



SIMULADORES DE VUELO COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA Y PEDAGÓGICA EN LA ESCUELA DE AVIACIÓN POLICIAL

LIBROS DE INVESTIGACIÓN

Giovanni Andrés Vargas Galván
John Edisson Díaz Figueroa
Henry Augusto Chaparro Alvarado

2021



ES UN
HONOR
SER POLICÍA



El futuro
es de todos

Presidencia
de la República

Colombia: Simuladores de vuelo como estrategia didáctica y pedagógica en la Escuela de Aviación Policial.

Bogotá D. C., 2021.

114 p.; 23x16,5 cm

ISBN digital: 978-958-53807-6-9

1. Simulador de vuelo; 2. Estrategia; 3. Pedagógica; 4. Didáctica; 5. Competencias; 6. Fallas humanas. I Giovanni Andrés Vargas Galván; II. John Edisson Díaz Figueroa; III. Henry Augusto Chaparro Alvarado
CDD-23 353.1 – 2021

© Giovanni Andrés Vargas Galván

© John Edisson Díaz Figueroa

© Henry Augusto Chaparro Alvarado

Dirección Nacional de Escuelas

Brigadier General Yackeline Navarro Ordóñez

Directora Nacional de Escuelas

Edición

© Editorial de la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional de Colombia

Vicerrectoría de Investigación

dinae.vicin@policia.gov.co

Trv. 33 No. 47A - 35 Sur • Bogotá, D. C., Colombia

Teléfono: (601) 515 9000 Ext. 9854

Editor

Mayor Juan Aparicio Barrera

Serie Libros resultados de investigación

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este libro por cualquier proceso reprográfico o fónico, especialmente por fotocopia, microfilme, offset o mimeógrafo.

Ley 23 de 1982

ISBN digital: 978-958-53807-6-9

Edición: diciembre de 2021

Diseño de Carátula: Competitividad SAS

Diagramación: Competitividad SAS

Corrección de estilo: Competitividad SAS

Bogotá D. C. - Colombia



Policía Nacional de Colombia

General

Jorge Luis Vargas Valencia

Director General de la Policía Nacional de Colombia

Mayor General

Hoover Alfredo Penilla Romero

Subdirector de la Policía Nacional

Brigadier General

Yackeline Navarro Ordóñez

Directora Nacional de Escuelas

Teniente Coronel

John Flober Mirque Neusa

Director Escuela de Aviación

Mayor

Bernardo Rafael Gil Rojas

Vicerrector de Investigación

Grupo de Investigación ESAVI- DINA E, Código: COL0093308201905191024. Área: Educación. Línea: Formación policial.

Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad exclusiva del autor y no necesariamente reflejan la postura de la Policía Nacional de Colombia.

Cómo citar este libro: Vargas-Galván, G. A.; Díaz-Figueroa, J. E., y Chaparro-Alvarado, H. A. (2021). *Simuladores de vuelo como estrategia didáctica y pedagógica en la Escuela de Aviación Policial*. Editorial de la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.22335/EDNE.44>

Título

Simuladores de vuelo como estrategia didáctica y pedagógica en la Escuela de Aviación Policial

Resumen

Este libro se realizó con la finalidad de establecer el papel que juegan los simuladores de vuelo como estrategia pedagógica y didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la repetición y adquisición de competencias prácticas en la formación de pilotos policiales en la especialización Piloto Policial de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI) y en general talento humano de la aviación. Lo anterior a fin de establecer los tipos de simuladores de vuelo con los que cuenta la ESAVI, sus diseños o rediseños para que sean personalizados a las necesidades de la Institución, siendo lo más realistas posibles, así como la posibilidad de aprender desde fraseología aeronáutica hasta realizar actividades de vuelo en aeronaves de ala rotativa y fija, permitiendo con ello fortalecer la seguridad operacional de la aeronave y de sus tripulantes. De igual forma, se establece este libro para explicar y definir uno (1) virtual y tres (3) simuladores físicos, los cuales son IVAO, Helicóptero Bell 206 BIII, avión Cessna 172 y el avión Air Tractor-AT 802 respectivamente, los cuales han sido productos de los trabajos de grado en investigación llevados a cabo en la Escuela por parte de sus estudiantes.

Palabras clave: Simulador de vuelo; estrategia; pedagógica; didáctica; competencias; fallas humanas

Title

Flight simulators as a didactic and pedagogical strategy in the Police Aviation School

Abstract

This research book was carried out in order to establish the important role that flight simulators play as a pedagogical and didactic strategy in teaching-learning process through the repetition and acquisition of practical skills in the training of police pilots in the specialization Police Pilot of the School of Police Aviation (ESAVI) and, in general, human talent of aviation. This is based on establishing the types of flight simulators that the ESAVI has, their designs or redesigns customized to the needs of the Institution, being as realistic as possible and bringing the possibility of learning from aeronautical phraseology to carrying out flight activities in rotary and fixed-wing aircraft, thereby strengthening the operational safety of the aircraft and its crew members. Similarly, this book is established to explain and define one (1) virtual and three (3) physical simulators, which are IVAO, Bell 206 BIII helicopter, Cessna 172 aircraft and Air Tractor-AT 802 aircraft respectively, which are research degree projects products carried out at the School by students.

Keywords: Flight simulator; strategy; pedagogical; didactic; skills; human failures

LOS AUTORES

John Edison Díaz Figueroa

Ingeniero Aeronáutico, con especialización en servicio policial. Capitán de la Policía Nacional de Colombia. En la actualidad es director y líder del grupo de investigación ESAVI-DINAE, reconocido y categorizado en “C” ante el Ministerio de Ciencia, Tecnología & Innovación, donde lidera los procesos de formación y desarrollo de la investigación para los programas ofertados por la Escuela de Aviación Policial. Ha participado como ponente, par evaluador y conferencista en los diferentes eventos académicos y de investigación a nivel departamental, nacional e internacional (Encuentros nacionales e internacionales de semilleros de investigación 2018-2019 RedCOLSI). Actualmente es delegado ante la RedCOLSI nodo Tolima en pro de mejorar e incentivar la semilla de investigación con los estudiantes del norte del Tolima. Correo electrónico: john.diaz1030@correo.policia.gov.co

Giovanni Andrés Vargas Galván

Ingeniero Mecánico. Especialista en Pedagogía y Ética. Magister en Gestión Industrial con énfasis en medioambiente. Participación en los grupos de investigación: GMAE de la Universidad de Ibagué en las líneas de Medio Ambiente, Agua y Energía con proyectos enfocados a energías renovables. Virtual Tec de Coreducación en la línea de investigación de residuos sólidos, gestión energética, arbolado, biomasa, energía solar y aire. DINAE ESAVI de la Escuela de Aviación Policial en las líneas de medioambiente, mantenimiento aeronáutico, entre otras. Experiencia laboral: Asesor Metodológico y Pedagógico de la Escuela de Aviación Policial. Ingeniero Contratista en proyectos de gestión energética, iluminación led, gestión ambiental y energías renovables en diferentes empresas públicas y privadas. Director de Programa y docente en Coreducación, Honda. Docente e investigador en la Universidad de Ibagué. Docente e investigador en la Universidad Santiago de Cali. Correo electrónico: giovannivargas8@hotmail.com

Henry Augusto Chaparro Alvarado.

Oficial de Planta de la Escuela de Aviación Policial, prospectivista técnico que ha combinado el servicio policial y la ingeniería, colocándolos al servicio del mejoramiento de los procesos operativos, aeronáuticos, administrativos y académicos en los que ha participado. Con más de 18 años de experiencia en el Servicio de Policía y más de 20 años en diferentes ámbitos de la Ingeniería es un convencido de que la ciencia, la técnica y la pasión pueden ser combinados y conjugados para el beneficio y la construcción social. Como Jefe del Área Académica de la Escuela de Aviación Policial, ha logrado una alta productividad en su equipo de trabajo, realzando el nombre de la Escuela de Aviación Policial. Correo electrónico: henry.chaparro@correo.policia.gov.co.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a la Escuela de Aviación Policial - ESAVI, a sus autoridades, administrativos y docentes del Programa Especialización Piloto Policial por la colaboración en el desarrollo de este libro, el cual permitirá fortalecer la investigación y la formación de talento humano en el diseño o rediseño, implementación y puesta en funcionamiento de los simuladores de vuelo.

John Edison Díaz Figueroa: Venturo aquel que puede ver cada nuevo amanecer, puesto que en este nuevo despertar agradezco al todopoderoso, quien es el que guía mis pasos en el camino de la vida, donde llena de fortalezas a mi familia para soportar la distancia y todos los sentimientos que nos separan, me permite contar con paciencia para afrontar cada reto que se me presenta y me brinda sabiduría para aprender de todos aquellos que me rodean, logrando tomar lo mejor de ellos y dar frutos de trabajo combinando lo académico, profesional y personal en cada nuevo proyecto culminado.

Giovanni Andrés Vargas Galván: Agradezco primero a Dios por darme la oportunidad de lograr todos estos triunfos y metas; a mi hijo Andrés Felipe Vargas Amaya y mi esposa Luz Divia Amaya Cabrera, por su confianza y paciencia durante todo el tiempo de arduo trabajo y dedicación; además, a toda mi familia, por los momentos que dejo de compartir para poder cumplir con mi deber.

Henry Augusto Chaparro Alvarado: A Dios, por permitirme reconocerlo en cada una de las personas que conozco, que me han enseñado que la vida es similar al viento y las mareas... siempre habrá un punto en calma y una nueva ola por superar, y que antes que pedir que no haya tormenta debemos orar por crecer para navegar manteniendo nuestro rumbo.

Dios y Patria

PRÓLOGO

Este libro representa una posibilidad para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, proyección social e investigación de las escuelas de formación policial y las empresas dedicadas a la aviación, a partir de la formación de su talento humano a través de los simuladores o entrenadores de vuelo, los cuales permiten al estudiante adquirir y fortalecer las competencias prácticas mediante la repetición, y con ello tratar de evitar fallas humanas y, subsecuentemente, pérdidas económicas y vidas, no sólo para las instituciones sino también para la comunidad en general, ambas beneficiadas de muchas de las operaciones que realiza la Policía Nacional. Es de anotar que, en el caso de la ESAVI, todos sus simuladores han sido implementados a través de trabajos de grado por parte de los estudiantes de la Especialización Piloto Policial, logrando con esto la relación entre docencia e investigación de una forma real y práctica.

La Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional (DINAE) cuenta con 27 escuelas de formación, de las cuales la única en formación piloto policial es la ESAVI, lo cual es aún más recalculable, teniendo en cuenta que el compromiso en la formación de talento humano es aviación. Para el caso de la Policía, este compromiso recae en ella y, en este sentido, toma mucha más relevancia la implementación de los simuladores de vuelo como estrategia pedagógica y didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los futuros pilotos policiales. Sin embargo, es de anotar que con dichos simuladores de vuelo también se podría pensar en formar talento humano en las empresas dedicadas a aviación y a la comunidad en general mediante la práctica y la repetición en tiempo y movimientos reales de una aeronave. Además, permite también evitar posibles fallas humanas que coloquen en riesgo la seguridad operacional y de la tripulación de la aeronave, resultantes en pérdidas económicas y de vidas humanas a futuro.

Por otro lado, si se tiene en cuenta la cantidad de aeronaves con que cuenta la Policía Nacional que apoyan las operaciones y funciones que realice a diario como seguridad, rescate y búsqueda de personas, narcotráfico, delitos ambientales, entre otras, el aporte de este libro se hace valioso, puesto que cada vez más se requieren pilotos policiales con altas competencias teórico prácticas para suplir dichas necesidades que implican, no sólo trabajo de campo, sino formación de talento humano de otras instituciones a nivel internacional y a su vez permiten la movilidad académica de docentes y estudiantes,

y por ende la transferencia de conocimiento y tecnología. Lo anterior tiene en cuenta la experiencia en el diseño, rediseño e implementación de los cuatro (4) simuladores de vuelo con que cuenta la ESAVI en la actualidad, uno de ellos virtual y otros tres (3) físicos. También, permite con ello la proyección social, posicionamiento de la imagen Institucional y el cumplimiento de la visión y misión de la Policía Nacional.

Para la Escuela de Aviación Policial, este libro contribuye a fortalecer al Área de Investigación, compuesta por su grupo ESAVI-DINAE, semilleros, y estudiantes de la Especialización Piloto Policial, que toman como opción de grado esta modalidad investigativa. Además, permite socializar y divulgar los resultados obtenidos de proyectos Institucionales, enfocados a las líneas educación y mantenimiento aeronáutico con las que cuenta la Policía Nacional y la misma ESAVI, las cuales están consignadas en la Resolución 02078 (2020) “por la cual se expide el Manual de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Policía Nacional de Colombia”. También, en la Institución se está realizando un proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación de talento humano con altos estándares de calidad en lo que se refiere a la adquisición de competencias teórico prácticas y sus resultados de aprendizaje.

Por otro lado, este libro se proyecta como una herramienta fundamental en la capacitación de las demás instituciones que trabajan en aviación, a la comunidad en general del municipio de Mariquita, y a la Escuela de Aviación, especialmente a los niños y jóvenes que buscan un proyecto de vida dentro de la Policía Nacional a través de una profesión como piloto policial, lo cual permitirá el posicionamiento académico y de la imagen de la Escuela de Aviación –además, de contribuir con su proyección social e investigativa.

Quiero agradecer a la Policía Nacional y la Editorial de la Dirección Nacional de Escuelas por habernos permitido la elaboración y publicación de este libro, puesto que se dispone como una oportunidad de divulgar los resultados y productos de investigación en la ESAVI, los cuales son de bastante interés para la comunidad científica y en general, tanto a nivel internacional, nacional como departamental.

Teniente Coronel **John Flober Mirque Neusa**
Director Escuela de Aviación Policial

CONTENIDO

Introducción	16
--------------------	----

Capítulo 1.

Uso de los simuladores de vuelo como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI	19
1.1. Introducción.....	19
1.2. Integración de la simulación con el currículo.....	21
1.3. Modelo Pedagógico ESAVI	22
1.4. Asignaturas que utilizan el simulador de vuelo en la Especialización Piloto Policial de la ESAVI.....	23
1.5. Estadísticas de uso por simulador de vuelo de la ESAVI	24
1.6. Estrategias pedagógicas y didácticas para el uso de los simuladores de vuelo de la ESAVI	25

Capítulo 2.

Simulador de vuelo: Fraseología aeronáutica mediante el programa International Virtual Aviation Organization.....	29
2.1. Introducción	29
2.2. Diseño e Implementación del Simulador de Vuelo de Fraseología Aeronáutica Mediante el Software IVAO.....	30
2.2.1. Diseño del Simulador de Vuelo	30
2.2.2. Implementación y Configuración del Simulador de Vuelo de Fraseología Aeronáutica Mediante el Programa IVAO	31
2.3. Simulador de vuelo de fraseología aeronáutica mediante el programa IVAO como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI.....	37
2.4. Conclusiones.....	39

Capítulo 3.

Simulador de vuelo helicóptero Bell Ranger 206 BIII.....	41
3.1. Introducción.....	41
3.2. Información general del helicóptero Bell 206 B3 de la ESAVI.....	41
3.2.1. Fuselaje.....	42
3.2.2. Componentes principales del helicóptero Bell 206 BIII.....	44
3.2.3. Datos generales	45
3.2.4. Cabina de la tripulación	46

3.3.	Maniobras de emergencia por fallas mecánicas y de alto riesgo que deben afrontar en vuelo los estudiantes de ala rotatoria de la Especialización Piloto Policial de la ESAVI 45.....	48
3.4.	Rediseño (mejora y/o complemento) con base en herramientas tecnológicas del simulador helicóptero Bell 206 y la información recolectada	50
3.4.1.	Herramientas tecnológicas necesarias 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... ..	50
3.4.2.	Materiales Requeridos para el Rediseño.....	51
3.4.3.	Seleccionar software de simulación o si con el que tiene se puede trabajar.....	51
3.4.4.	Realizar planos de detalle y montaje del rediseño	52
3.5.	Implementación de mejoras y/o complementos tecnológicos al simulador del helicóptero Bell 206.....	56
3.5.1.	Ensamble del chasis rediseñado del simulador en caso de que se haya realizado	56
3.5.2.	Ensamble de los elementos y componentes mecánicos, eléctricos y de simulación u otros al simulador	56
3.5.3.	Instalación software de simulación en caso de que se haya cambiado	62
3.6.	Puesta a punto del simulador del helicóptero Bell 206 rediseñado, garantizando su funcionalidad	63
3.6.1.	Prueba del simulador con estudiantes, docentes e instructores para verificar su funcionamiento	63
3.7.	Simulador de vuelo Bell Ranger 206 como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI para determinar las fallas mecánicas y de riesgo	66
3.8.	Conclusiones.	79

Capítulo 4.

	Simulador de vuelo avión Cessna 172	81
4.1.	Introducción	81
4.2.	Información general del avión Cessna 172	82
4.3.	Especificaciones técnicas del avión Cessna 172	84
4.4.	Identificar las herramientas necesarias para el rediseño del simulador de vuelo Cessna 172.....	86
4.5.	Construir el simulador de Vuelo del Avión Cessna 172 con base en el rediseño realizado y los programas elegidos para la formación de habilidades de operación instrumental análoga y digital en fase tierra de los pilotos policiales	87
4.5.1.	Ensamble del chasis	87
4.5.2.	Instalación de elementos eléctricos y electrónicos.....	89
4.5.3.	Instalación software de simulación	90
4.6.	Simulador de vuelo Cessna 172 como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI	91
4.7.	Conclusiones	93

Capítulo 5.

	Simulador de vuelo avión Air Tractor AT-802	95
5.1.	Introducción	95

5.2.	Información General del Avión Air Tractor 802 de la ESAVI	95
5.2.	Adaptar y Adecuar el Simulador de Vuelo Estático del Avión AT- 802	97
5.2.1.	Selección Unión Cabina (Base Entrenador)	99
5.2.2.	Dimensionamiento de la Cabina	99
5.2.3.	Determinación de la Visibilidad de la Cabina	99
5.3.	Características y propiedades del simulador de vuelo	100
5.4.	Software de simulación	101
5.5.	Medidas del simulador de vuelo AT-802	102
5.6.	Ensamble del Simulador de Vuelo.....	102
5.7.	Prueba piloto de la ejecución del entrenador con un instructor y un estudiante del área para verificar su funcionamiento	102
5.8.	Simulador de vuelo AT-802 como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI ...	105
5.9.	Conclusiones.....	106
	Conclusiones Generales.....	107
	Limitaciones	108
	Recomendaciones	108
	Futuros Trabajos.....	109
	Referencias	111

Listado de Tablas

Tabla 1.	Estadísticas de uso de dos simuladores más usados de la ESAVI	25
Tabla 2.	Características generales del programa.	30
Tabla 3.	Componentes del simulador de vuelo.....	31
Tabla 4.	Primera conexión.....	34
Tabla 5.	Primer plan de vuelo.....	35
Tabla 6.	Casillas del plan de vuelo.....	35
Tabla 7.	Acciones de comunicación con los controladores.....	36
Tabla 8.	Secciones principales del fuselaje.....	42
Tabla 9.	Datos generales.....	46
Tabla 10.	Sistema de Instrumentos.....	48
Tabla 11.	Tareas restringidas a los estudiantes.....	49
Tabla 12.	Falla mecánica o maniobra de emergencia.....	49
Tabla 13.	Rediseño chasis de la cabina y el panel de mandos.....	57
Tabla 14.	Instalación de elementos del panel de mandos del simulador de vuelo del Helicóptero Bell 206 BIII.....	58
Tabla 15.	Falla mecánica o maniobra de emergencia.....	66
Tabla 16.	Características generales del avión Cessna 172 SP.....	84
Tabla 17.	Ensamble del chasis del simulador de vuelo del avión Cessna 172 S.....	88
Tabla 18.	Instalación del software de simulación.....	90
Tabla 19.	Especificaciones del AT-802A.....	96
Tabla 20.	Desempeño del AT-802A	96
Tabla 21.	Configuración de la Cabina del Simulador de Avión Air Tractor AT-802.....	97
Tabla 22.	Dimensiones y pesos para un miembro de la tripulación masculino.....	100
Tabla 23.	Peso de los componentes del cuerpo para un piloto masculino, con un peso de 179.36lbs.....	100

Listado de Figuras

Figura 1. Simulador de vuelo Bell 206 utilizado para las actividades de proyección social	24
Figura 2. Centro de Entrenamiento Simulado Aeronáutico Policial.....	26
Figura 3. Simulador de vuelo de fraseología aeronáutica mediante el programa IVAO.....	31
Figura 4. Conexiones finalizadas y preparación para operatividad.....	32
Figura 5. Comprobación de ambiente virtual.....	32
Figura 6. Ejecución de aplicativo.....	33
Figura 7. Visualización primer plan de vuelo software IVAO.....	36
Figura 8. Acciones de comunicación con los controladores.....	37
Figura 9. Control de horas de instrucción de vuelo de un simulador en la ESAVI.....	39
Figura 10. Secciones principales del fuselaje.....	43
Figura 11. Componentes principales I.....	44
Figura 12. Componentes principales II.....	45
Figura 13. Cabina de la tripulación del Helicóptero Bell 206 BIII.....	47
Figura 14. Chasis reformado del simulador del Helicóptero Bell 206 BIII.....	50
Figura 15. Cabina rediseñada con materiales.....	51
Figura 16. Pasos de inicio del programa XPLANE 11.....	51
Figura 17. Plano panel de instrumentos.....	52
Figura 18. Plano panel de válvula de combustible.....	53
Figura 19. Panel de elementos misceláneos.....	53
Figura 20. Plano cabina principal.....	54
Figura 21. Asientos de la cabina.....	54
Figura 22. Estructura frontal de la nariz de la cabina.....	55
Figura 23. Estructura base de soporte para la cabina de simulador.....	55
Figura 24. Vista Frontal de la cabina del simulador.....	56
Figura 25. Rediseño simulador de vuelo Bell Ranger 206. Chasis de la cabina y el panel de mandos.....	56
Figura 26. Sistema de encendido y cómputo del simulador de vuelo.....	59
Figura 27. Controles de vuelo simulador de la aeronave Bell Ranger 206 BIII.....	59
Figura 28. Cíclico.....	60
Figura 29. Pedales.....	60
Figura 30. Colectivo.....	61
Figura 31. Radio de navegación.....	61
Figura 32. Sistema de navegación Garmin G1000.....	62
Figura 33. Pasos de inicio del programa XPLANE 11.....	62
Figura 34. Paneles de instrumentos y los de vuelo. Paneles.....	63
Figura 35. Puesta en marcha del simulador de vuelo Bell Ranger 206 rediseñado.....	64
Figura 36. Relación de movimiento del control colectivo.....	64
Figura 37. Interacción de los controles de vuelo e instrumentos.....	65
Figura 38. Luces de precaución y señales audibles.....	65
Figura 39. Avión Cessna 172.....	82
Figura 40. Cessna 172 Skyhawk sacado del manual de información.....	86

Figura 41. Fuselaje de avión.....	86
Figura 42. Instalación de elementos eléctricos y electrónicos del simulador de vuelo del avión Cessna 172.....	90
Figura 43. Contenido programático y manual de entrenamiento de vuelo por instrumentos de la ESAVI.....	92
Figura 44. Formato control de horas de instrucción de vuelo en los simuladores de la ESAVI.....	93
Figura 45. Avión AT-802 para instrucción de la ESAVI.....	97
Figura 46. Definición de los vectores radiales del ojo.....	101
Figura 47. Medidas del Entrenador de vuelo.....	102
Figura 48. Simulador de vuelo AT-802 terminado.....	103
Figura 49. Funcionamiento del simulador de vuelo estático del avión AT-802. Panel de instrumentos de vuelo piloto.....	104
Figura 50. Imagen funcionamiento del Entrenador de vuelo estático del avión AT-802 piloto y copiloto.....	104
Figura 51. Imagen estructura del simulador de vuelo estático del avión AT 802.....	105

Listado de Siglas y Acrónimos

Sigla	Significado
ACARS	<i>Aircraft Communication Addressing and Reporting System</i>
ADF	<i>Automatic Direction Finder</i>
AGL	Por encima del suelo
ATC	Control del Tráfico aéreo
BHP	<i>Brake Horsepower</i>
°C	Grados Celsius o centígrados
CPU	Unidad Central de Procesamiento
CRS	Sistema de Reservas Computarizado
DINAE	Dirección Nacional de Escuelas
DM	Densidad media
ESAVI	Escuela de Aviación Policial
FLP	<i>Filed Flight Plan</i>
FSUIPC	<i>Flight Simulator Universal Inter-Process Communication</i>
gr	Gramos
ft	Pies
HDG	Indicador de Rumbo
hr	Hora
IVAO	<i>International Virtual Aviation Organization</i>
IvAP	The IVAO Pilot Client
K	Grados Kelvin
kg	Kilogramos
kph	Kilómetros por hora
km	Kilómetros
kts	Knots

Lb	Libras
lt	Litros
nmi	Millas náuticas
m	Metros
MDF	Medium Density Fibreboard
MET	Manual de Entrenamiento de la Tripulación Bell 206/407
mi	Millas
min	Minutos
mm ²	Milímetros cuadrados
mpm	Metros por minuto
MTL	<i>Matrix Template Library</i>
Mpa	Megapascal
N	Newton
NR	Altímetro
NVG	Gafas de visión nocturna
N1	Velocidad de Rotación del Eje del Motor de Baja Presión
N2	Velocidad de rotación del compresor de alta presión
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
RPM	Revoluciones por Minuto
s	Segundos
SUAA	Seguridad de Utilización y Accesibilidad
TOT	Temperatura de la Turbina
TS2	<i>Teamspeak 2</i>
UNICOM	Frecuencia de Comunicaciones Universal
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VID	Número de usuario IVAO VID
VOR	Radiofaro omnidireccional de VHF
°	Grados

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el Ministerio de Educación Nacional, a partir de su Decreto 1330 (2019) y la Resolución 021795 (2020), busca que los programas de pregrado y postgrado en instituciones educativas fortalezcan su calidad académica a partir de la adquisición de competencias y resultados de aprendizaje de los estudiantes, lo cual requiere mejorar los medios educativos necesarios para llevar esto a cabo, los cuales tienen la posibilidad de usar laboratorios virtuales o físicos como los simuladores de vuelo para las escuelas de formación en aviación policial. De acuerdo con Villamil Rico et al. (2018):

Los simuladores de vuelo o dispositivos de entrenamiento de vuelo son usados para la capacitación de los pilotos, desarrollando en ellos habilidades de navegación, maniobra y mantenimiento de los sistemas de las aeronaves. Los simuladores han sido utilizados tanto por las milicias en el mundo como por los civiles, desarrollando nuevas tecnologías y nuevos softwares.

