero Bell Ranger 206 de la Escuela de Aviación Policial"*. Mariquita: Escuela de Aviación Policial.
- Guacaneme González, J. V.; Segura Folleco, I. J. (2013). *Trabajo de Especialización "Análisis de preinversión para el proyecto de un simulador de vuelo para el helicóptero MI 17 del ejército de Colombia"*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Baptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- Isasi Guerrero, L. J. (2014). *Tesis de Pregrado "Mandos de vuelo para simulador de helicóptero"*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas (ICAI).
- Klastrup, L. (2003). A poetics of virtual worlds. *Congreso Digital Arts and Culture (DAC)*. Melbourne, Australia.
- Lepeley, M. T. (2001). *Gestión y calidad en educación: un modelo de evaluación*. Connecticut: McGraw-Hill Interamericana.
- Malbrán, M.; Pérez, V. (2004). Simulación mediada por ordenadores. Consideraciones en entornos universitarios. *Congreso Argentino de*

- Ciencias de la Computación (CACIC)* (págs. 1-12). La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22387/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Manilla, J. M. (1985). Estrategias didácticas básicas y lenguajes de programación. *Educación médica y salud*, 465. Obtenido de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Estrategias+did%C3%A1cticas+b%C3%A1sicas+y+lenguajes+de+programaci%C3%B3n.+E&btnG=
- Manovich, L. (2006). El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital. *Paidós comunicación*, 63, 56.
- Márquez, I. V. (2010). La simulación como aprendizaje: educación y mundos virtuales. *II Congreso Internacional Comunicación 3.0* (págs. 1-11). Madrid: Universidad de salamanca.
- Martín, E. (2016). *Entrenadores y simuladores de vuelo en la Aviación del Ejército Argentino*. Obtenido de <http://www.histarmar.com.ar/AVIACION/EloyMartin/Entrenador-es-y-simuladores-de-vuelo-en-el-Ejercito-Argentino.pdf>
- Montoya Murillo, A.; Roldan Montoya, A. (2007). *Tesis de Pregrado "Análisis, clasificación y evaluación de accidentes aéreos de la aviación civil en Colombia para los últimos 10 años"*. Bogotá: Universidad de Buenaventura. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/41029.pdf>
- Olarte López, N. E.; Cabezas Burbano, Y.; Echeverry Vásquez, G. E. (2013). Factores que intervienen en el desempeño de un piloto bajo diferentes condiciones de vuelo – revisión de tema. *Ciencia y Poder Aéreo.*, VIII(1), 9-20.
- Otalora Castañeda, J. (2013). *Tesis de Especialización "Los simuladores de vuelo dentro de la actividad aérea"*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Padilla Zea, N. (2011). *Tesis de Doctorado "Metodología para el diseño de video juegos educativos sobre una arquitectura para el análisis del aprendizaje colaborativo"*. Granada, España: Universidad de Granada.
- Policía Nacional. (2011). *Manual para el Empleo de Aeronaves en la Policía Nacional*. Bogotá: Policía Nacional. Obtenido de http://www.policia.edu.co/documentos/normatividad_2016/manual-es/Manual%20para%20el%20empleo%20de%20aeronaves%20en%20la%20Polic%C3%ADa%20Nacional.pdf
- Rodríguez, N.; Morales Cueto, O.; Camacho, E. A.; Viveros Díaz, B.; Contreras Lozano, N. (2013). Prototipo plataforma con movimiento 6 DOF con Flight Simulator 2004. *Ciencia y Tecnología Aeronáutica*, 19, 28-30. Obtenido de <https://www.publicacionesfac.com/index.php/TecnoESUFA/article/view/270/393>
- Rojas Armandi, V. M. (1944). *Derecho Internacional Público*. Obtenido de <http://cordovaluis.org/blog/wp-content/uploads/2011/05/DIP11-Rojas-Amandi-2010-Manuel-Becerra1997-Territorio.pdf>
- Simó Alonso, M. (2006). *Tesis de Pregrado "Diseño de una cabina de vuelo virtual"*. Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11008>
- Sizza Moreno, J. F. (2014). Simuladores para entrenamientos en la Fuerza Aérea Colombiana. *Ciencia y Poder Aéreo*, 135-141.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2012). *RAC 24 Dispositivos Simuladores para Entrenamiento de Vuelo*. Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%2024%20>

20-%20Dispositivos%20Simuladores%20para%20Entrenamiento%20de
%20Vuelo.pdf

Vine, S. J.; Uiga, L.; Lavric, A.; Moore, L. J.; Tsaneva-Atanasova, K.; Mark, R. W. (2015). Individual reactions to stress predict performance during a critical aviation incident. *Anxiety, Stress, & Coping*, 28(4), 467-477.

WH International. (11 de Enero de 2017). *Aviación de la Policía Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://www.warheat.com/web/aviacion-de-la-policia-nacional-de-colombia/>

Wojcik, D.; Fernández Ramos, Á. (2016). *Exploración de capacidad metacognitiva en alumnos de aviación*. Salamanca: Universidad de Salamanca.