De igual forma, los mismos autores mencionan:

Día a día se ha incursionado en cada detalle de los simuladores de vuelo, hoy en día se realizan grandes investigaciones, como son las plataformas de movimiento que van de un grado de libertad hasta los seis; se han desarrollado nuevos instrumentos tanto de navegación, control, visualización, que hoy en día se cuenta con plataformas que pueden llegar a realizar todas las maniobras hechas por una aeronave real.

Por otro lado, Saastamoinen & Maunula (2021) menciona que:

Las principales razones de la popularidad de los simuladores de vuelo son la mejora de la seguridad del vuelo y la rentabilidad. El simulador de vuelo también se puede utilizar para entrenar y practicar cosas que plantearían un alto riesgo cuando realizados en un avión real, como procedimientos de emergencia y aterrizajes forzosos. Los simuladores varían según el simulador, pero sin excepción, el precio por hora del simulador es solo una fracción del precio por hora de un avión real.

En el caso de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI) no es diferente, puesto que a partir de su Programa de Postgrado Especialización Piloto Policial se busca formar talento humano con competencias teórico prácticas en el control y manejo de aeronaves

para poder cumplir con las funciones de la Policía Nacional, las cuales comprenden temas como el apoyo logístico y de transporte de personal, lucha contra el narcotráfico y los delitos ambientales, entre otros, los cuales tienen como misión el ejercicio de los derechos y libertades públicas y la convivencia en paz de los habitantes de Colombia.

Para ello, se han venido diseñando y construyendo simuladores de vuelo en la ESAVI, tales como: *International Virtual Aviation Organisation (IVAIO)*, Helicóptero Bell 206 BIII, Avión Cessna 172 y el *Air Tractor (AT-802)*, los cuales permiten a los estudiantes fortalecer sus competencias prácticas, obtener experiencia antes de subirse a una aeronave real y fortalecer la seguridad operacional con base en fraseología, señales y maniobras que pueden incluir fallas mecánicas, eléctricas y humanas de forma repetitiva, orientado siempre por un docente instructor de la Institución, convirtiendo así los simuladores de vuelo en entrenadores que a futuro evitarán posibles pérdidas económicas y humanas no sólo para la Policía Nacional sino también para la comunidad en general que son apoyados con estas aeronaves.

Asimismo, los simuladores de vuelo permiten a las instituciones de aviación policial ahorros económicos en tiempo y combustible, así como posibles daños en las aeronaves, cuyos valores ascienden a millones de dólares. Sin embargo, no solamente son el beneficio del factor económico, sino que fortalecen su seguridad operacional y la de sus tripulantes al permitir tanto el entrenamiento del piloto como el de su copiloto, y la interacción entre ellos, buscando así fortalecer la toma de decisiones de forma conjunta o asumir el mando en un momento dado.

Por otro lado, estos cuatro (4) simuladores de vuelo con que cuenta la ESAVI, se han convertido en una estrategia pedagógica y didáctica fundamental para el proceso de enseñanza-aprendizaje que se lleva a cabo, puesto que han permitido ser incluidos dentro de los planes del curso como herramienta que favorezcan a los estudiantes de la Escuela y, en muchas ocasiones, también a los de otras escuelas de formación e incluso talento humano del extranjero, permitiendo con ello movilidad académica nacional e internacional, indicadores tenidos en cuenta al momento de ser evaluados en registros calificados y procesos de acreditación de alta calidad, tanto institucional como de programas académicos, por parte del Ministerio de Educación Nacional.

En términos de investigación, los simuladores con los que cuenta la ESAVI han sido diseñados e implementados y rediseñados a través de los trabajos de grado de los estudiantes, principalmente los de Especialización Piloto Policial, lo cual también ha permitido el posicionamiento de su grupo de investigación DINA-EHAVI, con categoría C ante el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Es de anotar que en este grupo se tienen diversas líneas de investigación en educación, mantenimiento y diseño mecánico, ambiental, entre otros. También, se plantea por parte del área de investigación trazar un cambio o una verdadera innovación a partir de la formación de profesionales policiales capaces de hacer frente a cualquier situación que lo requiera, integrando la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en el proceso educativo.

Partiendo de lo anterior, la finalidad de este libro, con sus respectivos capítulos de investigación, es promover los simuladores o entrenadores de vuelo como una estrategia pedagógica concreta dentro de las instituciones de formación policial, mostrando y permitiendo con ello lo que se ha realizado en la ESAVI y que, además, puede servir como modelo y ejemplo a las demás instituciones e incluso a las empresas dedicadas a la aviación. Asimismo, permitir comprender la importancia de estar en continuo fortalecimiento del proceso de enseñanza y aprendizaje para estudiantes, así como dotar de herramientas al docente para que pueda cumplir con su misión a cabalidad. Por otro lado, si se revisa el punto de vista de formación de talento humano, se podría también aportar a la proyección social con proyectos orientados a la comunidad que le permita vivir experiencias reales de vuelo y con ello el fortalecimiento de la imagen institucional de la Policía Nacional.

Para realizar todo este proceso, en los proyectos de diseño o rediseño de los simuladores de vuelo de la ESAVI, se llevó a cabo una investigación aplicada con corte experimental, alcance descriptivo y enfoque cuantitativo, la cual contó con la recopilación de fuentes de información secundaria como libros y *journals*, y primaria a partir del trabajo de campo como lo fueron visitas a otras instituciones, estado del arte sobre la tecnología de los simuladores, delimitación de asignaturas y temas que los requieren, y la identificación de las competencias y resultados de aprendizaje que deben adquirir los estudiantes dentro de un respectivo número de horas de práctica y repetición que requieren el respectivo acompañamiento o no del docente instructor. Con ello se buscó dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo fortalecen las competencias y resultados de aprendizaje los simuladores de vuelo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los pilotos de aviación policial en la ESAVI?

Por último, el libro está estructurado en cinco (5) capítulos: el primero consiste en la descripción de cómo se utilizan los simuladores de vuelo como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI para fortalecer sus procesos de enseñanza aprendizaje en la formación de pilotos policiales. En el segundo capítulo se describe la implementación del simulador IVAO que permite a estudiantes adquirir competencias en fraseología y definiciones en el lenguaje aeronáutico y de esta manera identificar las falencias y debilidades, y trabajar en ellas antes de llegar a la línea de vuelo. De igual forma, en los capítulos tres (3) al cinco (5), se especifican la descripción y rediseños realizados a los simuladores de vuelo del Helicóptero Bell 206 BIII, Avión Cessna 172 y AT-802 respectivamente.

1. USO DE LOS SIMULADORES DE VUELO COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA Y DIDÁCTICA EN LA ESAVI

1.1. Introducción

De acuerdo con Roscoe & Williges (1980), Grossman & Salas (2011) y Baldwin & Ford (1988), el entrenamiento con simulador implica el concepto de Transferencia, el cual indica como el entrenamiento con el simulador influencia en el desempeño en una situación del mundo real. Esto también significa que el éxito de la transferencia solo se puede ver en una actuación del mundo real. La transferencia es positiva cuando la práctica previa con un simulador conduce a la mejora gestión en un entorno real. Si los simuladores utilizados no imitan correctamente las condiciones del entorno real, o el simulador describe situaciones más fácilmente de lo que son en realidad, el comportamiento aprendido será incorrecto (Liu, Blickensderfer, Macchiarella, & Vincenzi, 2008). Esto conducirá a un resultado negativo en una actuación del mundo real y Transferir es negativo. Es un desafío cambiar o volver a aprender, lo que se ha aprendido mal (Farmer, Van Rooij, Riemersma, & Jorna, 2017).

De igual forma, Saastamoinen & Maunula (2021) especifican que:

Los vuelos con simuladores son obligatorios para aprobar programas de entrenamiento de vuelo. Para vuelos en simulador, se definen y definen objetivos precisos, tareas y tiempos de vuelo. Los resultados se evalúan de acuerdo con los mismos criterios que para los vuelos con aviones reales. En la práctica, esto significa que cada ejercicio de vuelo simulado tiene una serie de áreas que deben evaluarse para las que se ha definido un nivel estándar. Si un estudiante no alcanza el nivel estándar en más de dos áreas, la práctica de vuelo será rechazada. El estudiante debe completar el ejercicio de vuelo con éxito antes de que pueda continuar con su entrenamiento. Por tanto, el uso de un simulador no es solo un entrenamiento adicional. Los estudiantes también pueden practicar con simuladores de vuelo por su cuenta siempre que los simuladores estén libres de otro uso. El simulador proporciona un método seguro para realizar ejercicios que son demasiado peligrosos o imposibles en el avión correcto, como aterrizajes forzosos fuera del área del aeropuerto.

También, Flórez Medina (2020) afirma que:

El simulador de vuelo permite experimentar, replicar y/o simular las situaciones y escenarios reales de emergencia, condiciones de mal tiempo y operación normal, contribuyendo a mejorar la pro-eficiencia de las tripulaciones para enfrentar esas condiciones adversas, sin poner en peligro el recurso humano ni las aeronaves, resulta de gran importancia la obligatoriedad de la realización de entrenamientos de este tipo.

Y Gómez (2004):

Desde 1922, Edward Link presentó su simulador de vuelo en los Estados Unidos y a mediados del siglo XX, el auge y la utilización de los procesadores, abre una nueva oportunidad para la simulación; mejoran notablemente los simuladores de vuelo.

Por otro lado, Otálora Castañeda (2013) define lo siguiente:

En el manual del inspector de operaciones (SRVSOP) de la OACI, en la Parte II – Explotadores de servicios aéreos, Volumen II – Administración técnica de explotadores de servicios aéreos, Capítulo 6- Aprobación de simuladores de vuelo, se encuentra una guía al personal de la Autoridad Aeronáutica Civil (AAC) de los diferentes estados para la aprobación, vigilancia y utilización de simuladores de vuelo dentro de un programa de entrenamiento de un determinado operador. Las autoridades internacionales al notar los beneficios que trae la utilización de los simuladores de vuelo en la actividad aeronáutica en términos de intensidad de entrenamientos y en costos, deciden incluir a los simuladores como parte fundamental del entrenamiento de las tripulaciones de vuelo. Por ende, la inclusión de esta tecnología en la actividad aeronáutica obliga a las autoridades a regularla como se hace en todo proceso en la aviación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede determinar que los simuladores de vuelo son esenciales en la formación de pilotos de aviación, puesto que permiten a los estudiantes comprender y adquirir las competencias laborales a través de la repetición, para así lograr llevar a cabo maniobras peligrosas que, de otra manera, colocarían en riesgo la seguridad operacional de la aeronave y su tripulación. Además, el marco normativo actual, recomienda los simuladores de vuelo como un apoyo educativo primordial y necesario en los entrenamientos y formaciones en las instituciones u operadores de aviación como es el caso de las escuelas de formación policial.

Finalmente, en la Escuela de Aviación Policial, los simuladores de vuelo constituyen una estrategia pedagógica y didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de docentes y estudiantes, buscando con ello que los entrenamientos que se llevan a cabo en dichos simuladores permitan al estudiante, no sólo lograr adquirir las competencias teórico-prácticas a través de la repetición y maniobras que se deben evitar en el campo laboral, sino también la integración total del currículo de los diferentes programas con los que cuenta la Institución, y que con ello conviertan al docente en un guía del aprendizaje de sus alumnos, tal como lo indica el modelo pedagógico por competen-

cias, y más puntualmente el modelo constructivista. De igual forma, se recalca que los simuladores mencionados en este libro son producto de trabajo de grado por parte de los estudiantes de la ESAVI, lo cual permite también suplir las necesidades de la misma Institución a partir de la investigación, desarrollo e innovación en sus programas académicos.

1.2. Integración de la simulación con el currículo

De acuerdo con Gómez (2004) simular se define como:

Hacer aparecer como real algo que no lo es. La simulación con fines pedagógicos consiste en la utilización de diversos métodos de réplica artificial de fenómenos, procesos, o situaciones del mundo real con el fin de lograr un objetivo académico establecido, así como el empleo de la simulación permite mejorar los procesos de aprendizaje y contribuye a elevar su calidad.

Lo anterior indica que, para que la simulación contribuya con el desarrollo del currículo en los programas de formación (pregrado y postgrado) de las escuelas de formación que incluidas en la ESAVI, se necesita identificar claramente su pertinencia con las necesidades y requerimientos de cada plan de estudio y el momento del proceso de enseñanza-aprendizaje en donde debe ubicarse, los objetivos académicos buscados con cada ejercicio de simulación, su relación con los diferentes tipos de competencias y saberes (hacer, ser y aprender), y su utilidad dentro de las estrategias evaluativas. Se busca entonces reemplazar o complementar las tradicionales herramientas pedagógicas y didácticas con la simulación. Además, se tiende a adicionar a las estrategias convencionales validadas por el tiempo una más que, de acuerdo con las características del currículo y su grado, y los principios o fundamentos del aprendizaje “andragogía”, puede ser de gran utilidad para el logro de los objetivos académicos.

También, se debe tener en cuenta la intensidad horaria y el número de créditos académicos de las asignaturas del currículo propuesto, puesto que, como se mencionó anteriormente, se debe determinar el momento preciso para la aplicación de los simuladores de vuelo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, teniendo en cuenta que un (1) crédito académico equivale a 48 horas compuestas por tiempo presencial e independiente, lo cual facilita no sólo que el estudiante esté acompañado por el docente en el proceso de entrenamiento en los simuladores sino también le permite fortalecer y reforzar las competencias aprendidas –incluso estando ya en fase de vuelo. Es por ello que para los pilotos, además de todas las ventajas en términos de costos económicos ahorrados y fortalecer la seguridad operacional, también es un apoyo educativo que permite, a través de guías implementadas de forma adecuada, lograr que, por ejemplo, la ESAVI pueda estar mejorando y actualizando continuamente sus estrategias pedagógicas y didácticas cuando se requieran. También para adaptarse al cambio en las tendencias o necesidades del mundo laboral o marcos normativos, tales como el Decreto 1330 de 2019, el cual busca, a través de las competencias y resultados de aprendizaje, lograr evidenciar que se logren adquirir las mismas por parte del estudiante para su posicionamiento laboral.

1.3. Modelo Pedagógico ESAVI

La Policía Nacional en su Proyecto Educativo Institucional y a través de la concepción de la educación policial plantea los tres pilares sobre los cuales se fundamenta la formación: potenciación del conocimiento, enfoque humanista y formación integral. Estos se articulan con los principios de calidad, pertinencia, desarrollo proyectivo, participación y cobertura y, de esta manera, buscan avanzar hacia la profundización y conocimiento permanente de la ciencia policial (Policía Nacional de Colombia, 2013). De igual forma, la educación policial en el contexto universitario considera que la alta calidad de las instituciones educativas depende en parte del planteamiento de políticas y funciones para el efectivo cumplimiento de su misión, de la identificación de las políticas educativas que permiten direccionar y orientar la gestión académica, y de la formulación de políticas académicas de investigación, proyección social, bienestar, autoevaluación y administrativas. Además, se logra determinar que en la educación policial se desarrollan las funciones sustantivas o esenciales de la docencia (interacción docente-estudiante), investigación (producción de nuevos conocimientos) y proyección social (integración con el entorno).

Por otro lado, el Sistema Educativo Policial en Colombia se encuentra fundamentado en un modelo por competencias, según lo establece el Tomo IV La Política Estratégica Educativa (Policía Nacional de Colombia, s.f.), el cual busca que los docentes de la Policía a nivel nacional, hagan uso de las estrategias significativas de aprendizaje y de herramientas y técnicas didácticas durante la formación policial que le permitan al estudiante desarrollar competencias significativas; conjuntamente, el interrelacionar lo aprendido con las circunstancias propias del actuar policial, es decir en la práctica hacer uso de la teoría. También, el objetivo de aplicar un enfoque educativo por competencias no es otro que el de identificar el ser, el saber, el saber convivir y el saber hacer, requeridos para formar un policía competente e integral, de acuerdo con las necesidades sociales e institucionales, puesto que al estudiante no se le exige solamente que repita una información, sino que demuestre que está en capacidad de utilizar esa información en el momento oportuno para resolver un problema o realizar una tarea (Policía Nacional de Colombia, 2013).

Para llegar a ello, por una parte, se asumió la teoría constructivista, la cual supone privilegiar el aprendizaje activo y autónomo como estrategia para que el estudiante construya su propio conocimiento. Por otra parte, se tomó como referente al aprendizaje por interacción social, el cual plantea que la educación es un proceso eminentemente social, donde prevalece el aprendizaje colaborativo. También se integró, como referente teórico, el aprendizaje significativo, en el cual el estudiante debe apropiarse de los conocimientos, integrarlos a su saber previo e incorporarlos a su estructura de pensamiento, para ponerlos a disposición del adecuado desempeño (Policía Nacional de Colombia, 2013). También, se debe especificar que la Policía Nacional estableció el modelo pedagógico y la ESAVI lo adoptó, lo cual garantiza poder apropiarse el mismo modelo por parte de las 27 escuelas de formación con las que cuenta la Policía en la actualidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, los simuladores de vuelo se convierten en un apoyo educativo que permite fortalecer y adquirir, a partir de la repetición y la práctica, las competencias y resultados de aprendizaje para el cumplimiento de su perfil ocupacional, el cual, en este caso, es el del Piloto Policial de la ESAVI. De igual forma, los simuladores permiten fortalecer dichas competencias de los tripulantes en fase de tierra y de vuelo, buscando aumentar y garantizar la seguridad operacional de la aeronave y la tripulación, y por ende evitar accidentes que generen pérdidas económicas y humanas.

Finalmente, de acuerdo con Ramírez Chávez (2015):

El aprendizaje significativo es donde un estudiante relaciona la información nueva con la que ya posee, reajustando y reconstruyendo ambas informaciones durante este proceso, en donde la tecnología juega un papel importante para que exista la repetición o incluso el practicar durante varias ocasiones si lo que se pretende es mecanizar un procedimiento, ya que los simuladores permiten aumentar la capacidad de repetición, dar seguimientos a los errores del alumno e incluso congelar los procedimientos para discusión de las situaciones y su manejo.

1.4. Asignaturas que utilizan el simulador de vuelo en la Especialización Piloto Policial de la ESAVI

En la ESAVI hay un programa académico llamado Especialización Piloto Policial, el cual forma, como su nombre lo indica, talento humano en tripulación de aeronaves de ala fija y rotatoria, cuya finalidad es apoyar las funciones que requiere la Policía Nacional como la lucha contra el narcotráfico, delitos ambientales, seguridad vial y en las ciudades, entre otras. Por ende, los simuladores de vuelo juegan un papel muy importante como apoyo educativo en este proceso de enseñanza-aprendizaje entre docente y estudiante, buscando con ello que este último adquiera las competencias y los resultados de aprendizaje requeridos para desarrollar su perfil profesional y ocupacional.

De igual modo, se debe especificar que en la Escuela de Aviación Policial son diseñados y/o rediseñados e implementados algunos simuladores de vuelo que se requieren para el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte de los estudiantes de la Especialización Piloto Policial, lo cual permite la integración de la investigación, desarrollo e innovación en el currículo –y por ende en sus asignaturas. Igualmente, se garantiza lograr comprender los requerimientos pedagógicos y didácticos de los simuladores, puesto que muchos de los estudiantes que llevan a cabo los trabajos de grado han cursado las asignaturas y han determinado el problema que se presenta al no contar con los simuladores de vuelo para lograr adquirir las competencias teórico-prácticas requeridas para su adecuado desempeño laboral.

Por otro lado, en dicha Especialización Piloto Policial, las asignaturas que incluyen al simulador dentro de sus prácticas de campo y laboratorio son:

- Técnicas de Vuelo por Instrumentos
- Entrenamiento de Vuelo Ala Fija (Avión)
- Entrenamiento de Vuelo Ala Rotatoria (Helicóptero)
- Trabajo de Grado
- Metodología de la Investigación

Adicionalmente, los simuladores han tenido aportes a los proyectos de investigación y a la proyección social, como es el caso del Bell 206 (figura 1), al buscar el mejoramiento continuo y actualización de los simuladores de acuerdo con las nuevas tendencias y requerimientos como el nivel de realismo, y la formación de talento humano de la comunidad en general en diferentes programas y proyectos con que cuenta la ESAVI.

Figura 1

Simulador de vuelo Bell 206 utilizado para las actividades de proyección social



1.5. Estadísticas de uso por simulador de vuelo de la ESAVI

En la tabla 1 se puede observar el número de horas por día que se utilizan los cuatro simuladores más utilizados por parte de los estudiantes y docentes de la ESAVI en las diferentes asignaturas de la Especialización Piloto Policial mencionadas anteriormente (teniendo en cuenta que el del AT-802 y el IVAO en la actualidad se encuentran en mantenimiento). También, se puede observar que el uso diario de los simuladores Bell 206 y Cessna 172 es bastante alto: 4 y 6 horas por día respectivamente y con un acumulado de 3 a 4 meses de uso en lo que se lleva del año 2021. Se puede inferir que se hace un uso adecuado y constante de los mismos, permitiendo con ello ahorros económicos de combustible y uso de las aeronaves mientras están, por ejemplo, en fase de tierra.

Tabla 1

Estadísticas de uso de dos simuladores más usados de la ESAVI

Equipo	Cantidad	Nombre	Modelo	Horas promedio de vuelo virtual	Acumulado horas de vuelo
Simulador virtual	1	Fraseología Aeronáutica	V1	6 horas /día	N/A
Simulador Ala Rotatoria	1	Bell 206 Fijo	V1	4 horas /día	450
Simulador Ala Fija	1	Cessna 172	V1	6 horas /día	350
Simulador Ala fija	1	Air Tractor AT-802	V1	4 horas /día	400

Todo lo anterior, indica que los simuladores son esenciales como apoyos educativos tanto virtuales como físicos y como estrategia pedagógica y didáctica que pueden utilizar los docentes para mejorar su proceso de enseñanza, y a su vez el estudiante en su proceso de aprendizaje, buscando siempre fortalecer la seguridad operacional de las aeronaves y tripulación, y sobre todo cumplir con las funciones sustantivas de la Policía Nacional en aras de garantizar la seguridad y soberanía nacional de los habitantes de Colombia, y como apoyo a otras unidades policía en otros países.

1.6. Estrategias pedagógicas y didácticas para el uso de los simuladores de vuelo de la ESAVI

La Policía Nacional de Colombia tiene como misión constitucional proteger la vida y bienes de los ciudadanos dentro del marco de la construcción de la convivencia. Para este fin, forma a sus funcionarios en temas que requieren adquirir competencias especiales y así garantizar que alcancen un nivel óptimo de desempeño, con los máximos estándares de calidad y seguridad para todos. Como ejemplo de ello, se tiene al Área de Aviación de la Policía Nacional de Colombia, que utiliza los procesos de simulación de vuelo para capacitar de forma segura y efectiva a las tripulaciones que participan en el entrenamiento en operaciones aéreas.

La Aviación Policial colombiana cuenta con el Centro de Entrenamiento Simulado Aeronáutico Policial (figura 2), el cual se encuentra ubicado en las instalaciones de la Escuela de Aviación Policial, más específicamente en el municipio de San Sebastián de Mariquita, Tolima-Colombia, donde desde el año 2010 capacita a las tripulaciones en prácticas de vuelo mediante el uso de simuladores de ala fija y ala rotatoria, contando también con un novedoso simulador de realidad virtual para la capacitación de los artilleros de combate y equipos para la simulación de sistemas aéreos remotamente tripulados.

Figura 2

Centro de Entrenamiento Simulado Aeronáutico Policial



Dentro de los equipos más notables con los que cuenta este centro de simulación, está el simulador Redbird MCX Cessna 172, el cual, gracias a su sistema de movimientos hidráulicos en los tres ejes crea una experiencia inmersiva al usuario. Por otro lado, el módulo de Bell - Ranger 206 360° cuenta igualmente con un motor hidráulico de simulación de movimiento, convirtiendo a estos equipos en la herramienta perfecta para los estudiantes que participan de los programas académicos para la formación de pilotos policiales, de los cuales se benefician también otras fuerzas como el Ejército Nacional de Colombia, la Armada Nacional e incluso países amigos de la región a los que la Escuela de Aviación Policial brinda educación y capacitación mediante convenios interinstitucionales.

Gracias a las alianzas de la Policía Nacional de Colombia con diferentes entidades, en especial con la Embajada de Estados Unidos en Colombia, así como una inversión con un alto sentido visionario en las instalaciones del centro de simulación, se ha logrado adecuar ocho módulos de simulación, facilitando el mejoramiento y maduración del proceso, la transferencia de tecnología, y la apropiación del conocimiento por parte de los alumnos que pueden evidenciar las mejoras en su desempeño profesional aeronáutico.

Sin embargo, las actividades del centro de simulación no se concentran únicamente en la capacitación de tripulaciones internas de la institución policial colombiana, sino que además sirven para actividades de proyección social –una de las funciones esenciales de la educación superior moderna, llevando el conocimiento a la solución de los problemas de las comunidades– con la atención a estudiantes de colegios y universida-

des de la región, brindando a los jóvenes la oportunidad de experimentar operaciones de vuelo simulado como si fueran los tripulantes de las aeronaves. Estas estrategias generan múltiples posibilidades en el campo de la formación de valores al potenciar los espacios de participación cívica, logrando una cercanía con el ciudadano.

Al lado de ello, los estudiantes de los diferentes programas académicos que ofrece la Escuela de Aviación Policial tienen dentro de sus requisitos de graduación realizar proyectos de investigación, donde muchas de las propuestas están enfocadas en mejorar los sistemas de simulación. Actualmente se encuentran en ejecución diferentes proyectos de mejoramiento del realismo de los módulos que van desde la modificación de proyección de imágenes con proyectores de tiro corto en domos hasta la adecuación de un software de simulación llamado *Digital Combat Simulator* en el módulo de simulación de armamento.

En conclusión, el uso adecuado y profesional de este tipo de herramientas garantiza a los estudiantes en proceso de formación y tripulantes en reentrenamiento, la posibilidad de complementar sus conocimientos teóricos con la práctica, así como adquirir confianza en su manejo, mejorar sus destrezas, aplicar y dominar los correctivos necesarios antes de salir a vuelos reales, conocer todos los mecanismos y dispositivos con los que cuentan los simuladores, y un sinnúmero de garantías que les ayudan a potenciar la seguridad, tranquilidad y disposición para prestar el mejor servicio a la población colombiana por medio de este excelente y fundamental proceso de entrenamiento.

2. SIMULADOR DE VUELO: FRASEOLOGÍA AERONÁUTICA MEDIANTE EL PROGRAMA INTERNATIONAL VIRTUAL AVIATION ORGANIZATION

2.1. Introducción

Janky et al. (2021) afirman que:

Si bien la seguridad del entrenamiento de vuelo es la razón principal para usar simuladores, la segunda razón es reducir costos y la tercera razón es hacer que la formación sea más eficiente. Al volar con un simulador, el entrenador puede, por ejemplo, detenerse el avión, hacerle comentarios al alumno y continuar la simulación. El entrenamiento con simulador es una parte importante del vuelo.

Lo anterior indica que las instituciones que forman en aviación deben iniciar su proceso de enseñanza-aprendizaje desde la definición de palabras o frases usadas de forma constante en los vuelos realizados, lo cual permitirá una efectividad en el uso de los instrumentos sino también en la comunicación con la tripulación tanto en vuelo como en tierra. Se recomienda su uso por parte de la OACI dentro de los programas de entrenamiento, dándole aún más valor dentro de esas escuelas o instituciones de formación en aviación, sobre todo la Escuela de Aviación Policial al ser que sus funciones de seguridad, ayuda humanitaria, entre otras, hacen esencial adquirir de forma adecuada las competencias teórico-prácticas laborales para poder desempeñarse como piloto o tripulación.

En el caso de la ESAVI, el simulador de vuelo de fraseología aeronáutica mediante el programa International Virtual Aviation Organization (IVAO) fue implementado en el año 2019 a través de un proyecto de investigación de estudiantes de la Especialización Piloto Policial, el cual buscaba que los alumnos lograran comprender las frases y definiciones en el lenguaje aeronáutico para identificar las falencias y debilidades, y trabajar en ellas antes de llegar a la línea de vuelo. Además, se busca permitir mejorar la seguridad operacional, puesto que se lleva a cabo los protocolos establecidos para ello y evitando con esto posibles accidentes e incidentes.

2.2. Diseño e Implementación del Simulador de Vuelo de Fraseología Aeronáutica Mediante el Software IVAO

2.2.1. Diseño del Simulador de Vuelo

Para que el diseño del simulador de vuelo contara con el Software IVAO, se logró realizar una recopilación de información primaria de la fraseología aeronáutica utilizada por los pilotos de ala rotatoria y ala fija, utilizada en la Escuela de Aviación Policial de San Sebastián de Mariquita, regida por lineamientos institucionales. Con base en la información recopilada se procede al diseño del simulador de vuelo para el manejo de la fraseología aeronáutica. En la tabla 2, se observan las características generales del programa seleccionado para la realización del producto con base en las acciones de diseño previas a la implementación del simulador.

Tabla 2
Características generales del programa

Elemento	Características
Nombre del programa	IVAO (International Virtual Aviation Organization)
Empresa fabricante	IVAO (International Virtual Aviation Organization)
Propósito	Es una organización global que proporciona un entorno para poder interconectar programas de simulación de vuelo y simulación de control aéreo.
Usuarios	150.000 a nivel mundial.
Compatibilidad	Compatible con los simuladores <i>Microsoft Flight Simulator</i> (versiones 2002, 2004 y X), X-Plane y Prepar3D.2
Licencia	Libre bajo parámetros del proveedor.
Ubicación	Escuela de Aviación Policial ESAVI, Municipio de San Sebastián de Mariquita, Departamento del Tolima, República de Colombia.
Características de uso	Multijugador, simulación real de meteorología y de control de vuelo, conexión con el ATC mediante las frecuencias preestablecidas. Este permite: observar la posición de tráfico cercano a un rango de 40 millas, en su altitud correspondiente y si son factores de riesgo o colisión con el avión propio; tener un sistema de empuje de plataformas y, con el <i>Transponder</i> que incluye los controladores, se puede ver el código en el radar de su pantalla IVAC que a su vez permite conectarse a la red y usar un sistema de sectores de radar para el control de tráfico internacional; y descargar una librería virtual de tráficos de todos los tipos, aerolíneas y manufacturas, con los cuales, se puede volar, y ver exactamente el tipo de tráfico que tienen los demás compañeros en la sesión multijugador en los diversos aeropuertos y posiciones.
Uso y destino	Estudiantes de la Especialización en Piloto Policial y personal de vuelo de Escuela de Aviación Policial ESAVI, Municipio de San Sebastián de Mariquita, Departamento del Tolima, República de Colombia.

2.2.2. Implementación y Configuración del Simulador de Vuelo de Fraseología Aeronáutica Mediante el Programa IVAO

Una vez realizado el esquema de diseño del simulador, y establecidos los parámetros para su implementación, se procede a su construcción en las instalaciones de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI), Municipio de San Sebastián de Mariquita, Departamento del Tolima, República de Colombia. En la tabla 3 y figura 3, se detallan cada uno de los componentes.

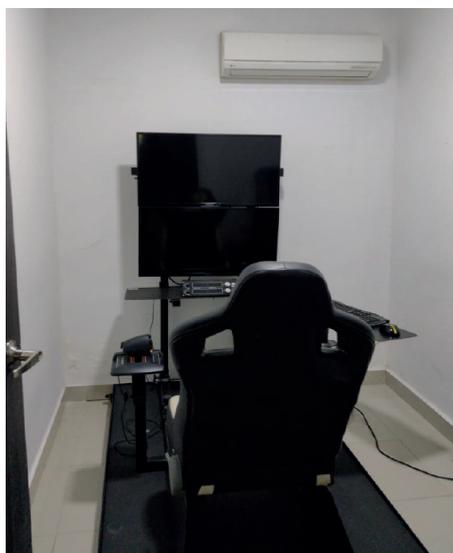
Tabla 3

Componentes del simulador de vuelo

No.	Componente	Cantidad	Características
1	Monitores de visualización	2	Pantallas LCD de 16 pulgadas
2	Escritorio	1	Estructura de soporte para componentes electrónicos y pantallas LCD.
3	Router de conexión inalámbrica (wifi)	1	Velocidad inalámbrica de 450Mbps, antenas inalámbricas, control de ancho de banda basado en IP
4	Diademas	7	Audio y comunicación.
5	Adaptadores USB y sistema de cables de red	4	Guardar información y transmitir información a todo el sistema

Figura 3

Simulador de vuelo de fraseología aeronáutica mediante el programa IVAO



En las figuras 4, 5 y 6 se observa el proceso de construcción de la estructura del simulador de vuelo, su configuración y ejecución.

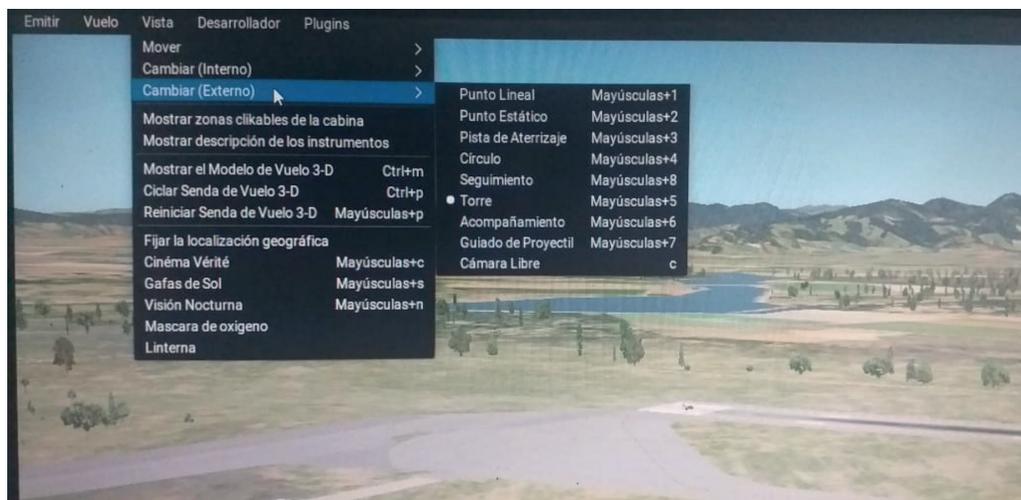
Figura 4
Conexiones finalizadas y preparación para operatividad



Figura 5
Comprobación de ambiente virtual



Figura 6
Ejecución de aplicativo



A continuación, se describe el proceso mediante el cual el grupo de trabajo realizó la descarga e instalación del software.

- a. Identificar el software de IVAO en la red.
- b. Descargar e instalar el software de IVAO para conectarse a la red.
- c. Descargar The IVAO Pilot Client (IvAP) ingresando a <http://www.iva0.aero/soft-dev/>, para ello es importante que se descargue la versión compatible con el simulador. El IVAP es el módulo que se integra con Microsoft Flight Simulator para sincronizar las posiciones de los aviones con la red. La instalación es rápida y sin muchas preguntas.
- d. Si se tiene instalada una versión de Flight Simulator Universal Inter-Process Communication (FSUIPC) posterior a la que incluye el instalador, no la sobrescriba. Durante la instalación, además del IVAP, el instalador preguntará si desea instalar el Teamspeak 2; se debe aceptar. El Teamspeak 2 (TS2) es el programa utilizado para simular las comunicaciones por voz entre el controlador (ATC) y los pilotos.
- e. Después de la instalación del IVAP, descargue la Matrix Template Library (MTL). Las MTL son librerías de los aviones (no disponibles para volar), las cuales permiten que visualice al tráfico en la red con su aeronave y textura correspondiente. Durante la instalación le preguntará qué aviones quiere incluir en la descarga. El número de MTL es enorme y el tiempo de descarga también. Por ello, para la primera instala-

ción, puede instalar nada más los modelos que vienen marcados por defecto. Una vez que tenga todo funcionando puede volver a ejecutar el programa de MTL para descargar las que le interesen.

- f. Otra herramienta importante que puede revisar antes de realizar la primera conexión es el Webeye, esto a través del siguiente link en IVAO Webeye: <https://webeye.ivao.aero/>, y le que permitirá monitorizar los vuelos que se están desarrollando en la red y las posiciones de control de tráfico aéreo que están activas en la zona de su vuelo de una forma interactiva y en tiempo real.

En la tabla 4, se describen las acciones para realizar la primera conexión.

Tabla 4
Primera conexión

No.	Acción para realizar
1	Iniciar el simulador de vuelo, seleccionando el aeropuerto desde donde quiere realizar el vuelo y el avión elegido.
2	Recordar no conectarse en la pista, dado que se pueden ocasionar grandes perjuicios para los otros aviones y controladores que estén en la red. Elegir una posición de la plataforma.
3	Se observa que se tiene una nueva opción en el menú <i>Addons/Modules</i> del simulador que dice: IVAO; seleccionarla y luego hacer clic en START IVAP, esperar unos segundos a que aparezca la interfaz de usuario del IVAP.
4	El sector resaltado indica el estado de la conexión. En el caso del ejemplo: OFFLINE, así que aún no está conectado a la red y los otros aviones y controladores no podrán visualizarlo aún.
5	Pulsar el botón de CONN y aparecerá un formulario donde deberá introducir su información personal. Callsign: el identificador como aeronave, puede ingresar la matrícula del avión (ej.: CXANW, etc.) o el identificador del vuelo si se trata de un vuelo regular (ej.: ALY2340, entre otros). Real Name: nombre completo del registro en IVAO. VID: número de usuario IVAO VID que recibió durante el registro (vía email). Base Airport: aeropuerto más cercano en la vida real. Password: la contraseña IVAN <i>Password</i> que fue asignada en el registro (vía email). Aircraft Type: tipo de aeronave con la que se realizará el vuelo. MTL Model: modelo de MTL (librea visual) con el que el resto de los usuarios podrán visualizar (seleccionar un MTL igual o similar al tipo de aeronave con la que se realizará el vuelo). Server: seleccionar cualquier servidor de la lista de servidores disponibles. Port: dejar esta casilla sin modificar. Transmit/Recive: si puede transmitir y recibir por voz, seleccione esta opción. Cuando todos los datos estén introducidos correctamente, presionar el botón de “ <i>Connect</i> ”. Si se ha conectado correctamente, la señal “ <i>OFFLINE</i> ” cambiará a “ <i>ONLINE</i> ” y recibirá un mensaje de bienvenida en inglés en la ventana de diálogo del IVAP.

En las tablas 5 y 6, al igual que la figura 7, se observa el proceso para la realización del primer plan de vuelo.

Tabla 5
Primer plan de vuelo

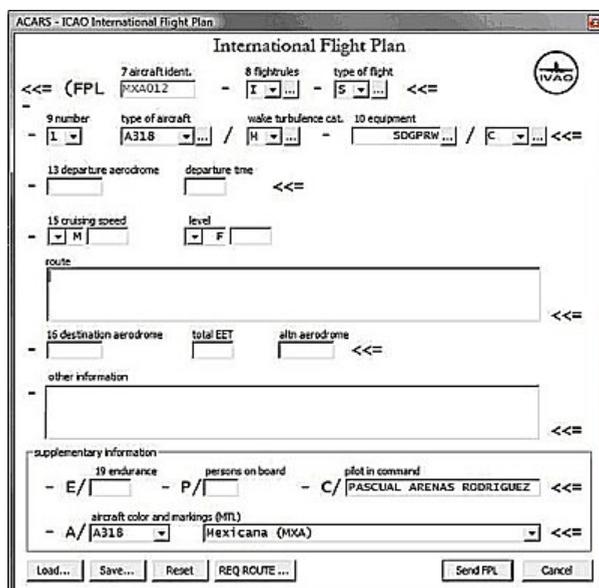
No.	Acción para realizar
1	En IVAO es obligatorio enviar un plan de vuelo previo a realizar la primera acción. De no hacerlo será desconectado automáticamente por el servidor cuando realice el despegue.
2	El plan de vuelo es un documento, basado en el formato de plan de vuelo OACI real, oficial que indica toda la información referente al vuelo que realizará. Al completar todos sus datos, el controlador sabrá por dónde va a ir, por dónde se debe salir del aeropuerto, entre otros.
3	Para enviar el plan de vuelos, debe hacer clic en <i>Aircraft Communication Addressing and Reporting System</i> (ACARS), SEND FLIGHT PLAN y luego rellenar el formato de plan de vuelo de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
4	Al inicio resultará un poco compleja y desconcertante la mayoría de los campos que deben llenarse en el plan de vuelo. Con el tiempo y la lectura del material de instrucción, se familiarizará cada vez más con el proceso.

Tabla 6
Casillas del plan de vuelo

No.	Casillero	Características
1	Casillero 8.	Reglas de Vuelo: "V" para vuelo Visual.
2	Casillero 13.	Aeródromo de Salida: código OACI de su aeropuerto de salida. (p. ej., Seguridad de Utilización y Accesibilidad-SUAA).
3	Casillero 15.	Velocidad de Crucero: introduzca su velocidad de crucero en nudos en formato de 4 dígitos.
4	Casillero 15.	Nivel: introduzca su altitud/nivel de vuelo de crucero en formato 3 dígitos.
5	Casillero 15.	Ruta: debe ingresar la ruta que planea seguir para llegar al destino. Si el aeropuerto destino va a ser igual que el origen, pone "local o LCL" o LCL. En el caso del ejemplo, al tratarse de un vuelo desde SUAA (Adami) a SULL (Laguna del Sauce) ingresamos "línea de costa".
6	Casillero 16.	Aeródromo de Destino: código OACI de su aeropuerto de destino.
7	Casillero 16.	Total EET: introduzca el tiempo que planea que dure su vuelo.
8	Casillero 16.	Aeródromo de alternativa: código OACI de su aeropuerto de alternativa (en caso de no poder aterrizar en el destino).
9	Casillero 18.	Otra información: ingrese RMK/Novato.
10	Casillero 19.	Endurance: ingrese la autonomía de su aeronave (tiempo que puede permanecer volando con el combustible cargado).
11	Casillero 19.	Persons on board: ingrese el número de personas a bordo de su aeronave.

Pulsar Send Filed Flight Plan (FLP) y estará listo para iniciar las comunicaciones con el controlador y comenzar el primer vuelo en IVAO.

Figura 7
Visualización primer plan de vuelo software IVAO



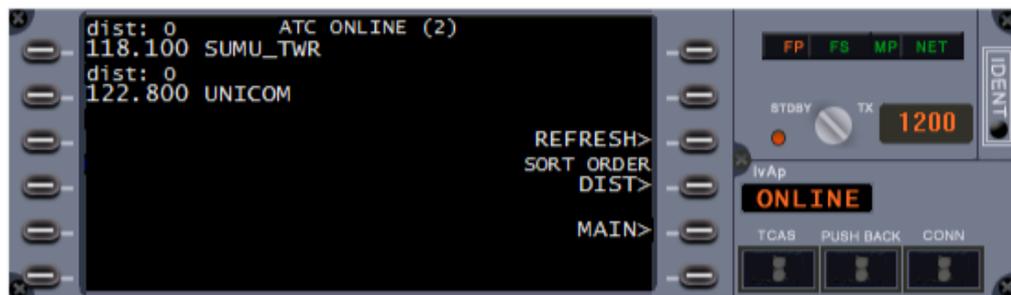
En la tabla 7 y figura 8, se identifica el paso a paso para realizar la acción de comunicación con los controladores.

Tabla 7
Acciones de comunicación con los controladores

No.	Acciones de comunicación con los controladores
1	Cuando se conecte y esté listo para su vuelo (con su plan de vuelo enviado), tiene que saber primero si hay algún ATC (<i>Air Traffic Controller</i> –Controlador de Tránsito Aéreo) conectado en su aeropuerto o región.
2	Para comprobarlo dentro del IVAP, presione ACARS, REQ ATIS y podrá observar el listado de los controladores activos (en formato código OACI del aeropuerto + posición) junto con la frecuencia de radio en la que está operando el ATC.
3	Seleccione la frecuencia que corresponda al controlador en el panel de radio de su aeronave y podrá comenzar las comunicaciones con la misma para el desarrollo de su vuelo.
5	La manera primaria de comunicación con un ATC es la voz (a través del <i>Teamspeak 2</i>); sin embargo, la comunicación por texto puede usarse.
6	Una vez que sintonice la frecuencia del controlador y el programa <i>Teamspeak 2</i> se abra, debe activar el Push to talk. Para hacerlo, dentro del <i>Teamspeak 2</i> , ingrese al menú <i>Settings, Sound Input/Output Settings</i> y seleccione la opción " <i>Push to Talk</i> "; seguido asigne una tecla de su preferencia presionando "Set". Ahora, cada vez que quiera transmitir a un piloto en frecuencia, deberá mantener presionada la tecla asignada al <i>Push to Talk</i> , mientras transmite su mensaje; cuando finalice tan solo suéltela.

Figura 8

Acciones de comunicación con los controladores



Con relación al término UNICOM (122.800) se refiere a la frecuencia de comunicaciones universal que utilizarán los pilotos conectados a IVAO cuando no exista el Control del Tráfico Aéreo (ATC) conectado en el área donde va a volar.

2.3. Simulador de vuelo de fraseología aeronáutica mediante el programa IVAO como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI

Los estudiantes que son formados en aviación en la Escuela de Aviación Policial u otra institución o empresa que prepare pilotos para vuelo deben adquirir las bases fundamentales para lograrlo de manera adecuada y eficaz, lo cual incluye interiorizar la fraseología o frases que se utilizan, lo cual puede provocar que los estudiantes lleguen con falencias y debilidades a la línea de vuelo, y así generar riesgos a la seguridad operacional al retrasar los protocolos previamente establecidos, e institucionales al no efectuar las acciones en los tiempos y lugares programados. Por lo tanto, los estudiantes de la Especialización en Piloto Policial y los integrantes del servicio aeronáutico deben conocer la manipulación precisa y el funcionamiento de las señales de mano, evitando daños en la aeronave o al personal uniformado, lo cual terminaría en afectaciones procedimentales, materiales y legales.

Por otra parte, los esquemas de formación impartidos a los futuros pilotos deben estar acompañados de las innovaciones tecnológicas que en este campo se vayan dando. La formación de pilotos policiales en fase tierra presenta unos altos estándares y requisitos en cuanto a su plan de estudios, y utiliza una gran cantidad de medios para impartir doctrina a sus estudiantes. Sin embargo, el uso de una estrategia didáctica de un simulador en el momento en el que se da la doctrina por parte del docente facilitaría mucho más el aprendizaje por parte de los estudiantes para las futuras operaciones.

La utilización de nuevas tecnologías permite una mayor eficiencia en los procesos de aprendizaje. Distintos estudios académicos han demostrado que el uso de simuladores favorece el aprendizaje, ayudando a solucionar la problemática expuesta.

- El estudiante es un agente activo, o sea que es el actor y fuente principal de aprendizaje, por lo que debe resolver la situación del micro mundo que se le presenta, procesar la información, tomar decisiones, y obtener los resultados favorables.
- El problema llega a ser un reto para el alumno, con lo que el material logra la fase de motivación.
- Se logra cumplir con los requerimientos de los sistemas de ejercitación y práctica en cuanto a practicar y afinar lo aprendido por medio de vivencias.
- Le permite manipular al alumno un número reducido de variables dentro del proceso simulado. Proporciona explicación sobre los principios involucrados y cómo son afectadas las variables cuando se manipula cada una de ellas.
- Ofrece restricciones de operación, de forma que hace necesario que el alumno realice un esfuerzo para lograr las metas propuestas. La razón de esta propuesta es que, de esta manera, el alumno se vea motivado a lograr los objetivos de operación propuesta (Palomish, 2011).

Toda acción que se emprenda para el mejoramiento de la seguridad aérea es muy importante en cuanto pretenda disminuir los índices de accidentalidad. El no contar con una herramienta tecnológica que permita un acercamiento virtual a los protocolos de la fraseología aeronáutica puede ocasionar problemas de tipo operacional que perjudicarán de manera directa a la institución policial en la eventualidad de un accidente. Por ende, se vislumbran los simuladores de vuelo como una estrategia pedagógica y didáctica que permite al docente integrar dicho apoyo educativo dentro del currículo de sus asignaturas, y al estudiante lograr, a través de la repetición y el refuerzo tanto dentro como fuera de las clases, las competencias teórico prácticas requeridas para su adecuado desempeño profesional.

En lo referente al uso del simulador de vuelo de fraseología aeronáutica de la Escuela de Aviación Policial, se tiene que son usados por los alumnos 6 horas al día y en cada asignatura que lo requiera en el plan de estudios de la Especialización Piloto Policial y Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico. Además, también se especifica que los docentes utilizan los simuladores no solamente en tierra sino como refuerzo cuando están los estudiantes en fase de vuelo con la finalidad de reforzar temas o competencias que son esenciales para su calificación como aptos para volar las aeronaves. De igual forma, los docentes llevan el registro de las horas de vuelo realizadas en los simuladores, tal y como se puede ver en el ejemplo de la figura 9.

Figura 9

Control de horas de instrucción de vuelo de un simulador en la ESAVI

CONTROL HORAS DE INSTRUCCIÓN DE VUELO DEL SIMULADOR ALA ROTATORIA ESAVI													Nº 001	
Nº	FECHA	GR	NOMBRE Y APELLIDO	POSICIÓN	PID ESTUDIANTE	LINEA	HORA INICIO	HORA TERMINA	TOTAL HORAS	Nº MISION	INSTRUCTOR	PID INSTRUCTOR	Nº PRACTICA	FIRMA ESTUDIANTE
1	03-07-16	SI	Schanny Ramirez D.	L	482854	Huey II	09:30	08:30	1,5	F	Esquivela	WRB047	1	
2	03-08-16	PT	Jesus Rodriguez B	L	105329	Huey II	03:30	08:30	1,5	P NH	Esquivela	WRB047	1	
3	03-08-16	PT	Diego Rodriguez B	L	084633	Huey II	08:30	09:30	1,5	P NH	Esquivela	WRB047	1	
4	03-08-16	PT	Jhonathan Amaya	L	1A5648	Huey II	08:30	09:30	1,5	P NH	Esquivela	WRB047	1	
5	03-08-16	PT	Jorge Vargas M	L	1V0982	Huey II	09:30	10:30	1,5	P NH	Esquivela	WRB047	1	
6	03-08-16	PT	Diego Gonzalez D	L	062906	Huey II	09:30	10:30	1,5	P NH	Esquivela	WRB047	1	
7	03-08-16	PT	Daniel Herrera	L	087930	Huey II	10:30	11:30	1,5	P	Esquivela	WRB047	1	
8	03-08-16	PT	Diego Gonzalez D	L	062906	Huey II	10:30	11:30	1,5	P	Esquivela	WRB047	1	
9	03-08-16	PT	Juan Roberto B	L	272099	Huey II	11:30	12:30	1,5	P	Esquivela	WRB047	1	
10	03-08-16	PT	Leon Roberto B	L	1A1904	Huey II	11:30	12:30	1,5	P	Esquivela	WRB047	1	
11	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	03:30	09:00	2	P	Romirez	HE663	1	
12	03-08-16	PT	Jesus Rodriguez B	L	084633	Huey II	03:30	09:00	2	P	Romirez	HE663	1	
13	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	09:30	11:00	2	P	Romirez	HE663	1	
14	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	09:30	11:00	2	P	Romirez	HE663	1	
15	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	11:00	12:30	2	P	Romirez	HE663	1	
16	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	11:00	12:30	2	P	Romirez	HE663	1	
17	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	14:00	15:30	2	P	Romirez	HE663	1	
18	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	14:00	15:30	2	P	Romirez	HE663	1	
19	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	15:30	17:00	2	P	Romirez	HE663	1	
20	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	15:30	17:00	2	P	Romirez	HE663	1	
21	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	09:30	09:00	2	P	Esquivela	WRB047	1	
22	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	09:30	09:00	2	P	Esquivela	WRB047	1	
23	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	09:30	11:00	2	P NH	Esquivela	WRB047	1	
24	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	11:00	12:30	2	P NH	Esquivela	WRB047	1	
25	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	11:00	12:30	2	P NH	Esquivela	WRB047	1	
26	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	14:00	15:30	2	P	Esquivela	WRB047	1	
27	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	14:00	15:30	2	P	Esquivela	WRB047	1	
28	03-08-16	PT	Jonathan Ramirez	L	1A9104	Huey II	14:00	15:30	2	P	Esquivela	WRB047	1	

Por otro lado, los docentes de la ESAVI cuentan con guías de entrenamiento de sus asignaturas, utilizadas para realizar las mismas actividades en el simulador de vuelo, como es el caso de la asignatura Técnicas de Vuelo por Instrumentos, la cual es transversal a todo el entrenamiento de cualquier aeronave e incluye el tipo de fraseología aeronáutica a utilizar. Con ello se busca que el estudiante logre de forma autónoma su aprendizaje y el refuerzo requerido de manera que tome confianza en sus decisiones, minimice los errores humanos y también realice maniobras que, en aeronaves reales, son imposibles de hacer.

2.4. Conclusiones

Al terminar el proceso de implementación del simulador de vuelo para el manejo de la fraseología aeronáutica se logró concluir que:

- a. El programa seleccionado cumple con cada una de las características previstas de acuerdo con la literatura que radica en permitir al estudiante fortalecer a través de la repetición y su autonomía en las competencias teórico-prácticas. Además, apunta a lograr ahorros económicos al disminuir las posibilidades de accidentes e incidentes causados por una mala comunicación entre el piloto y su tripulación, así como con el personal en tierra.

- b. El programa seleccionado se adapta a cada uno de los requerimientos institucionales en cuanto al manejo de la fraseología aeronáutica, teniendo en cuenta aeronaves de toda índole dentro de un simulador de vuelo de uso transversal a los programas académicos de la ESAVI.
- c. Cada uno de los componentes utilizados en el proceso de construcción del simulador de vuelo funcionaron de manera óptima y se acoplaron al sistema según se había previsto, lo cual garantiza su correcto funcionamiento y su uso en los currículos de las asignaturas que lo requieran.

3. SIMULADOR DE VUELO HELICÓPTERO 3. BELL RANGER 206 BIII

3.1. Introducción

La Policía Nacional, a través del Área de Aviación Policial, ha buscado ejercer un control y apoyo en actos delictivos, de drogas, así como en la seguridad y convivencia ciudadana. Para esto, la Institución, junto con el área, buscan mejorar y actualizar las herramientas tecnológicas que ayudan en los procesos de formación, entrenamiento y capacitación de los estudiantes de la Escuela de Aviación Policial. Es por esto que la escuela requiere actualizar constantemente las diversas herramientas tecnológicas y las estrategias pedagógicas y didácticas que pueden ser soportadas por las mismas, las cuales aporten al desarrollo y fortalecimiento de competencias en los estudiantes, brindando entrenamientos y capacitaciones más acordes a la realidad de un piloto policial. Por lo anterior, esta investigación realizó el diseño y la modernización a nivel de realismo y la posibilidad de realizar maniobras peligrosas para el simulador de vuelo Bell Ranger 206.

El rediseño del simulador de vuelo Bell Ranger 206 consistió en favorecer la calidad de la imagen en un mundo virtual manteniendo contacto con elementos del mundo real (cabina, controles de vuelo, panel de instrumentos), logrando transportar al estudiante de aviación policial a una realidad virtual, facilitando el entrenamiento y los conocimientos adquiridos y fomentando la toma de decisiones, la resolución de problemas o conflictos que se puedan presentar en un vuelo real –siendo una práctica con un valor didáctico invaluable. Es de aclarar que el simulador del Helicóptero Bell Ranger 206 de la Escuela de Aviación Policial fue rediseñado en el año 2019 por estudiantes de la Especialización Piloto Policial a través de un proyecto de investigación.

3.2. Información general del helicóptero Bell 206 B3 de la ESAVI

El Helicóptero Bell 206 BIII se utiliza normalmente en operaciones contra el narcotráfico (WH International, 2017). De acuerdo con el manual del helicóptero (Escuela de Aviación Policial -ESAVI, s.f.) y la ficha técnica de observación desarrollada, los datos generales del Bell 206 BIII son:

3.2.1. Fuselaje

Consiste en cuatro secciones principales: delantera, intermedia, botalón de cola y la capota de la transmisión (incluyendo la del motor); sus descripciones se pueden ver en la tabla 8.

Tabla 8
Secciones principales del fuselaje

Sección	Descripción
Delantera	<p>Consiste en una estructura de panel de abeja de aluminio, la cual proporciona rigidez y la relación máxima entre resistencia versus peso. Debido a las cualidades de protección contra sonido, este material ayuda a mantener un bajo nivel de ruido. La mayoría de los elementos de carga se encuentran en esta sección, la cual, igualmente, da soporte a los asientos de los pilotos, de los pasajeros y la celda de combustible. Asimismo, se encuentra el área de carga, el parabrisas, la puerta de tripulación, la puerta de pasajeros, el tren de aterrizaje, la batería, receptáculo de la planta externa, la transmisión, el rotor principal, el separador de partículas y las tomas estáticas.</p> <p>La máxima visibilidad está combinada con una capa protectora contra la luz solar directa mediante ventanillas plásticas y parabrisas transparentes sombreados, los cuales constituyen la sección de la nariz, los paneles superiores y los paneles de las puertas.</p> <p>Aquí se encuentra el compartimiento del motor y el de carga. Contiene aproximadamente 40 pies cúbicos para llevar pasajeros y carga. Las puertas posteriores pueden removerse para permitir el traslado de cargas largas.</p>
Compartimiento del motor	<p>Este está hecho de una aleación de aluminio.</p> <p>Se encuentra localizado en la parte superior de la sección intermedia. Provee una bandeja para el motor. También está el tanque de aceite y el enfriador.</p>
Intermedia	<p>Comprende el compartimiento de equipaje el cual está localizado en la parte inferior del lado izquierdo de la aeronave.</p> <p>Cuando la puerta no está cerrada, se activa un micro interruptor que ilumina una luz en el panel de precaución. Tiene un espacio de unos 16 pies cúbicos aproximadamente y soporta un peso de 250 libras, 86 libras por pie cuadrado.</p>
Botalón de cola	<p>Su estructura Monococo soporta el rotor de cola, los ejes impulsores del rotor de cola, la caja de engranaje del rotor de cola, el estabilizador vertical, el estabilizador horizontal, los soportes de los rodamientos del rotor de cola, los soportes internos para los tubos de soporte del rotor de cola, cubiertas para los ejes impulsores y la caja de engranajes del rotor de cola.</p> <p>Un depósito entre (celdas) de 91 galones está localizado por debajo y atrás del asiento de los pasajeros posteriores. El combustible, los pasajeros y/o la carga están localizados por debajo del rotor principal para minimizar el movimiento del centro de gravedad.</p> <p>El rotor principal, el cual utiliza "Preconing" (ángulo de inclinación diseñado en el yugo para disminuir las fuerzas) y "Underslinging" (el eje de ángulo de ataque está instalado por debajo del eje de aleteo) para asegurar el funcionamiento suave, es de tipo semirrígido de dos palas.</p>

...continuación tabla 8

Sección	Descripción
	<p>Cada pala está sujeta al yugo común mediante una agarradera, cojinetes de cambio de paso y un conjunto de barra de retención de tensión-torsión para aliviar la fuerza centrífuga de ella.</p> <p>Las palas del rotor principal son de construcción metálica e individualmente intercambiables. El rotor de cola es de tipo semirrígido de dos palas que aletean. Cada pala está sujeta a un tubo común mediante dos cojinetes y pernos.</p> <p>Para dar un control de altitud y dirección durante el vuelo, cuenta con controles mecánicos tales como: cíclico (actitud y dirección), colectivo (control vertical) los anteriores con asistencia hidráulica y pedales (cambio angular del rotor de cola).</p> <p>El motor del Jet Ranger BIII es una turbina de eje libre fabricado por Detroit Diesel División de General Motors Corporation. A pesar de que es de 420 caballos al eje, está limitado a 317 caballos para el despegue y 270 caballos para su funcionamiento normal y continuo.</p>

Nota. Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 BIII. S.f.

De igual forma, en la figura 10, se pueden observar las secciones descritas anteriormente.

Figura 10
Secciones principales del fuselaje

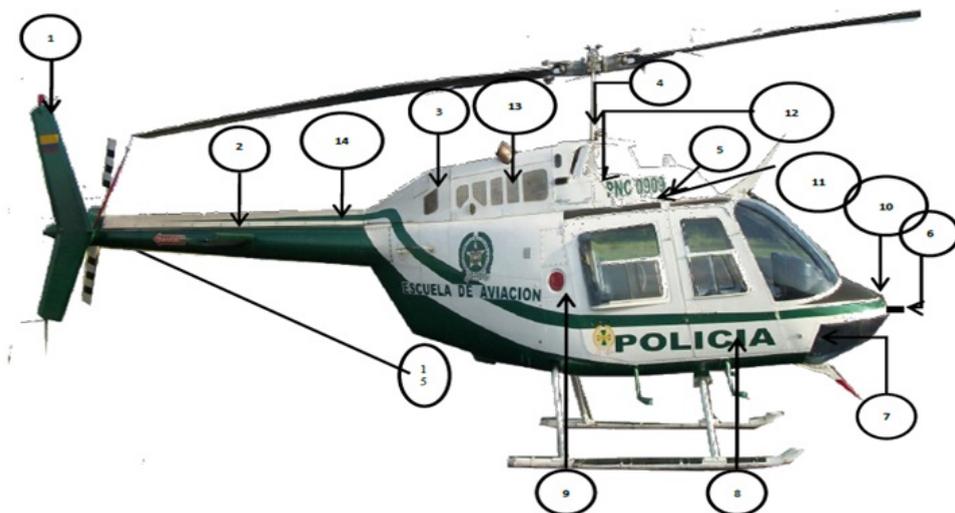


3.2.2. Componentes principales del helicóptero Bell 206 BIII

Los principales componentes se pueden mostrar en las figuras 11 y 12.

Figura 11

Componentes principales I



Fotografía Helicóptero PNC 0909 ESAVI

1. Estabilizador Vertical
2. Estabilizador Horizontal
3. Depósito de aceite
4. Plato universal
5. Actuadores hidráulicos de los mandos cíclico y colectivo
6. Tubo Pitot
7. Orificio estático
8. Asiento de tripulantes
9. Orificio de llenado del Depósito de combustible
10. Batería
11. Bomba y depósito hidráulicos
12. Transmisión
13. Motor
14. Eje impulsor de rotor de cola
15. Caja de 90

Nota. Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 BIII. S.f.

Figura 12
Componentes principales II



Fotografía Helicóptero PNC 0909 ESAVI

- 16. Rotor de cola
- 17. Patín de rotor de cola
- 18. Asientos de Pasajeros
- 19. Enfriador de aceite del motor
- 20. Ventilador de enfriador de aceite
- 21. Panel de acceso al Botalón de cola
- 22. Luz de anticollisión
- 23. Cubierta y acceso al motor
- 24. Cubierta sistema hidráulico

Nota. Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 B3. S.f.

3.2.3. Datos generales

Los datos generales del Helicóptero Bell 206 BIII se pueden ver en la tabla 9.

Tabla 9
Datos generales

Elemento o sección	Datos	Descripción
Motor	Modelo	250-C20J
	Fabricante	Allison Gas Turbine División de <i>General Motors</i>
Torque vs. caballos al eje	La potencia máxima continua	85% de Torque /270 caballos al eje
	La potencia despegue (máx. 5 min)	100% de Torque /317 caballos al eje
	La potencia transitoria (máx. 5 seg)	110% de Torque /348 caballos al eje
Velocidades aéreas máximas indicadas	Peso bruto de 3.000 libras o menos	130 nudos (150 mph) 122 nudos (140 mph)
	Peso bruto de más 3.000 libras	100 nudos (115 mph)
	La autorrotación	
Velocidades aéreas máximas indicadas	La (s) puerta (s) posterior (s) removida (s)	87 nudos (100 mph)
	La (s) puerta (s) delantera (s) removida (s)	69 nudos (80mph)
Velocidades aéreas recomendadas	Régimen mínimo de descenso	52 nudos (60 mph)
	Distancia máxima de planeo	69 nudos (80 mph)
	Falla del motor	60 nudos (69 mph)
	Falla del sistema hidráulico	61-69 nudos (70-80 mph)
Altitud	Menos de 3000 libras de peso bruto	20.000 pies de altitud de presión
	Más de 3.000 libras de peso bruto	13.500 pies de altitud de densidad
Peso	Promedio de peso en vacío	1.604 libras
	Peso bruto máximo con carga Interna	3.200 libras
	Peso bruto máximo con carga Externa	3.350 libras
	Capacidad nominal del gancho de carga	1.500 libras
	Configuración con los flotadores normalizados fijos	3.000 libras

Nota. Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 BIII. S.f.

3.2.4. Cabina de la tripulación

La estación del piloto está localizada en el lado derecho del compartimiento de la tripulación y en el lado izquierdo se puede acomodar un pasajero o copiloto si los mandos dobles están instalados. Además, es el elemento principal de este proyecto de investigación, puesto que el simulador se basa en los instrumentos que contiene la cabina de la tripulación.

De igual forma, se presentan las ubicaciones respectivas de los elementos de la cabina de la tripulación (figura 13):

- El tablero de instrumentos está localizado en el panel central delante de los asientos de tripulantes y está inclinado a un ángulo ascendente de 5 grados para la visibilidad máxima.
- Los instrumentos de vuelo y de sistemas están colocados en el lado derecho e izquierdo respectivamente.
- Las luces de advertencia y de precaución están colocadas a través de la parte superior del tablero de instrumentos, justo debajo de la pantalla.
- El pedestal se extiende desde el tablero de instrumentos de a bordo hacia abajo entre los asientos con el fin de formar una consola para el equipo de radios y los controles misceláneos.
- El panel superior está colocado en el techo de la cabina y contiene todos los cortacircuitos y la mayoría de los interruptores eléctricos.

Figura 13

Cabina de la tripulación del Helicóptero Bell 206 BIII



Nota. Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 B3. S.f.

También, en la tabla 10, se pueden observar los diferentes sistemas de instrumentos y sus elementos.

Tabla 10
Sistema de Instrumentos

Sistema de Instrumentos	Elementos
Vuelo	<ul style="list-style-type: none"> a. El indicador de velocidad aérea b. El altímetro c. El inclinómetro d. La placa de limitaciones de velocidad
Navegación	Consiste solamente en la brújula magnética; sin embargo, dependiendo de la instalación de aparatos puede incluir otros equipos
Propulsión	<ul style="list-style-type: none"> a. El indicador tacómetro doble b. El indicador tacómetro de la productora de Gas c. El indicador de temperatura / presión de aceite del motor d. El indicador de temperatura / presión de aceite de la transmisión
Propulsión	<ul style="list-style-type: none"> e. El indicador de la cantidad de combustible f. Presión de combustible del indicador de carga y presión de combustible g. El instrumento de torque h. El indicador de TOT
Variado	<ul style="list-style-type: none"> a. El lado de medidor de carga del indicador de carga y presión de combustible b. El contador de horas c. El reloj d. Indicador de temperatura del aire ambiente

Nota. Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 BIII. S.f.

Todos los componentes del Helicóptero Bell 206 BIII, sobre todo su cabina de tripulación, serán base del diseño y construcción del simulador de entrenamiento para la ES-AVI. Además, se tiene como fuselaje principal la cabina original del mismo, buscando con ello que para los estudiantes e instructores sus funciones sean lo más real posible y contribuya así en el proceso de enseñanza-aprendizaje y a fortalecer las competencias teórico-prácticas. Esto busca reducir, en lo posible, fallas humanas o mecánicas que se puedan producir por diversos factores o maniobras de alto riesgo y/o emergencia. Igualmente, lograr aumentar la confiabilidad operacional de la aeronave y salvaguardar a los tripulantes y la aeronave misma.

3.3. Maniobras de emergencia por fallas mecánicas y de alto riesgo que deben afrontar en vuelo los estudiantes de ala rotatoria de la Especialización Piloto Policial de la ESAVI

El Área de Aviación Policial, mediante la Alerta de Seguridad Operacional No. 08 (2017), manifestó la Prohibición de Aterrizaje en Maniobras de Instrucción de Autorrotación, teniendo en cuenta las acciones de seguridad planteadas en la Resolución 07954 (2016), por la cual se expide el “Manual del Sistema de Gestión de Seguridad de la información para la Policía Nacional”, enfocada en la gerencia de la seguridad por medio de un proceso de identificación de peligros y gestión de riesgos.

Por lo anterior, la jefatura del Área de Aviación prohibió a las líneas de ala rotatoria de la institución, a partir de la fecha de la alerta de seguridad operacional en mención, la realización de procesos de aterrizaje en maniobras de entrenamiento que deriven de las tareas de autorrotación plasmadas en los manuales de entrenamiento de la tripulación.

Por lo anterior, dentro del Manual de Entrenamiento de la Tripulación Bell 206/407 (MET), el cual establece las tareas de instrucción que deben ser desarrolladas en la formación teórico-práctica de los pilotos alumnos de la Escuela de Aviación Policial, queda limitado debido a las siguientes tareas (tabla 11):

Tabla 11
Tareas restringidas a los estudiantes

Nº	Tarea
1082	Ejecutar autorrotación
1327	Ejecutar autorrotación de bajo nivel
1335	Ejecutar autorrotación estándar con viraje

Nota. Manual de Entrenamiento de la Tripulación Bell 206/407 (MET). Año 2017.

La prohibición de las maniobras de autorrotación generan un vacío en la formación de los estudiantes de ala rotatoria, en atención a las normas de seguridad que el Área de Aviación Policial establece para conservar la integridad del personal y las aeronaves. Por consiguiente, se deben generar acciones académicas que provean capacitación en maniobras de autorrotación mediante el vuelo simulado que fomente en los futuros pilotos de ala rotatoria competencias para sortear emergencias o situaciones que requieran la ejecución de una autorrotación ante la falla del motor.

En la tabla 12, también se pueden evidenciar las fallas mecánicas o de emergencia que normalmente se presentan en la operación de la aeronave, y que servirán como base para determinar las prácticas que se deben reforzar o llevar a cabo en el simulador en etapa de tierra para evitar con ello, a través de la repetición, accidentes por no conocer los protocolos o procedimientos de manejo de la situación tanto emocional como técnica, teniendo claro que, durante la etapa de vuelo, estas situaciones se pueden presentar en cualquier momento.

Tabla 12
Falla mecánica o maniobra de emergencia

No.	Falla mecánica o maniobra de emergencia
1	Fuego en el motor durante el vuelo
2	Falla del motor y autorrotación
3	Falla del motor en vuelo sin efecto de tierra
4	Encendido de nuevo del motor

Nota. Manual de Entrenamiento de la Tripulación Bell 206/407 (MET). Año 2017.

3.4. Rediseño (mejora y/o complemento) con base en herramientas tecnológicas del simulador helicóptero Bell 206 y la información recolectada

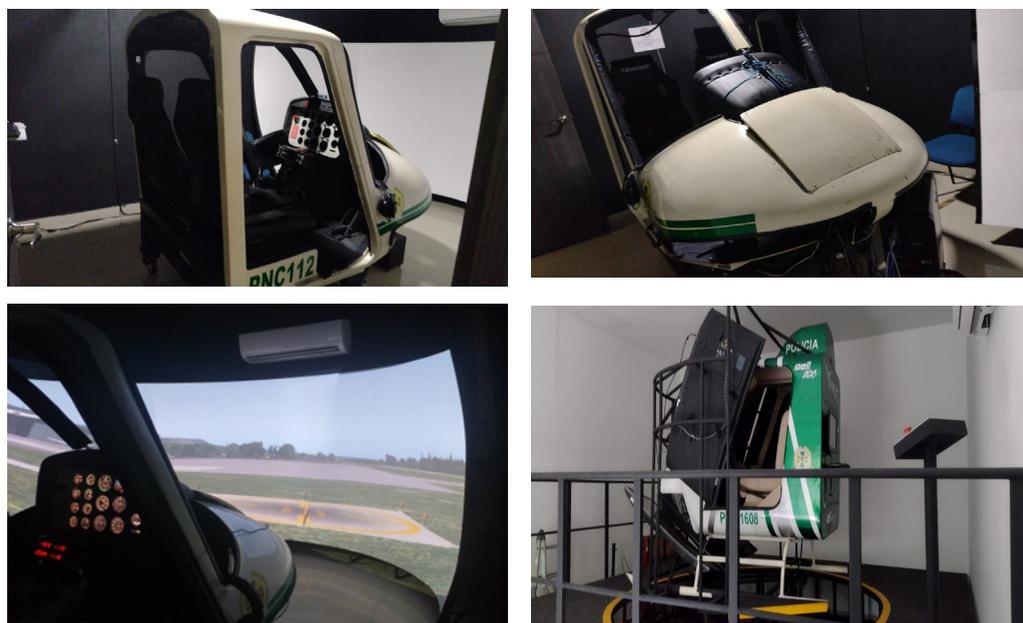
3.4.1. Herramientas tecnológicas necesarias para la mejora y/o complemento del Simulador del helicóptero Bell 206 BIII de la ESAVI; esto, con la finalidad de que permita realizar maniobras de emergencia por falla mecánica y de alto riesgo

Las herramientas tecnológicas que se adaptaron para la mejora del simulador se pueden ver en la figura 14, las cuales son:

- a. Cabina Nissi 001: cabina 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.
- c. Consola principal: consola 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.
- d. Modificación del Glass Cockpit: este permite el doble comando.

Figura 14

Chasis reformado del simulador del helicóptero Bell 206 BIII



3.4.2. Materiales Requeridos para el Rediseño

Como se puede ver en la figura 15, el simulador está construido en hierro, acero, aluminio, fibra de vidrio y otros materiales que lo hacen fuerte, resistente y con unos excelentes acabados. Por otro lado, permite garantizar la vida del mismo. De igual modo, las ventanas están hechas en aleaciones de polímeros, logrando con ello gran realismo y resistencia en la pieza simulada.

Figura 15

Cabina rediseñada con materiales



3.4.3. Seleccionar software de simulación o si con el que tiene se puede trabajar

El programa seleccionado es el XPLANE 11 y el software de simulación es Flight Simulator X, el cual, para iniciar nuestro primer vuelo, se ubica desde donde se quiere iniciar el vuelo, se indica la meteorología que se quiere contar para el vuelo, la hora y estación actual, misiones, modo de simulación (multijugador o individual), historial del piloto, centro de instrucción, y configuraciones (figura 16).

Figura 16

Pasos de inicio del programa XPLANE 11



3.4.4. Realizar planos de detalle y montaje del rediseño

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

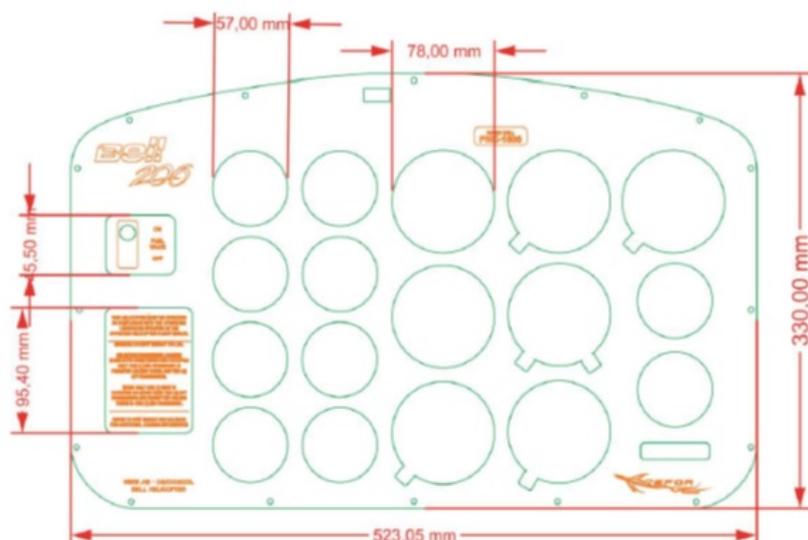
- a. **Panel de Instrumentos.** Se puede evidenciar en la figura 17, el panel de instrumentos; el cual está fabricado en madera de 15 mm, lámina galvanizada, thermolon y otros elementos.

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

- Codificadores funcionales (altímetro, radiofaro omnidireccional de VHF (VOR), Automatic Direction Finder (ADF), Indicador de Rumbo (HDG), y el sistema de reservas computarizado (CRS).
- Interruptor de válvula de combustible.
- Matrícula de llamada personalizada.
- Preformado Marcos Instrumentos de 6 mm de espesor en acrílico negro.

Figura 17

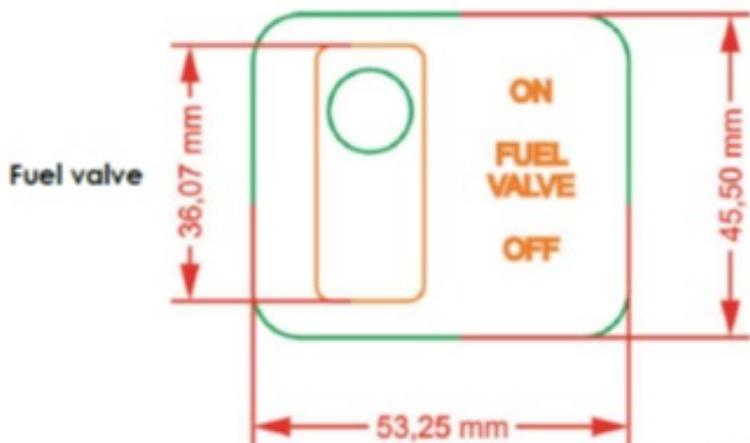
Plano panel de instrumentos



- b. **Panel de Válvula de combustible.** Este panel está suministrado con un interruptor de 2 posiciones y una cubierta de seguridad del interruptor cargada con un resorte de aluminio, como se puede ver en la figura 18.

Figura 18

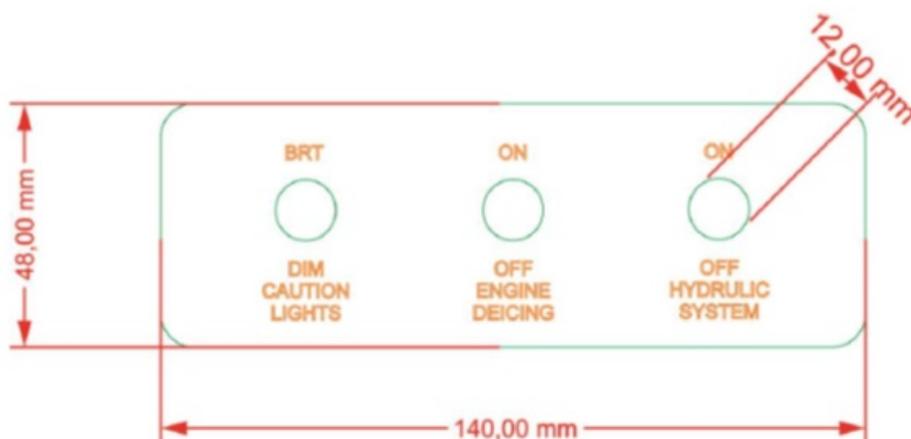
Plano panel de válvula de combustible



- c. **Panel de elementos misceláneos.** Este panel se suministra con los interruptores de 3 posiciones totalmente instalados en un panel de respaldo (ver figura 19).

Figura 19

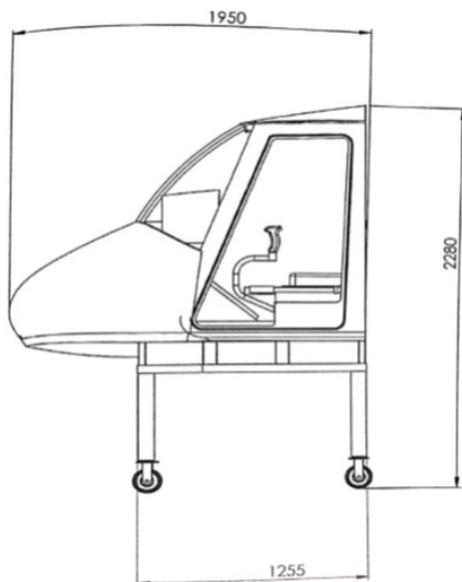
Panel de elementos misceláneos



- d. **Cabina del simulador.** Las características técnicas se pueden evidenciar a continuación.

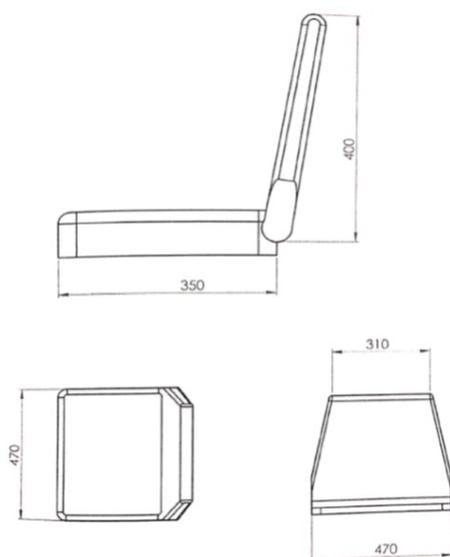
En la figura 20, se observa la cabina principal.

Figura 20
Plano cabina principal



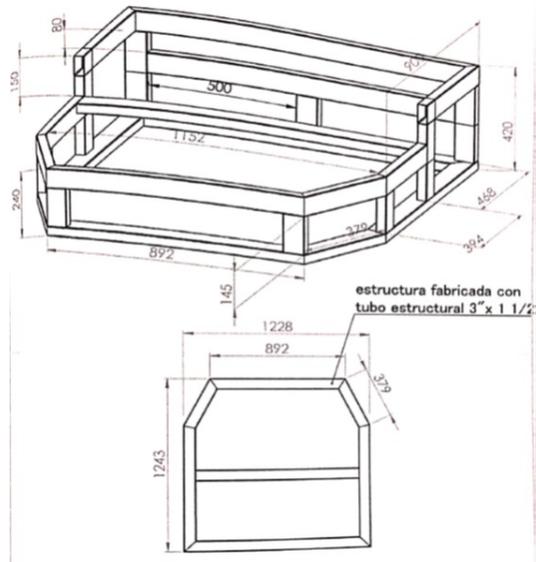
En la figura 21, se observan los asientos de la cabina.

Figura 21
Asientos de la cabina



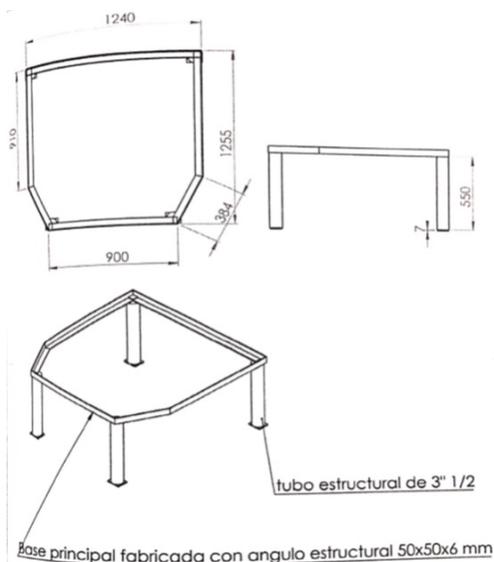
En la figura 22, se observa la estructura frontal de la nariz de la cabina.

Figura 22
Estructura frontal de la nariz de la cabina



En la figura 23, se observa la estructura base de soporte para la cabina de simulador.

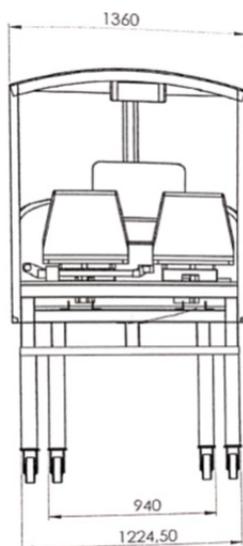
Figura 23
Estructura base de soporte para la cabina de simulador



En la figura 24, se observa la vista frontal de la cabina del simulador.

Figura 24

Vista Frontal de la cabina del simulador



3.5. Implementación de mejoras y/o complementos tecnológicos al simulador del helicóptero Bell 206

3.5.1. Ensamble del chasis rediseñado del simulador en caso de que se haya realizado

En la figura 25 y tabla 13, se logran evidenciar los cambios realizados, sobre todo en la cabina principal sobre su chasis y el panel de mandos.

Figura 25

Rediseño simulador de vuelo Bell Ranger 206. Chasis de la cabina y el panel de mandos



Tabla 13
Rediseño chasis de la cabina y el panel de mandos

Actividad No.	Descripción
1	El panel de instrumentos se encuentra principalmente soportado en una estructura compuesta por materiales a base de hierro, acero y fibra de vidrio, el cual da soporte para la instalación de un monitor que permite la visualización de los instrumentos de vuelo. A partir de esta estructura, se reformó la composición del simulador de vuelo para lograr que el estudiante se encuentre en un ambiente que imita aquel de la cabina del helicóptero Bell Ranger 206 BIII Series.
2	La instalación de una carátula para el panel principal posibilita la adecuación de los instrumentos de vuelo de acuerdo con la configuración realista de la cabina del helicóptero Bell Ranger 206 BIII Series. Esto permite que el operador del simulador tenga referencia de los instrumentos Pitot-estático, de navegación, propulsión y misceláneos, según las condiciones requeridas para el entrenamiento.
3	Para lograr un diseño óptimo realista de la cabina y del panel principal, se realizó la conexión del panel anunciador en la parte superior y con ello poder indicar la ubicación de las luces de precaución y emergencia. Con lo anterior, se puede permitir al operador la observación de emergencias como se presentaría en vuelo real, fortaleciendo la capacidad de la aplicación de acciones inmediatas para llevar a cabo los procedimientos establecidos en el manual del operador.
4	El diseño anterior no proporcionaba al operador del simulador un ambiente igual al de la cabina del helicóptero Bell Ranger 206 BIII Series. Anteriormente se contaba con una estructura plana que no cumplía con las especificaciones reales del panel principal. Por lo tanto, fue requerido realizar la remoción de estos elementos para la instalación del nuevo panel conformado a su vez por una estructura para los radios de comunicación y los instrumentos misceláneos.
5	Por otra parte, el panel que se encontraba anteriormente no permitía la visualización del panel de precaución para la identificación de fallas y emergencias, lo cual impedía al operador la simulación de un ambiente real, en cuanto a la presentación de luces de advertencia respecta. Para lograr una cabina que permita al estudiante asimilar las mismas condiciones frente a una aeronave, se requieren de elementos que permitan ubicar en espacio y referencia los instrumentos y elementos que se requieren para el vuelo.
6	Para la instalación del nuevo panel principal, panel de precaución y panel de instrumentos misceláneos fue necesario modificar físicamente la estructura anterior en la parte frontal de la nariz del helicóptero, generando el espacio necesario para la adaptación de los nuevos elementos, así como permitiendo la conexión eléctrica entre el panel superior, los cortacircuitos y el panel principal.
7	Para la adecuación del nuevo panel principal, panel de precaución y panel de instrumentos misceláneos, estos están conectados al mando cíclico, colectivo y conjunto de pedales, para la transmisión de los movimientos al control de la aeronave en el espacio simulado. Esta conexión está programada mediante el simulador de vuelo X-Plane.

3.5.2. Ensamble de los elementos y componentes mecánicos, eléctricos y de simulación u otros al simulador

Los elementos que se ensamblaron en el simulador de vuelo rediseñado del Helicóptero Bell 206 BIII se definen a continuación:

- a. **Panel de mandos.** En la tabla 14, se observan los elementos que se instalaron en el panel de mandos.

Tabla 14

Instalación de elementos del panel de mandos del simulador de vuelo del Helicóptero Bell 206 BIII



Al finalizar la instalación física de los elementos para la adecuación de un ambiente real similar a la cabina del helicóptero Bell Ranger 206 BIII Series, se procedió a adecuar los instrumentos de vuelo, navegación, propulsión y el tubo de pitot-estático, que permiten al operador la conducción de un vuelo simulado bajo las condiciones e indicaciones propias de una aeronave.

Los instrumentos proyectados en cabina son adecuados bajo el simulador de vuelo X-Plane con la consecución de licencias de uso del helicóptero Bell Ranger 206 BIII Series.



Para las pruebas de control y respuesta a la ejecución de movimientos en los mandos cíclico, colectivo y de control direccional, se realizaron operaciones de vuelo en la plataforma X-Plane, así logrando un espacio de simulación realista para el estudiante.

Estas condiciones garantizan la práctica de maniobras de emergencia, aumentando la pro-eficiencia del operador en la ejecución de acciones inmediatas frente a fallas mecánicas.

- b. **Sistema de encendido y equipo de cómputo del simulador.** En la figura 26, se evidencia el sistema de encendido y uso del simulador de vuelo, el cual consta del sistema de pedales control de vuelo, entre otros; además otros equipos como la Unidad Central de Procesamiento (CPU), equipo de cómputo y demás elementos.

Figura 26

Sistema de encendido y cómputo del simulador de vuelo

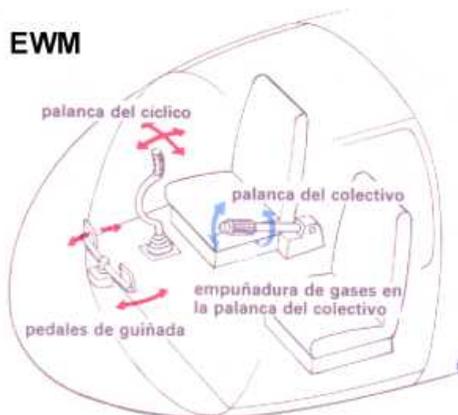


c. **Controles de vuelo.** En la figura 27, se aprecian los controles de vuelo de la aeronave Bell Ranger 206, así:

- Cíclico
- Pedales
- Colectivo
- Radios

Figura 27

Controles de vuelo simulador de la aeronave Bell Ranger 206 BIII



- d. **Timón de Dirección.** Es el que permite los movimientos hacia adelante, hacia atrás y laterales (virajes), el cual, durante el vuelo, ayudará a mantener la dirección de la aeronave, incremento o disminución de la velocidad y el aterrizaje de la aeronave. Para ejecutar un viraje de la aeronave, deberá mover el timón hacia los lados, y si requiere velocidad, llevará el timón hacia adelante (figura 28).

Figura 28

Cíclico



- e. **Pedales.** Permiten el control direccional, puesto que al oprimir uno de los pedales, la aeronave girará sobre su propio eje, ubicando la nariz de la aeronave acorde al movimiento realizado con los pies (figura 29).

Figura 29

Pedales



- f. **Controles de Potencia.** Permiten el incremento o disminución de fuerza de la aeronave durante el despegue, vuelo y aterrizaje. Para incrementar la potencia se deberá llevar las palancas hacia adelante, y para disminuirla, hacia atrás (figura 30).

Figura 30
Colectivo



- e. **Radios de navegación.** Permiten sintonizar las frecuencias de navegación establecidas por la aeronáutica, las cuales nos permiten llegar de un punto previamente establecido al destino siguiendo los procedimientos plasmados en las cartas aeronáuticas (figura 31).

Figura 31
Radio de navegación



- f. **Sistemas de comunicación y navegación.** Para sintonizar las frecuencias de comunicación y navegación de la aeronave, este tendrá un panel en la parte central donde deberá mover las perillas para colocar las frecuencias requeridas. De igual forma, los sistemas de comunicación que tiene el simulador permiten simular una comunicación con la torre de control e internamente con la tripulación a través de las frecuencias seleccionadas, lo cual es importante, pues en la vida real el piloto debe mantener constantemente comunicación con ambos.

El sistema Garmin G1000 (figura 32) es un sistema de navegación avanzada que permite realizar una configuración para reemplazar los instrumentos análogos (indicadores de navegación, pilotaje, motor y misceláneos) con una indicación digital en una pantalla, es decir que el simulador cuenta con dos sistemas de navegación, de los cuales uno es análogo, permitiendo al estudiante e instructor una familiarización más real con el uso de nuevas herramientas tecnológicas de vuelo.

Figura 32

Sistema de navegación Garmin G1000

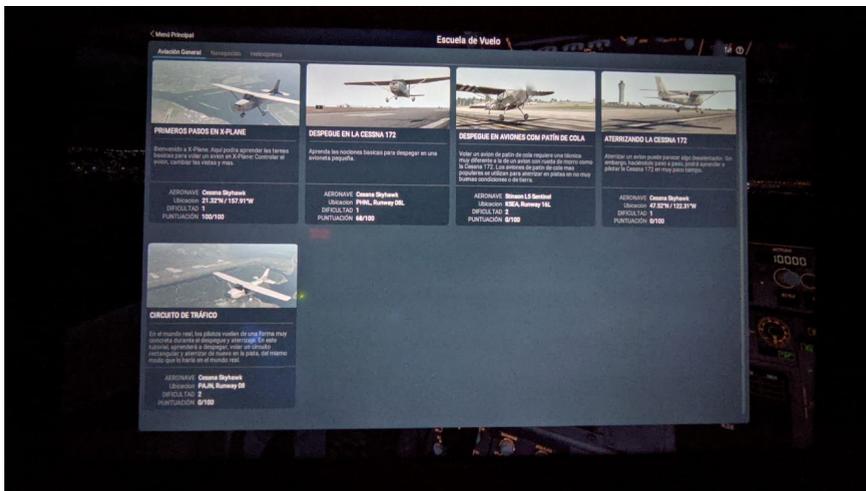


3.5.3. Instalación software de simulación en caso de que se haya cambiado

La pantalla principal, muestra la configuración y autorización de cambios al iniciar el programa XPLANE 11. Para iniciar el primer vuelo, se ubica desde donde se quiere iniciar, indicando la meteorología con la que se quiere contar para el vuelo, hora y estación actual, las misiones, el multijugador, la historial del piloto, el centro de instrucción, y las configuraciones (figura 33).

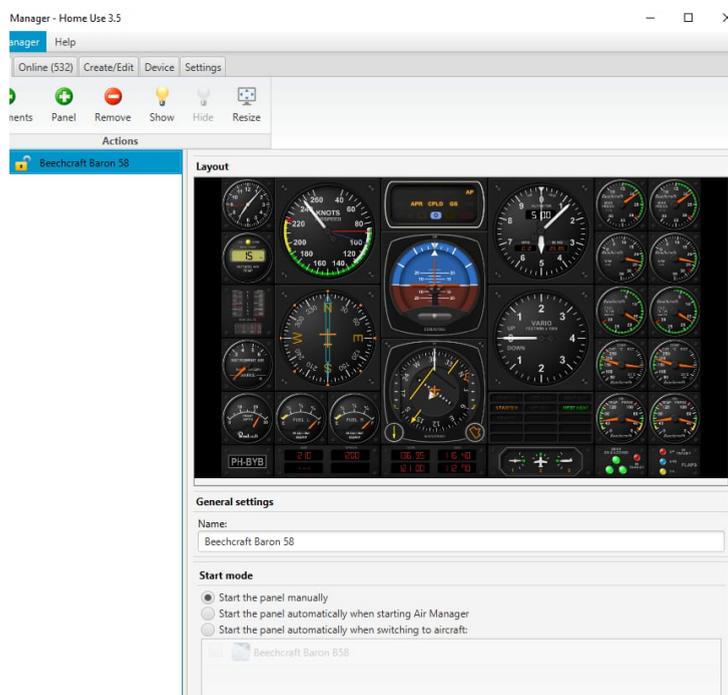
Figura 33

Pasos de inicio del programa XPLANE 11



De igual forma, en la figura 34 se puede evidenciar que es posible crear paneles de instrumentos y/o seleccionar los de vuelo.

Figura 34
Paneles de instrumentos y los de vuelo. Paneles



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

3.6.1. Prueba del simulador con estudiantes, docentes e instructores para verificar su funcionamiento

A continuación, se puede observar las pruebas de funcionamiento que se realizaron en el simulador de vuelo del Helicóptero Bell 206 BIII rediseñado, 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.

- a. Relación del movimiento del control cíclico. 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 altitud y movimiento del helicóptero reflejados en los dispositivos de proyección, siendo acordes a la ejecución de la inclinación del bastón cíclico en direcciones hacia adelante, atrás y lateralmente (figura 35). Asimismo, se determinó la información suministrada por los instrumentos de vuelo referente 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.

Figura 35

Puesta en marcha del simulador de vuelo Bell Ranger 206 rediseñado



- b. Relación de movimiento del control colectivo. 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 (figura 36). Para ello, se tuvo en cuenta la respuesta en cambios de altitud durante ascensos y descensos en relación con la ejecución de movimientos hacia arriba y abajo del bastón colectivo. Además, en los ajustes de potencia realizados, se verificó la información reflejada en los instrumentos de propulsión como son el torquímetro y la temperatura de salida de gases de la turbina.

Figura 36

Relación de movimiento del control colectivo



- c. Interacción de los controles de vuelo e instrumentos. Para determinar la controlabilidad del helicóptero durante un 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 pro-eficiencia en los despegues, aterrizajes, vuelos rectos y a nivel, virajes a diferentes grados de banqueo y ascensos y descensos (figura 37).

Figura 37

Interacción de los controles de vuelo e instrumentos



d. Luces de precaución y señales audibles. Para lograr la simulación de maniobras de respuesta a emergencias, se ejecutaron chequeos mediante acciones inducidas a un mal funcionamiento de la aeronave durante el vuelo simulado (figura 38). Durante 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 presenta en la cabina de un Bell Ranger 206. Durante estos procedimientos, el piloto operador ejecutó acciones inmediatas que incluyen la coordinación en los movimientos de los controles de vuelo, así como la atención inmediata de las indicaciones de los instrumentos de vuelo.

Figura 38

Luces de precaución y señales audibles



3.7. Simulador de vuelo Bell Ranger 206 como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI para determinar las fallas mecánicas y de riesgo

Con respecto a las anteriores fallas mecánicas o de emergencia en la etapa de vuelo u operaciones del Helicóptero Bell 206 BIII, se puede evidenciar que se requiere un equipo o sistema como el simulador de vuelo que permita llevar a cabo este tipo de operaciones antes de iniciar, por parte del piloto, dicho entrenamiento, puesto que las prácticas en la actualidad se realizan en la misma aeronave y con condiciones reales, en las cuales existe la posibilidad de que, en cualquier momento, se presente una falla de este tipo y por desconocimiento o por falta de pericia del piloto se puedan ocasionar accidentes, así como pérdidas de vidas humanas y de aeronaves costosas. De igual forma, los instructores cuentan con un manual de definiciones y operaciones que los alumnos deben seguir en el simulador de vuelo, tanto dentro de la clase como fuera de ella. Adicionalmente, se cuenta con un formato de registro de número de horas de vuelo en el simulador a cargo del docente, lo cual permite garantizar su uso por parte de toda la comunidad académica de la ESAVI.

Teniendo en cuenta lo anterior, se elabora un listado de fallas mecánicas y maniobras de emergencia y los protocolos o procedimientos que se deben llevar a cabo en caso de que se presenten (tabla 15), tratando de minimizar el riesgo de accidente y aumentando la confiabilidad operacional de la aeronave. Al mismo tiempo, se espera fortalecer, a través del proceso de repetición, las competencias prácticas de los estudiantes pilotos, dando con ello confianza y experiencia profesional.

Tabla 15

Falla mecánica o maniobra de emergencia

No.	Falla Mecánica o maniobra de emergencia	Protocolo o procedimiento a llevar a cabo (de acuerdo con el manual de entrenamiento)
1	Fuego en el motor durante el vuelo.	<p>Indicaciones Humo. Vapores. Fuego.</p> <p>Procedimiento Acelerador: cerrar completamente. Ejecutar inmediatamente la autorrotación. Interruptor válvula combustible (<i>fuel valve</i>) -Apagar. Interruptor de la batería: apagar. Interruptor del generador: apagar. Ejecutar un descenso y aterrizaje autorotativo. No encender de nuevo el motor hasta que el mantenimiento correctivo haya sido realizado.</p>

...continuación tabla 15

No.	Falla Mecánica o maniobra de emergencia	Protocolo o procedimiento a llevar a cabo (de acuerdo con el manual de entrenamiento)
2	Falla del motor y autorrotación	<ul style="list-style-type: none"> • Mando colectivo: ajustar como sea requerido para mantener las Revoluciones por Minuto (RPM) del rotor entre 90% a 107%. • Controles de vuelo: ajustar para un descenso autor rotacional en equilibrio de acuerdo con las condiciones de altura. • Disminuir velocidad aérea hasta la autor rotativa, con base en las condiciones existentes de 50 millas indicadas por hora (50KTS). • A baja altitud, cerrar el acelerador y desacelerar para perder velocidad excesiva. • Cuando el efecto de la desaceleración disminuye, emplear el mando colectivo para disminuir la velocidad aérea y suavizar el aterrizaje.
2	Falla del motor y autorrotación	<p>Se recomienda que el contacto nivelado sea hecho antes de pasar el 70% de las RPM del rotor. Al hacer contacto, el mando colectivo tendrá que bajarse suavemente mientras que el bastón cíclico se mantiene centrado.</p>
3	Falla del motor en vuelo sin efecto de tierra	<p>Indicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desvío izquierdo. • La luz de “Eng out” está iluminada. • El audio de “Eng out” está activado. • Si las RPM del rotor disminuyen por debajo del 90% la luz y el audio de “Rotor low” se activan 5. Los instrumentos del motor indican pérdida de potencia. <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener el control del rumbo y actitud del helicóptero. • Mando colectivo: ajustar como sea requerido para mantener las RPM del rotor de 90-107%. • Colectivo: aumentar durante la desaceleración para reducir la velocidad horizontal y completar el aterrizaje. Se recomienda que un aterrizaje a nivel esté realizado antes que las RPM del rotor estén por debajo del 70%. <p>El corrido excesivo del mando colectivo en la posición más elevada o la tendencia a flotar por una distancia larga antes del contacto deberá ser evitado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las RPM del rotor, las cuales están mantenidas al límite superior de funcionamiento, suministrarán la máxima energía del rotor para realizar el aterrizaje; sin embargo, esto causa alto régimen de descenso. • Cíclico: ajustar para obtener velocidad aérea deseada

...continuación tabla 15

No.	Falla Mecánica o maniobra de emergencia	Protocolo o procedimiento a llevar a cabo (de acuerdo con el manual de entrenamiento)
3	Falla del motor en vuelo sin efecto de tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar movimientos delanteros grandes del cíclico hasta que el mando colectivo se encuentre completamente abajo y las RPM del rotor no continúen disminuyendo. • La máxima velocidad aérea de autorrotación es de 115 millas indicadas por hora (100 nudos indicados). La autorrotación por encima de esta velocidad tiene como resultado una pérdida de las RPM del rotor y alto régimen de descenso. Una línea azul está colocada en el instrumento indicador de velocidad aérea como advertencia de esta condición. Velocidad autor rotativa nominal es de 61 nudos indicados (70 millas indicadas por hora). • Probar un encendido de nuevo del motor si hay tiempo y altitud amplia. • En altitud baja: Acelerador: cerrar completamente • Interruptor válvula combustible "Fuel valve": apagar. • Ejecutar un descenso y aterrizaje autor rotativo. • Completar el apagado del helicóptero.
4	Encendido de nuevo del motor	<p>Un encendido de nuevo del motor se puede realizar si se tiene tiempo y altitud suficiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No tratar de encender de nuevo el motor si se supone que la falla fue mecánica. • Por encima de 12.000 pies, no tratar de volver a encender el motor (la Temperatura de la Turbina-TOT sube rápido; no es controlable). <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener el control del rumbo y actitud del helicóptero. • Mando colectivo: ajustar como sea requerido para mantener las RPM del rotor de 90-107%. • Acelerador: cerrar completamente. • Cíclico: velocidad de 55-60 nudos indicados. • Válvula combustible (fuel valve): puesta. • Interruptor de arranque: oprimir. <p>Si no se inicia el encendido del motor antes de disminuir la velocidad de rotación del eje del motor de baja presión N1 (10 segundos aproximadamente después de la falla del motor), se debe modular el acelerador para evitar exceder los límites del TOT.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acelerador: marcha lenta. • TOT: monitorear el rango de 760°C a 826°C.

...continuación tabla 15

No.	Falla Mecánica o maniobra de emergencia	Protocolo o procedimiento a llevar a cabo (de acuerdo con el manual de entrenamiento)
		<ul style="list-style-type: none"> • Acelerador: abrir uniformemente hasta posición totalmente abierta. Si el encendido no tiene éxito, abortar el encendido y asegurar el motor así: <ul style="list-style-type: none"> • Acelerador: cerrar completamente. • Válvula combustible: apagar. • Ejecutar un descenso y aterrizaje autor rotativo.

Nota. Manual de Entrenamiento de la Tripulación Bell 206/407 (MET). Año 2017.

Por otro lado, a continuación, se especifican las tareas que deben realizar los estudiantes pilotos policiales en un simulador de vuelo, las cuales tienen como finalidad la repetición para mejorar la experiencia y la toma de decisiones que permitan aumentar la confiabilidad operacional.

a. Tarea 1074: Ejecutar falla simulada del motor en vuelo crucero

Condición: en un helicóptero BELL 206 SERIES/407, con un IP y sobre 1000' PIES AGL o en un simulador de vuelo.

Normas: las normas comunes apropiadas más estas adiciones/modificaciones:

- Reconozca la emergencia, determine la acción correctiva apropiada y ejecute o simule (como sea requerido) de memoria todos los procedimientos y acciones inmediatas correctivas.
- Seleccione un área apropiada para el aterrizaje.
- Termine la maniobra correctamente de acuerdo con las instrucciones del IP.

Descripción:

Acciones de la tripulación. Una vez detectada la falla de la turbina, el P* inicia de inmediato los pasos a seguir de acuerdo con el Manual del Operador: mantendrá su atención enfocada fuera de la aeronave, seleccionará un área apropiada de aterrizaje y seguirá los pasos de la lista de chequeo para verificar su respuesta.

El IP anunciará "Falla simulada del motor" y reducirá el acelerador a marcha lenta. El IP proporcionará la alerta adecuada para aplicar las acciones correctivas en el caso que algunos límites de operación puedan ser excedidos. El IP confirmará la ejecución apropiada de los pasos de acción inmediata a seguir.

Los TSAC deben monitorear la condición de la aeronave. Simularán la preparación de los pasajeros, para un aterrizaje de emergencia y otros deberes asignados por el P* / P.

Procedimiento:

Una vez identificada la falla del motor, el P* bajará el colectivo para mantener las RPM del rotor dentro de los límites mientras ajusta los pedales para mantener la aeronave en centraje y corrige el cabeceo de la aeronave con el uso del cíclico manteniendo la velocidad entre 60 a 100 nudos (60 nudos para entrenamiento), según se requiera. Seguido, seleccionará un área adecuada para el aterrizaje, utilizando virajes y ajustando la velocidad aérea como sea necesario para maniobrar la aeronave hacia el área seleccionada para un aterrizaje seguro –la aproximación final debe ser generalmente contra el viento. Si el tiempo lo permite, el P* ordenará al IP colocar el transpondedor en emergencia y transmitir una llamada “Mayday”. El PE/IP debe monitorear las RPM del rotor, productora de gases y la aeronave en centraje durante la maniobra. El P* debe planear cada aterrizaje forzado como si continuara hasta tierra.

Antes de alcanzar los 400 pies por encima del suelo (AGL) con la aeronave en un perfil seguro de autorrotación, el IP dará una de las siguientes tres órdenes: “recupere con potencia”, “termine con potencia” o “aterrice” (los criterios establecidos en las directivas de operación para entrenamiento en procedimientos de emergencia deben ser completados antes de ejecutar autorrotaciones con toque a tierra). El P* realizará las siguientes acciones durante estas autorrotaciones:

Recupere con potencia. Una vez reciba la orden de “recupere con potencia”, restablecerá inmediatamente las RPM ajustando suavemente el acelerador a la posición totalmente abierta. Mantenga el centraje de la aeronave con los pedales. Después de recuperar las RPM incrementa el colectivo para establecer un ascenso normal antes de alcanzar 200 pies AGL.

Termine con potencia. Una vez reciba la orden “termine con potencia” continúe el descenso autorrotacional. Las RPM de la productora de potencia y del rotor deben estar al 100% antes de que la aeronave esté por debajo de 200 pies AGL. Ajuste el colectivo como sea necesario para mantener las RPM del rotor dentro los límites, centraje de la aeronave con los pedales y mantenga la autorrotación. Aproximadamente a 100 pies AGL, aplique el cíclico hacia atrás para iniciar una desaceleración suave y progresiva. Utilice el cíclico y los pedales para alinear la aeronave con el área de aterrizaje elegida. Ajuste el colectivo como sea requerido para prevenir un aumento de las RPM del rotor. Aproximadamente a 15 pies AGL, aplique suficiente colectivo para controlar el régimen de descenso y la velocidad terrestre. El régimen de descenso y la velocidad terrestre deben de ser cero cuando se encuentre de 5 ± 1 pies AGL con la aeronave en actitud de aterrizaje.

Aterrice. Una vez recibida la orden de “aterrice”, continúe el descenso autor rotacional; aproximadamente a 100 pies AGL, aplique cíclico hacia atrás para iniciar una desaceleración suave y progresiva. Mantenga la aeronave alineada con el área de aterrizaje seleccionada ajustando los pedales y el cíclico. Ajuste el colectivo como sea necesario para prevenir un aumento excesivo de las RPM del rotor. Aproximadamente a 15 pies

AGL, aplique suficiente colectivo para controlar el régimen de descenso y la velocidad terrestre (la cantidad de colectivo aplicada depende del régimen de descenso y la velocidad terrestre). Ajuste el cíclico para obtener una actitud de aterrizaje y aplique el colectivo como sea necesario justo antes del contacto para amortiguar el aterrizaje. Después del aterrizaje mantenga la alineación con los pedales. Cuando la aeronave se detenga completamente, baje el colectivo, neutralice los pedales y el cíclico.

Nota 1. Cuando la tarea es conducida en la aeronave, el IP inicia la maniobra diciendo “falla simulada del motor”. Cuando se está conduciendo entrenamiento y/o evaluación para PE o IP, la maniobra puede ser iniciada sin aviso.

Nota 2. El manual del operador contiene los detalles acerca de los procedimientos resaltados en la lista de chequeo.

Consideraciones para vuelo nocturno o NVG:

- Esta tarea en entrenamiento está prohibida de noche o mientras los tripulantes están usando gafas de visión nocturna (NVG).
- De ser realizada en la aeronave; esta tarea es prohibida en otras áreas que no sean las designadas.
- Si se usa la luz de búsqueda o de aterrizaje, esta debe encenderse antes de iniciar la maniobra. Asegúrese que la luz de búsqueda o la luz de aterrizaje estén en la posición deseada.
- Usar la luz blanca puede reducir o dañar su visión nocturna por algunos minutos, por lo tanto, ejecute con precaución adicional si va a continuar un vuelo antes de alcanzar totalmente la adaptación a la oscuridad.

Requisitos para entrenamiento y evaluación:

- Entrenamiento: el entrenamiento será conducido en la aeronave.
- Evaluación: la evaluación será conducida en la aeronave.

Referencias: referencias comúnmente apropiadas.

b. Tarea 1082: Ejecutar autorrotación.

Condición: en un helicóptero BELL 206 Series/407, con un IP, con los procedimientos de entrenamiento para emergencias y los lineamientos en las directivas de operación revisados y con el chequeo previo al aterrizaje completado, y con velocidad de entrada entre y altura de entrada.

Normas: normas comúnmente apropiadas más estas adiciones/modificaciones:

- Establezca altitud de entrada de 500 ± 100 PIES AGL, a menos que se establezca una variación en las Directivas de Operación.
- Establezca velocidad de entrada de 60 ± 10 nudos, a menos que se establezca una variación en las Directivas de Operación.
- Mantenga la velocidad establecida de ± 10 nudos hasta alcanzar 100 pies AGL.
- Ejecute una desaceleración suave y progresiva.
- Realice la aplicación inicial de colectivo aproximadamente a 15 pies AGL.
- Mantenga el rumbo alineado en el aterrizaje de ± 5 grados.

Precaución: no baje el colectivo para proveer una acción de frenado.

Descripción:

Acción de la tripulación. El P* se mantendrá enfocado fuera de la aeronave. El deberá anunciar entrando en autorrotación y verificará las RPM del rotor, N1 y centrage. El IP confirmará si se ejecuta una ida al aire o si se termina con potencia. El P* procederá positiva y suavemente a abrir el acelerador a la posición de completamente abierto y, con las agujas juntas de los indicadores de velocidad de rotación del compresor de alta presión (N2) y altímetro (NR), ejecutará la maniobra apropiadamente.

El IP reconocerá la entrada, verificará y anunciará que las RPM del rotor permanezcan dentro de límites, que el N1 permanece estable, y la aeronave en centrage. Si el estado de equilibrio de la autorrotación no es alcanzado, o si aparentemente esto no se alcanzara, el IP ordenará al P* para que ejecute una ida al aire o termine con potencia, como sea apropiado.

Los TSAC estarán en continuo monitoreo de la condición de la aeronave; asistirán en despejar y en evitar obstáculos, y ejecutarán otras tareas dirigidas por el PC.

Procedimientos:

Mantenga la altitud y velocidad hasta alcanzar el punto de entrada. Inicie la maniobra bajando el colectivo a la posición de “completamente abajo”; reduzca el acelerador a la posición de marcha lenta, y ajuste los pedales para mantener el centrage. Mantenga la alineación con el campo de aterrizaje (por encima de 100 pies) y el deslizamiento (por debajo de 100 pies). Ajuste el cíclico para obtener actitud de 60 nudos. Antes de alcanzar 100 pies sobre el terreno, asegúrese que se ha obtenido el estado de equilibrio en la

autorrotación. Si esto no es posible, ejecute una ida al aire, o termine con potencia, como sea apropiado. El estado de equilibrio de la autorrotación es:

- RPM del rotor dentro de límites.
- Aeronave en la velocidad correcta.
- Aeronave descendiendo a régimen normal.
- Aeronave en la posición de terminar en el área de aterrizaje escogida.

Cuando esté aproximadamente a 100 pies AGL, aplique cíclico hacia atrás para iniciar una desaceleración suave y progresiva. Mantenga alineada la aeronave con el área de aterrizaje usando cíclico y pedales. Ajuste el colectivo, como sea requerido, para prevenir excesivas RPM del rotor. Aproximadamente a 15 pies AGL, aplique suficiente colectivo para controlar el régimen de descenso y la velocidad terrestre –la cantidad de colectivo aplicado y el régimen de aplicación dependerán del régimen de descenso y la velocidad terrestre–; ajuste el cíclico para obtener actitud de aterrizaje, con el helicóptero nivelado justamente antes del contacto, y aplique el colectivo, como sea necesario, para amortiguar el aterrizaje. Después del aterrizaje, mantenga la alineación con los pedales. Cuando la aeronave haya parado completamente, baje el colectivo, y neutralice los pedales y el cíclico.

Consideraciones nocturnas O Nvg:

- Esta tarea de entrenamiento es prohibida cuando un tripulante está usando NVG's.
- La carencia de referencias visuales en la noche reduce en los aviadores la habilidad de estimar la velocidad y la altitud. Para compensar esta reducción de las referencias visuales, el aviador deberá tener el estado de equilibrio de la autorrotación antes de 200 pies AGL.
- El control de la actitud es crítico durante las autorrotaciones de noche. La altitud, la velocidad terrestre y el régimen de acercamiento son difíciles de estimar durante la noche. La tripulación debe utilizar técnicas de escaneo apropiadas.
- La tripulación debe estar consciente de que el terreno o vegetación del área circundante puede disminuir el contraste y degradar la percepción de profundidad. Si la luz de búsqueda o aterrizaje es utilizada, esta debe encenderse antes de entrar en la maniobra. Asegúrese de que la luz de búsqueda o de aterrizaje esté en la posición adecuada.
- Emplear la luz blanca puede afectar la visión nocturna por varios minutos; por ende, se debe ejercer una precaución adicional si se continúa con el vuelo antes de lograr la adaptación completa a la oscuridad.

Requerimientos de entrenamiento y evaluación:

- Entrenamiento: el Entrenamiento será realizado en la aeronave.
- Evaluación: la evaluación será conducida en la aeronave.

Referencias: referencias comúnmente apropiadas.

c. Tarea 1327. Ejecutar autorrotación de bajo nivel.

Condición: en un helicóptero BELL 206 SERIES/407, con un IP, bajo los criterios y procedimientos de entrenamiento de emergencia de acuerdo con las directivas de operación y con el chequeo antes del aterrizaje completado; la altura y velocidad de entrada son dadas, y la aeronave está alineada con el área del punto de contacto.

Normas: normas comúnmente apropiadas más estas adiciones/modificaciones:

- Establezca una altitud de entrada 100 ± 10 pies AGL.
- Establecer una velocidad de entrada de 60 ± 10 nudos indicados, a menos que se indique lo contrario.
- Ejecute una desaceleración suave y progresiva.
- Realice la aplicación inicial de colectivo aproximadamente a 15 pies AGL.
- Mantenga el rumbo alineado a ± 5 grados hasta el punto de contacto.

Precaución: no baje el colectivo para proveer una acción de frenado.

Descripción:

- Establecer una altitud de entrada de acuerdo con lo dirigido en las acciones de los tripulantes.
- El P* permanecerá enfocado fuera de la aeronave y anunciará entrando en autorrotación. Si el IP ordena una ida al aire o terminar con potencia, el P* suave y positivamente abrirá el acelerador a la posición de completamente abierto y, con las agujas unidas, ejecutará la maniobra apropiada.
- El IP también debe permitir confirmar visualmente que las RPM del rotor y N1 estén dentro de los límites. Si las RPM del rotor no están dentro de los límites, el IP inmediatamente ordenará al P* terminar con potencia o ejecutar una ida al aire de ser apropiado.
- Los TSAC monitorearán continuamente la condición de la aeronave, asistiendo al despegue de la aeronave, y a evitar obstáculos y ejecutar otras tareas ordenadas PC.

Procedimientos:

En el tramo básico, establezca un ángulo de descenso para llegar a una altitud de 50 pies sobre el obstáculo más alto o 100 pies AGL antes de llegar al punto de entrada, manteniendo siempre contacto visual con el área de aterrizaje. Establezca un punto de entrada que asegure el aterrizaje en el área seleccionada. En el punto de entrada, asegúrese que la aeronave está en la altitud y velocidad apropiada, y en centraje con la potencia de crucero aplicada. Simultáneamente, baje el colectivo a la posición de completamente abajo, reduzca el acelerador a la posición de marcha lenta, y aplique cíclico hacia atrás para mantener la altitud de entrada. Mantenga las RPM del rotor dentro de los límites, y ajuste los pedales para mantener la aeronave alineada con el área de aterrizaje. Aplique cíclico para mantener la altitud de entrada hasta interceptar el perfil normal de un descenso autor rotacional.

Cuando la aeronave comience a descender, termine la maniobra de la misma forma de que una autorrotación estándar.

Consideraciones nocturnas o con NVG:

- Esta tarea de entrenamiento está prohibida mientras los tripulantes estén usando lentes de visión nocturna (NVG).
- El control de actitud es crítico durante autorrotaciones de noche. La altitud, velocidad terrestre aparente, y el régimen de acercamiento son difíciles de estimar durante la noche. Los tripulantes deben hacer uso de las técnicas apropiadas de exploración.
- La tripulación debe estar consciente que el terreno o vegetación del área circundante puede disminuir el contraste y degradar la percepción de profundidad. Si la luz de búsqueda o aterrizaje es utilizada, esta debe encenderse antes de entrar en la maniobra. Asegúrese que la luz de búsqueda o de aterrizaje esté en la posición adecuada.
- El uso de la luz blanca puede causar disparidad en la visión nocturna por varios minutos. Además, ejerza suma precaución si usted va a ejecutar un vuelo antes de haber alcanzado completa adaptación a la oscuridad.

Requerimientos de entrenamiento y evaluación:

- Entrenamiento: el entrenamiento será conducido en la aeronave.
- Evaluación: la evaluación será conducida en la aeronave.

Referencias: referencias comunes apropiadas.

d. Tarea 1335: Ejecutar autorrotación estándar con viraje.

Condiciones: en un helicóptero BELL 206 SERIES/407, con los procedimientos de entrenamiento para emergencias y los lineamientos en las directivas de operación revisados, con el chequeo previo al aterrizaje completado, y con velocidad y altura de entrada.

Normas: normas comúnmente apropiadas más estas adiciones/modificaciones:

- Establecer altitud de entrada 700 ± 100 pies AGL para un viraje de 90° , y 1000 ± 100 pies AGL para un viraje de 180° .
- Establecer velocidad de entrada de 60 ± 10 Nudos.
- Mantener una actitud de 60 nudos durante el viraje.
- Complete el viraje final, y alinee la aeronave con el área de aterrizaje sobre 200 pies AGL.
- Establecer actitud de 60 nudos, antes de alcanzar 100 pies AGL.
- Ejecutar desaceleración suave y progresiva.
- Aplicación inicial de colectivo aproximadamente a 15 pies AGL.
- Mantener el rumbo alineado con la zona de contacto ± 5 grados.

Precaución: no baje el colectivo para proveer una acción de frenado.

Descripción:

Acción de la tripulación. El P* se mantendrá enfocado fuera de la aeronave. El deberá anunciar entrando en autorrotación y verificará las RPM del rotor, N1 y centraje. El IP confirmará si se ejecuta una ida al aire o se termina con potencia. El P* positiva y suavemente abrirá el acelerador a la posición de completamente abierto y, con las agujas juntas, ejecutará la maniobra apropiadamente.

El IP reconocerá la entrada, verificará y anunciará durante el viraje las RPM del rotor dentro de límites; el N1 permanece estable, y la aeronave en centraje. Si la aeronave no se encuentra alineada a 200 pies AGL y el estado de equilibrio de la autorrotación no es alcanzado, o si aparenta que no se alcanzara la zona de aterrizaje, el IP ordenará al P* para que ejecute una ida al aire o termine con potencia, como sea apropiado.

Los TSAC estarán en continuo monitoreo de la condición de la aeronave, asistirán en despejar y evitar obstáculos, y ejecutarán otras tareas dirigidas por el PC.

Procedimientos:

Mantenga la altitud y velocidad de entrada, hasta alcanzar el punto de entrada. Inicie la maniobra bajando el colectivo a la posición completamente abajo, reduzca el acelerador a la posición de marcha lenta, y ajuste los pedales para mantener el centraje. Aplique cíclico en dirección al viraje y alcance altitud de 60 nudos –ignore el indicador de velocidad cuando esté en viraje. Ajuste el colectivo como sea requerido para mantener las RPM del rotor dentro de los límites. Ajuste el ángulo de viraje como sea necesario para asegurarse de que el viraje sea completado y que la aeronave esté alineada con la dirección del campo de aterrizaje antes de descender por debajo de 200 pies AGL. Antes de alcanzar 100 pies AGL, asegúrese que se ha obtenido el estado de equilibrio de la autorrotación. Si esto no es posible, ejecute una ida al aire, o termine con potencia, como sea apropiado.

Para esta maniobra el estado de equilibrio significa tener:

- RPM del rotor dentro de límites.
- Aeronave con la actitud correcta.
- Aeronave descendiendo con un régimen normal.
- Aeronave en la posición de terminar en el área de aterrizaje escogida.

Cuando esté aproximadamente a 100 pies AGL, aplique cíclico hacia atrás para iniciar una desaceleración suave y progresiva. Mantenga alineada la aeronave con el área de aterrizaje usando cíclico y pedales. Ajuste el colectivo, como sea requerido, para prevenir excesivas RPM del rotor. Aproximadamente a 15 pies AGL, aplique suficiente colectivo para controlar el régimen de descenso y la velocidad terrestre –la cantidad de colectivo aplicado y el régimen de aplicación dependerán del régimen de descenso y la velocidad terrestre. Ajuste el cíclico para obtener actitud de aterrizaje justamente antes del contacto, y aplique colectivo como sea necesario, para amortiguar el aterrizaje. Después del aterrizaje, mantenga la alineación de la pista con los pedales. Cuando la aeronave haya parado completamente, baje el colectivo, y neutralice los pedales y el cíclico.

Consideraciones nocturnas o NVG:

- Esta tarea de entrenamiento es prohibida cuando un miembro de la tripulación está utilizando NVG.
- La carencia de referencias visuales en la noche reduce a los aviadores la habilidad de estimar la velocidad y la altitud. Para compensar esta reducción de las referencias visuales, el aviador deberá tener el estado de equilibrio de la autorrotación antes de 200 pies AGL.

- El control de la actitud es crítico durante las autorrotaciones de noche. La altitud, la velocidad terrestre y el régimen de acercamiento son difíciles de estimar durante la noche. La tripulación debe utilizar técnicas de escaneo apropiadas.
- La tripulación debe estar consciente de que el terreno o vegetación del área circundante puede disminuir el contraste y degradar la percepción de profundidad. Si la luz de búsqueda o aterrizaje es utilizada, esta debe encenderse antes de entrar en la maniobra. Asegúrese de que la luz de búsqueda o de aterrizaje esté en la posición adecuada.
- Emplear la luz blanca puede afectar la visión nocturna por varios minutos, Por lo tanto, se debe ejercer precaución adicional si se continúa con el vuelo antes de lograr la adaptación completa a la oscuridad.

Requerimientos de entrenamiento y evaluación:

- Entrenamiento: el entrenamiento será realizado en la aeronave.
- Evaluación: la evaluación será conducida en la aeronave.

Referencias: referencias comúnmente apropiadas.

e. Tarea 3021. Autorrotación a 12 pies.

Condición: en un helicóptero BELL 206 Series/407 con chequeo de aterrizaje completado y en un área aprobada.

Normas:

Antes de entrar:

- Establecer un vuelo estacionario de 12 pies \pm 1 pie.
- Mantener la aeronave enfrentada al viento.

Después de entrar:

- Mantener un rumbo de ± 10 grados.
- Mantener la posición sobre el terreno dentro de ± 1 pie.
- Ejecutar un descenso y aterrizaje suave y controlado, sin deriva lateral o hacia atrás.
- Ejecutar correctamente las acciones de coordinación de la tripulación.

Descripción:

El P* realiza un vuelo estacionario a 12 pies de altura, enfrentado al viento y con la aeronave libre de obstáculos 15 pies alrededor. Una vez el P* informe al IP/S que se encuentra listo para la maniobra, el IP/SP procederá a reducir el acelerador hasta marcha lenta. Inmediatamente en forma rápida y suave, el P* bajará el colectivo para no perder las RPM e iniciar un descenso autorrotativo. Antes de hacer contacto con el terreno, deberá disminuir la velocidad vertical aplicando el colectivo y, posteriormente, amortiguar el aterrizaje con el colectivo suavemente hasta la tierra.

Requisitos de entrenamiento y evaluación:

- Entrenamiento: el entrenamiento será conducido en la aeronave.
- Evaluación: la evaluación será conducida en la aeronave.

Referencias: referencias comunes apropiadas.

3.8. Conclusiones.

Al terminar el proceso de rediseño e implementación del simulador de vuelo Bell Ranger 206 se logró concluir que:

- a. Teniendo en cuenta que las TIC en la educación son importantes porque permiten la adquisición de conocimientos y habilidades necesarias para los estudiantes, se logró evidenciar que la ESAVI requiere fortalecer tecnologías ya existentes. Es así que surge este proyecto para la modernización del Bell Ranger 206, el cual permite afianzar los procesos de formación en la Escuela y el mejoramiento de las competencias de cada uno de los estudiantes policiales, ya sean pilotos, técnicos, tecnólogos o expertos en esta área.
- b. Considerando en qué estado se encontraba el Bell Ranger 206, se planteó la modernización del mismo en aras de contribuir a la apropiación del aprendizaje en los futuros pilotos, buscando generar de esta manera una mejor calidad de imagen gracias a un domo de 180 grados, con medidas de 1,60 metros de alto por 4,30 de ancho que facilitan la amplitud en la visión y características de realismo virtual, favoreciendo así las competencias y entrenamientos para vuelos reales.
- c. Se potencia las capacidades dentro de un contexto académico mediado por las TIC, logrando que la experiencia sea casi real e integrando la pedagogía y la didáctica con la era digital, para así alcanzar entrenamientos a menor costo que consideren situaciones parecidas o familiares durante el vuelo real.

- d. Se realizó una encuesta de satisfacción que permitió identificar el impacto académico en los estudiantes y de esta forma conocer que el producto final (modernización) fuera funcional y tuviera la repercusión necesaria en los usuarios (estudiantes) en cuanto a calidad de imagen y realismo virtual de este tipo de simulador de vuelo.

4. SIMULADOR DE VUELO AVIÓN CESSNA 172

4.1. Introducción

La importancia de la formación de pilotos ha sido reconocida desde los primeros vuelos tripulados; la construcción de simuladores para explicar a los nuevos pilotos los movimientos y actitudes de las naves se convirtió en parte fundamental del entrenamiento, salvando vidas y evitando cuantiosas pérdidas económicas. Asimismo, la mejor manera de aprender es con la experiencia, es decir experimentar, que significa conocer algo por la propia práctica. Ésta, sin duda alguna, es la forma más eficiente para que el cerebro humano asimile y grabe en la memoria lo ocurrido, para utilizarlo posteriormente en el momento adecuado. En la actualidad, los simuladores de vuelo se han convertido en una herramienta invaluable para el proceso de aprendizaje y entrenamiento de los pilotos; los mismos tienen varias categorías, muchas van desde simples sistemas de entrenamiento básicos hasta aquellos simuladores con seis ángulos de movimiento, denominados sistemas complejos.

Aprender a volar y todo lo que esto conlleva tiene forzosamente que ser aprendido con la práctica; sin embargo, no todo se puede hacer en el vuelo real pues, además de costoso, puede resultar peligroso. Es aquí en donde los simuladores de vuelo resultan una herramienta invaluable para el proceso enseñanza-aprendizaje. Afortunadamente hoy en día, la tecnología nos ha regalado la posibilidad de practicar en aparatos que pueden llegar a tener hasta un 80% de veracidad en comparación con un avión real. Equipos cuyo valor asciende a varios millones de dólares, pero que ahorran a las compañías e instituciones mucho más dinero, no sólo en el costo de las prácticas sino en la seguridad resultante que brindan a sus operaciones.

La especialización Piloto Policial realizó un simulador de vuelo actualizado para el Cessna 172, el cual debiera permitir al estudiante experimentar un nivel de realismo superior durante su proceso de formación sin afectar la calidad del aprendizaje y que estuviera acorde con las tecnologías en este ámbito, por lo que fue necesario gestionar procesos de modernización, adaptación de equipos y desarrollo de software para brindar aprendizajes de calidad en tiempo real, con las condiciones óptimas requeridas y que facilitaran pensar la institución en términos transformadores y acordes con las necesidades del país, fortaleciendo el sistema de ciencia y tecnología. Por tanto, al momento de plantear un cambio o una verdadera innovación, se debe tener en cuenta

como punto de partida la formación de profesionales policiales capaces de hacer frente a cualquier situación que lo requiera, integrando la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en el proceso educativo.

Para cumplir con los objetivos propuestos, básicamente el problema se debió abordar desde la parte técnica en torno a la modernización de un simulador de vuelo para Cessna 172, el cual permitiera a los estudiantes un adecuado manejo de las modernas tecnologías para mejorar la calidad del aprendizaje a partir de la experimentación de manera real, teniendo en cuenta la educación policial debe integrar las tecnologías de la información y la comunicación, las cuales constituyen un factor relevante en la potenciación del conocimiento, por cuanto permiten acceder de manera oportuna y permanente a la información y así prepararlo para asumir con autoridad moral e intelectual, los retos del servicio (Empresa Fast Track Aviation, 2015). El simulador de vuelo del avión Cessna 172 de la Escuela de Aviación Policial fue rediseñado en el año 2018.

4.2. Información general del avión Cessna 172

El Cessna 172 es un avión monomotor de ala alta con capacidad para cuatro personas (ver figura 39); es la aeronave que tiene el más alto nivel de fabricación y es usada especialmente para entrenamiento. Cabe resaltar que es una versión mejorada del Cessna 170, y su inicio de fabricación fue en el año 1956. De igual forma, el Cessna 172 Skyhawk es la aeronave con mayor número de unidades fabricadas en la historia de la aviación mundial, motivo por el cual se ve como una aeronave polifacética y de calidad (Policía Nacional de Colombia, 2018).

Figura 39

Avión Cessna 172



De igual forma, el Cessna 172 Skyhawk se distingue no sólo por su alta fiabilidad, sino también por su atractivo rendimiento de vuelo: la velocidad máxima de vuelo de la aeronave es de 302 km/h y la autonomía de vuelo de más de 1.250 kilómetros, dando a la aeronave una buena oportunidad de competir con los modelos

existentes de otros fabricantes (Dowling, 2018). Además, esta aeronave de un solo motor alcanza una velocidad máxima de 140 mph (226 km/h); no obstante, podría llegar hasta 185 mph (297 km/h), pero el fabricante no lo recomienda. Adicionalmente, con un tanque lleno de combustible, puede volar hasta 1.290 kilómetros, lo que equivale al trayecto de Berlín a Belfast, o de Nueva York a Madison, Wisconsin.

Desde sus inicios, el CESSNA 172 se convirtió en un elemento básico de las escuelas de entrenamiento de vuelo en todo el mundo. Generaciones de pilotos tomaron sus primeros vuelos vacilantes en un Cessna 172, siendo esta una buena razón, puesto que es un avión deliberadamente diseñado para ser fácil de volar y para sobrevivir a aterrizajes sin dificultad.

A continuación, se especifican las características generales de la aeronave:

a. Características generales de la aeronave CESSNA

- Tripulación: 1 piloto.
- Capacidad: 3 pasajeros.
- Longitud: 7,9 m (26 ft).
- Envergadura: 11 m (36,1 ft).
- Altura: 2,7 m (8,9 ft).
- Superficie alar: 16,2 m² (174,4 ft²).
- Perfil alar: NACA 2412 modificado.
- Peso vacío: 743 kg (1 637,6 lb).
- Peso útil: 367 kg (808,9 lb).
- Peso máximo al despegue: 1.110 kg (2.446,4 lb).
- Planta motriz: 1× motor de cuatro cilindros opuestos enfriados por aire Lycoming IO-360-L2A.
- Potencia: 118 kW (158 HP; 160 CV).

b. Rendimiento

- Velocidad nunca excedida (Vne): 302 km/h (188 MPH; 163 kt).

- Velocidad máxima operativa (Vno): 228 km/h (142 MPH; 123 kt).
- Alcance: 1 270 km (686 millas náuticas-nmi; 789 millas-mi)
- Techo de vuelo: 4.328 m (14.200 ft).
- Régimen de ascenso: 3,7 m/s (720 ft/min).
- Carga alar: 13,2 Libras x Pulgada Cuadrada.

Lo anterior indica parte de las especificaciones generales que se debieron tener en cuenta en el diseño y la construcción de simulador de vuelo, puesto que la idea es que fuera trabajado sobre una cabina real e instrumentada con la posibilidad de simular velocidades, alturas, entre otras cosas.

4.3. Especificaciones técnicas del avión Cessna 172

En la tabla 16 se evidencian cada una de las características generales que tiene el avión Cessna 172 SP, las cuales, al momento en que se elaboró el simulador de vuelo, jugó un papel importante en lo que respecta a direcciones, alturas, obstáculos, combustible, entre otras cosas. También permitió seleccionar los paneles de mando y motor para la simulación en forma completa de todas las tareas y funciones en forma real.

Tabla 16

Características generales del avión Cessna 172 SP

Generalidad	C-172 SP
Dimensiones	Largo 27 ft 2 in Ancho 11 ft 4 in Alto 8 ft 11 in Envergadura 36 ft 1 in Trocha 65 in
Motor	Textron Lycoming 1°-360-L2A combustible de inyección, horizontalmente opuesto, cilindrada del motor 360 y L2A las modificaciones. Aspirado, eje directo, enfriamiento por aire. 180 Brake Horsepower (BHP) 2700 RPM
Hélice	McCauley Dos palas Diámetro máximo 76 in Diámetro mínimo 75 in Paso fijo

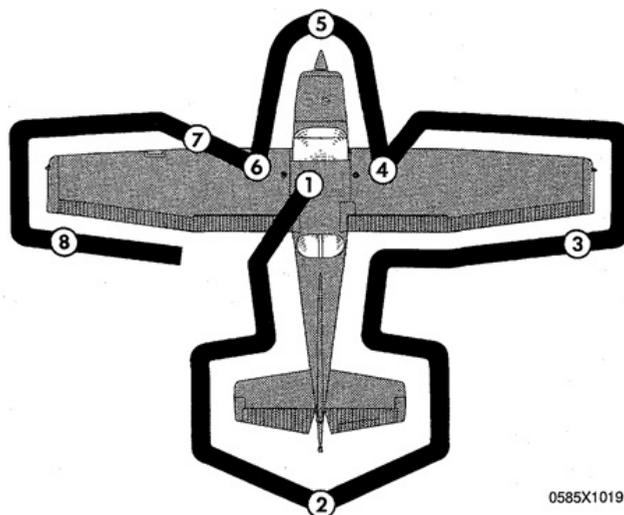
...continuación tabla 15

Generalidad	C-172 SP
Controles de vuelo	Alerones-20° arriba y 15° abajo Timón direct 16° derecha 16° izquierda Elevadores- 28° arriba y 23° abajo Aleta compen- 22° arriba y 19° abajo Flaps- 0° 10° 20° 30°
Combustible	Cap. Total - 56 galones Cap. En cada ala- 28 galones Total usable - 53 galones Avigas 100/130- Verde Avigas 100 LL- Azul
Aceite	Capacidad máxima- 9 cuartos Sump- 8 cuartos
Máximo peso certificado	Despegue-2.550 lbs En rampa- 2.258 lbs Aterrizaje- 2.550 lbs Área 1- 120 lbs y área 2-50 lbs Max en comport 1 y 2 -120 lbs
Velocidades	VNE-163 Kias VNO- 129 Kias VFE- 110 Kias-85 Kias 10 To Full VA 2.550- 105 Kias 2.200- 98 Kias 1.900- 90 Kias Chandeles- ochos 105 kt (nudos) Virajes - 95 kt Max window open 163 Kias Max viento cruzado - 15 kt Max sobre el nivel del mar -126 kt Pérdida flap up, power off - 53 kt Pérdida flap down, power off - 48 kt
Velocímetro	Arc. Rojo 20-40 Arc. Blanco 35-85 Arc. Verde 48-129 Arc. Amarillo 129-163 Arc. Rojo 163

De igual forma, en la figura 40 se evidencian las principales partes que son: la cabina (1), el empenaje (2), borde posterior del ala derecha (3), ala derecha (4), nariz (5), ala izquierda (6), borde superior del ala izquierda (7), y el borde posterior del ala izquierda (8); sin embargo, el trabajo se concentró en simular la cabina y sus elementos, puesto que el resto de los movimientos se debieron realizar con el simulador y su programa.

Figura 40

Cessna 172 Skyhawk sacado del manual de información



Nota. Cessna A Textron Company. Manual de información avión Cessna 172 S Skyhawk. Año 2004.

4.4. Identificar las herramientas necesarias para el rediseño del simulador de vuelo Cessna 172

Con base a la información recopilada, el simulador se desarrolló dentro de un fuselaje de avión CESSNA 172 de la Escuela de Aviación Policial, como se puede ver en la figura 41.

Figura 41

Fuselaje de avión



De igual forma, la arquitectura de la herramienta didáctica se basará en cinco partes:

- **Software:** se utilizó como programa principal para el control de todo el simulador el software Garmin 1000 del Cessna 172, X-Plane 10 Global o FSX, el cual suministró todo lo necesario para la representación del avión y todo su entorno sumado a todos los requisitos para la instrucción y puestos de pilotos e instructor.
- **Hardware:** se utilizaron módulos Saitek, Goflight, Simkits, Elite Rpo, Vc Simuladores, Vrinsight, para los paneles de radio, piloto automático, y comandos (tanto cuernos como pedales, aceleradores). Todos estos módulos permitieron un mayor realismo y similitud al de una cabina, un factor usualmente determinante a la hora de la certificación.
- **Periféricos:** fueron usados un total de tres computadoras dispuestas en red y conectadas a una placa divisora de video. Cada PC se ocupó de una función diferente: una para correr la simulación de cabina, otra para el sistema de visual y entorno, y la última para el puesto del instructor, sumándole a esta una impresora para el seguimiento, fallas, análisis y registro de vuelo de los alumnos.
- **Sistema visual:** se contó con un sistema de visual proyectado HD de (1) un solo canal sobre una pantalla a determinar, lo cual permitió realizar vuelos visuales en cualquier condición meteorológica simulada y en cualquier aeropuerto.
- **Estructura:** en referencia al fuselaje, interiores y aula, este debió reunir las condiciones a determinar para la instalación de todos los sistemas anteriormente mencionados a fin de evitar cualquier inconveniente y/o retraso en el proyecto.

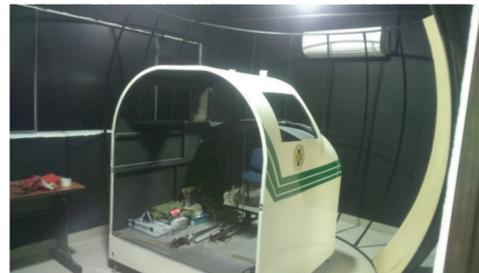
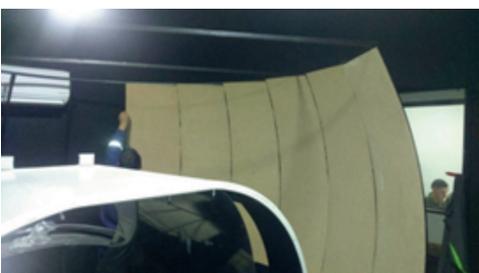
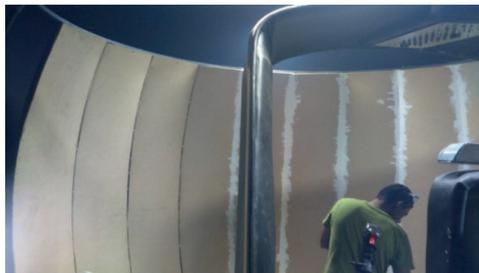
4.5. Construir el simulador de Vuelo del Avión Cessna 172 con base en el rediseño realizado y los programas elegidos para la formación de habilidades de operación instrumental análoga y digital en fase tierra de los pilotos policiales

4.5.1. Ensamble del chasis

En la tabla 17, se evidencia el ensamble del chasis de la cabina de un avión Cessna 172 real que se tenía en la ESAVI, la cual debió restaurarse a través de la elaboración del panel de mandos y pintura del simulador como del sitio donde sería instalado (domo y cuarto). Además, se debe especificar que la finalidad de la construcción era disminuir costos de fabricación y compra. De igual forma, el domo permitió recrear de forma visual los escenarios que se requieren para el estudiante piloto; esto, teniendo en cuenta la fase de tierra y vuelo, y las competencias que se requieren que aprendan o adquieran los alumnos, así como otorgar las velocidades y ángulos de giro-altitud de un avión Cessna 172 S real.

Tabla 17

Ensamble del chasis del simulador de vuelo del avión Cessna 172 S

	
<p>Construcción del Panel de Instrumentos Garmin1000 y Análogos</p>	<p>Adecuación del Panel de instrumentos</p>
	
<p>Adecuación de los Equipos Análogos</p>	<p>Instalación del Domo</p>
	
<p>Instalación de la Cubierta del Domo</p>	<p>Instalación de la Cubierta del Domo</p>
	
<p>Adecuación y forrado con masilla para Domo</p>	<p>Construcción del diseño del Domo</p>

...continuación tabla 17



4.5.2. Instalación de elementos eléctricos y electrónicos

En la figura 42, se evidencia la instalación de los elementos eléctricos y electrónicos de los paneles de mandos y motor de forma análoga y digital, los cuales permitieron enviar los datos al programa de simulación y medir las variables como la velocidad, altura, y viraje, además de la temperatura del motor, cantidad de combustible, presiones, entre otras. De igual forma, la finalidad de estos elementos fue lograr realizar la simulación de elementos reales como:

- a. Anemómetro o indicador de velocidad indicada.
- b. Altimetro.
- c. Horizonte artificial.
- d. Indicador de la velocidad vertical (variómetro).
- e. Indicador de viraje (bastón y bola).
- f. Coordinador de viraje.
- g. Medición y control de temperatura.
- h. Medición y control de la presión.
- i. Medición y control de flujo de combustible y cantidad que queda.
- j. Control y medida de la velocidad del motor.

Figura 42

Instalación de elementos eléctricos y electrónicos del simulador de vuelo del avión Cessna 172



4.5.3. Instalación software de simulación

En la tabla 18, se evidencia la instalación que se llevó a cabo del programa de simulación Fly Simulator, el cual permitió visualizar y recrear los escenarios de vuelo para el estudiante piloto, además de proveer con efectos de sonido y movimiento como velocidades, alturas, giros, entre otras cosas. También, ayudó al estudiante, a través de la repetición, a determinar falencias y mejorar competencias prácticas, y a guardar la información necesaria para la retroalimentación de los tutores a los alumnos.

El software en mención facilitó hacer seguimiento a las acciones del estudiante, incluso repetir la actividad en aras de detectar eventuales errores y mejoras en la formación de competencias desde la práctica; esto se denomina retroalimentación, en donde interactúan tanto docentes como estudiantes que, en este caso, se pueden denominar alumnos y tripulantes.

Tabla 18

Instalación del software de simulación



Adecuación de Cabina

Instalación del Garmin 1000

...continuación tabla 18



4.6. Simulador de vuelo Cessna 172 como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI

Este importante proceso de rediseño y actualización del simulador nació de la necesidad permanente que tienen los estudiantes por este elemento infaltable para el desarrollo de sus procesos académicos, puesto que permite interiorizar el pilotaje de este monomotor, propendiendo por una gran aproximación a la realidad mediante un simulador que precisamente evita los riesgos propios que tiene el uso real del avión.

De igual forma, en la ESAVI, el simulador Cessna 172 apoya y complementa la etapa teórica y práctica de sus programas académicos y especialmente la Especialización Piloto Policial, en las asignaturas que se mencionan a continuación, donde se incluyen Trabajo de Grado y Metodología de la Investigación, materias de las cuales surgió este proyecto de rediseño del simulador de vuelo que se tenía anteriormente.

- Técnicas de Vuelo por Instrumentos
- Entrenamiento de Vuelo Ala Fija (Avión)
- Trabajo de Grado
- Metodología de la Investigación

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, el Simulador Ala Fija Cessna 172 tiene un uso de aproximadamente 6 horas/día para inicios del 2021, lo cual garantiza su uso como apoyo educativo disponible a docentes, para mejorar su proceso de enseñanza, y a estudiantes. A partir de la práctica y la repetición con acompañamiento por parte del docente o de manera autónoma por parte del alumno, se busca fortalecer las debilidades y tratar de garantizar disminuir las posibilidades de accidentes e incidentes en las aeronaves reales, las cuales no sólo colocan en riesgo la seguridad operacional de la aeronave y la tripulación, sino también de las operaciones y funciones que la Policía Nacional cumple con sus aeronaves.

Para cumplir con ello, los docentes, al igual que en los dos anteriores simuladores de vuelo, cuentan con su guía de aprendizaje y prácticas, como es el caso de los docentes Mayor Julián Correa Cadavid y Mayor Jorge Eduardo Gallón Ruiz quienes dictan las asignaturas Técnicas de Vuelo y Emergencias. De acuerdo con una entrevista informal realizada, en la actualidad hacen uso de sus contenidos programáticos y manuales de programa de entrenamiento de vuelo para la asignatura de Instrumentos (figura 43). Con base en ellos, los mayores Correa y Gallón explicaron que los estudiantes llevan a cabo sus prácticas en el simulador de vuelo Cessna 172 y otros de la Escuela, con su respectivo acompañamiento, y por fuera de clase de manera autónoma. Lo anterior con la finalidad, primero, de reconocer los instrumentos y, segundo, de comprender y fortalecer su uso en los vuelos reales. De igual forma, el Mayor explicó que los simuladores no sólo se usan en etapa de tierra sino también en fase de vuelo, puesto que cada año se evalúan a los pilotos operacionales (que incluyen también a los docentes) para certificar su habilidad, conocimientos y proeficiencia en el vuelo, en caso de no ser certificados, no podrán seguir volando y deben ingresar a una etapa de reentrenamiento donde los simuladores son esenciales para fortalecer las competencias prácticas, especialmente aquellas en las que se están cumpliendo las competencias mínimas.

Figura 43

Contenido programático y manual de entrenamiento de vuelo por instrumentos de la ESAVI



Página 1 de 8	PROCEDIMIENTO DE DISEÑAR O REDISEÑAR CURRÍCULO	 POLICÍA NACIONAL
CODIGO: 2FA-FR-0001		
FECHA: 06/11/2012	ESQUEMA PARA DISEÑAR CONTENIDOS PROGRAMÁTICOS POR COMPETENCIAS	
VERSIÓN: 2		

DIRECCIÓN NACIONAL DE ESCUELAS
FACULTAD DE ESTUDIOS POLICIALES ESPECIALIZADOS

1. IDENTIFICACION DE LA ASIGNATURA.

- PROGRAMA : ESPECIALIZACIÓN PILOTO POLICIAL
- CAMPO : CIENCIAS TECNOLÓGICAS.
- ÁREA : INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AERONÁUTICAS.
- ASIGNATURA : TÉCNICAS DE VUELO POR INSTRUMENTOS.
- PERIODO ACADÉMICO : PERIODO III.
- CRÉDITO ACADÉMICO : UNO (1).

2. APOORTE DE LA ASIGNATURA A LAS SIGUIENTES COMPETENCIAS TRANSVERSALES.

- Adaptabilidad
- Aprendizaje Continuo
- Autorregulación
- Efectividad en el Servicio

También, el Mayor Correa especificó que para lograr supervisar que el estudiante realmente haga uso de los diferentes simuladores de vuelo con que cuenta la ESAVI como docentes, ellos llevan a cabo un formato o bitácora de uso de los mismos, tal y como se muestra en la figura 44. Es de recordar que en este libro solo se mencionan aquellos simuladores de vuelo que han sido construidos y rediseñados por los estudiantes de los diferentes programas académicos de la Escuela, por lo que para el simulador de Vuelo del Huey II, adquirido comercialmente por la Institución, no se hace mención.

Figura 44
Formato control de horas de instrucción de vuelo en los simuladores de la ESAVI

Nº	FECHA	GR	NOMBRE Y APELLIDO	PERSONA	PIE ESTUDIANTE	LINEA	HORA INICIO	HORA TERMINA	TOTAL HORAS	Nº MISION	INSTRUCTOR	PIE INSTRUCTOR	Nº PRACTICA	FIRMA ESTUDIANTE
01	03-16	SI	Schony, Romeo D.	E	488724	Huey II	07:30	08:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
02	03-16	PT	Juan Carlos Cordero	E	105329	Huey II	07:30	08:30	1,5	PNA	Correa	488724	1	[Signature]
03	03-16	PT	Walter Pacheco	E	784633	Huey II	07:30	08:30	1,5	PNA	Correa	488724	1	[Signature]
04	03-16	PT	Jonathan Amador	E	1A5248	Huey II	08:30	09:30	1,5	P NA	Correa	488724	1	[Signature]
05	03-16	PT	Jorge Valencia	E	110232	Huey II	08:30	09:30	1,5	P NA	Correa	488724	1	[Signature]
06	03-16	PT	Daniel Herrera	E	062404	Huey II	09:30	10:30	1,5	P NA	Correa	488724	1	[Signature]
07	03-16	PT	Daniel Herrera	E	043930	Huey II	12:30	14:30	2,0	P NA	Correa	488724	1	[Signature]
08	03-16	PT	Miguel Gonzalez	E	276239	Huey II	07:30	08:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
09	03-16	PT	Leon Gonzalez	E	367458	Huey II	07:30	08:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
10	03-16	PT	Leon Gonzalez	E	384654	Huey II	07:30	08:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
11	03-16	PT	Leon Gonzalez	E	389884	Huey II	09:30	09:30	0,0	P	Correa	488724	1	[Signature]
12	03-16	PT	Juan Carlos Cordero	E	385129	Huey II	07:30	09:00	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
13	03-16	PT	Walter Pacheco	E	385633	Huey II	09:30	11:00	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
14	03-16	PT	Jonathan Amador	E	385248	Huey II	09:30	11:00	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
15	03-16	PT	Jorge Valencia	E	385342	Huey II	09:30	11:00	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
16	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385406	Huey II	11:00	12:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
17	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
18	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
19	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
20	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
21	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
22	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
23	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
24	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
25	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
26	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
27	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
28	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
29	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]
30	03-16	PT	Daniel Herrera	E	385930	Huey II	14:00	15:30	1,5	P	Correa	488724	1	[Signature]

4.7. Conclusiones

Al terminar el proceso de rediseño e implementación del simulador de vuelo Cessna 172 se logró concluir que:

- a. Se logró establecer que se trata de un proceso que, si bien no es nuevo, sí corresponde a uno de alta complejidad donde deben ser congruentes las partes físicas con su diseño y ergonomía, incluso con sus colores, todo en aras de que el escenario de simulación sea el más real posible en cuanto a la similitud con una aeronave verdadera.
- b. Es importante hablar del realismo que debieron tener las pantallas para que el estudiante lograra definir la realidad virtual que estaría viviendo en el desarrollo de su pilotaje. Además, los colores debieron tener la mayor similitud para que así mismo sea correspondiente con la inmersión que hacen los estudiantes en el mundo real.

- c. Respecto al software, es imperativo decir que es una de las partes más importantes –es el cerebro del simulador– y se escogió el que tiene ciertas características de actualización y uso para que sea mucho más fácil para el usuario. Como se ha venido diciendo, la idea es que permita versatilidad y dinamismo para que la experiencia sea la más cercana a la realidad.

En cuanto al software e infraestructura que se utilizó para el simulador, se implementaron las debidas mejoras tecnológicas, acordes con las exigencias académicas de la Escuela de Aviación, entendiendo que hay alineación con los principios constructivistas de la educación en la Policía Nacional, donde hay posturas claras e interesantes alrededor de la premisa “aprender haciendo”. Tampoco se puede olvidar que la educación ideal del miembro de la Policía Nacional es la generación de un aprendizaje significativo a partir del desarrollo de competencias.

- d. En cuanto a este aspecto es importante agregar que la institución policial cuenta con valiosas herramientas para delimitar el contexto académico y pedagógico; de ahí que dicho contexto que se asocia incluso con el plan de estudios, las asignaturas y sus contenidos programáticos y aún, de forma más específica, las unidades y subunidades de estas, así como sus objetivos, estrategias y evaluación. Todo esto tiene una relación directa con el contexto tecnológico e involucrar estos dos componentes es quizá uno de los principales logros de esta investigación.

5. SIMULADOR DE VUELO AVIÓN 5. AIR TRACTOR AT-802

5.1. Introducción

El problema en el año 2019 radicaba en la falta de instrucción actual en cuanto al sistema de aspersión aérea para las tripulaciones en la aeronave AT-802. Esto es más evidente en la actualidad puesto que no se cuenta con los medios para dirigir la fundamentación teórica y práctica mediante un entrenador estático, como un facilitador de vuelo, que reduzca riesgos a la aeronave y a la tripulación.

Este proyecto va dirigido a los estudiantes de la Escuela de Aviación Policial, y se realiza con el fin de dar un aporte muy valioso a la Escuela, siendo este el primer entrenador en Colombia. El objeto de este proyecto se fundamenta en adaptar y adecuar el primer entrenador del avión AT-802 como herramienta práctica en la preparación de vuelo para las tripulaciones de la Escuela de Aviación Policial. A nivel nacional servirá como apoyo para el aprendizaje de los estudiantes y docentes.

Para ello se hace necesario una amplia instrucción en materia de pilotaje de dicha aeronave. Es allí donde se requiere que la Escuela de Aviación, como unidad formativa y de capacitación en la parte aeronáutica, sea la promotora en la adecuación del entrenador de vuelo de dicha aeronave, única en Latinoamérica, con el fin de capacitar, orientar y formar a los nuevos pilotos que iniciarán esta gran etapa en el Área de Aviación y Policía nacional. Para el desarrollo del proyecto, se recopiló información de diferentes fuentes que aporta al desarrollo de la estructuración de cada caracterización en los Entrenadores. Adicionalmente, permite identificar, por medio de la literatura, un adecuado diseño de cada una de las partes del entrenador con el fin de aportar información que permita construirlo de forma adecuada.

5.2. Información General del Avión Air Tractor 802 de la ESAVI

El avión Air Tractor AT-802 de la Policía Nacional es un avión monomotor de agricultura que también puede ser adaptado para la lucha aérea contra incendios y para la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia. Para el año 2021, la Institución será la en-

cargada de implementar este nuevo plan, de la mano de su Dirección de Antinarcóticos y del Área de Aviación Policial, fortaleciendo su presencia en seis núcleos de operación conformados por 124 municipios, ubicados en 14 departamentos, identificados por un estudio hecho en el marco del nuevo plan de manejo ambiental –con la creación y adecuación de tres bases principales y seis bases auxiliares desde donde operarán aviones AT-802 Air Tractor y helicópteros UH-60A/L y Huey II de escolta en misiones de erradicación (WebInfomil, 2020).

Sus características técnicas y las variables de desempeño se pueden evidenciar en las tablas 19 y 20 respectivamente (Air Tractor, 2021).

Tabla 19
Especificaciones del AT-802A

Especificación	Descripción
Tipo de Motor	P&W PT6A-65AG
SHP del Motor	1.295 @ 1.700 RPM
Hélice	Hartzell HC-B5MP-3F/M11276NS
Peso en despegue	16.000 lb (7.257 kg)
Peso en aterrizaje	16.000 lb (7.257 kg)
Peso vacío con equipo de pulverización	6.751 lb (3.062 kg)
Carga útil	9.249 lb (4.195 kg)
Capacidad de tolva	800 US gal (3.028 L)
Capacidad de combustible	254 US gal (961 L)
Envergadura	59,2 ft (18,04 m)
Área del ala	401 ft ² (37,29 m ²)

Tabla 20
Desempeño del AT-802A

Especificación	Descripción
Tipo de Motor	P&W PT6A-65AG
SHP del Motor	1.295 @ 1.700 RPM
Hélice	Hartzell HC-B5MP-3F/M11276NS
Peso en despegue	16.000 lb (7.257 kg)
Peso en aterrizaje	16.000 lb (7.257 kg)
Peso vacío con equipo de pulverización	6.751 lb (3.062 kg)
Carga útil	9.249 lb (4.195 kg)
Capacidad de tolva	800 US gal (3.028 L)

En la figura 45, se puede observar el avión AT-802 de instrucción de la ESAVI.

Figura 45

Avión AT-802 para instrucción de la ESAVI



5.2. Adaptar y Adecuar el Simulador de Vuelo Estático del Avión AT- 802

La adaptación propuesta del simulador nació como iniciativa del grupo de investigación de la ESAVI, el cual se manifestó en la adopción y adecuación de un entrenador de vuelo en una estructura de un avión AT-802. Se inició el proceso de adecuación en la estructura, puesto que la cabina proviene de un avión siniestro; esta fue recuperada para después dar inicio con la adaptación de la parte electrónica. Es de aclarar que es el primer entrenador en Latinoamérica bajo un enfoque de sistema de aspersión aérea en las fuerzas militares y de policía. Para adaptar la estructura de la cabina del simulador al espacio o área donde se va a instalar el mismo, se tuvieron en cuenta las medidas expuestas en la tabla 21, donde se pueden apreciar completamente el área de ubicación y los requerimientos mínimos que este simulador debía tener.

Tabla 21

Configuración de la Cabina del Simulador de Avión Air Tractor AT-802

Aspecto	Nombre	Dimensiones o capacidad
Dimensiones exteriores	Longitud	10,88 m
	Envergadura	18,06 m
	Altura	3,89 m
Especificaciones	Turbina	PT6A-67AG
	SHP/RPM	1.350 @ 1.700
	Hélice (Hartzell, velocidad constante, reversible)	5 aspas
	Diámetro de Hélice	2,92 m
	Peso bruto Cert x FAA	7.292 kg
	Peso aterrizaje Cert	7.292 kg
	Peso vacío	3.190 kg
Carga útil	4.000 kg	

...continuación tabla 21

Aspecto	Nombre	Dimensiones o capacidad
Capacidades	Cisterna (volumen)	3.104 lt
	Concentrado de espuma	68 lt
	Combustible	961 lt
Desempeño	Velocidad de crucero	355 kph
	Régimen de ascenso	230 mpm
	Autonomía (4 hr)	1.030 km
	Velocidad de desplome	110 kph
	Velocidad / Lanzamiento	190 kph
	Carrera de despegue	600 m
	Carrera de aterrizaje	180 m
	Velocidad de ciclos (Tiempo para aterrizar, recargar y despegar)	5 min

Para la adecuación y adaptación del simulador de vuelo At-802, se realizó la compra de componentes electrónicos y accesorios para el ensamble y uso del mismo; este cuenta con mecanismos reales de una aeronave adaptados a través de la tecnología para su buen desempeño. Es una reingeniería a la inversa, realizada a partir de una aeronave real con sus partes y su estructura con el fin de que el piloto se adapte como si estuviese sentado en una aeronave AT-802 real.

Los diferentes materiales analizados fueron fibra de vidrio y lámina de aluminio, los cuales se describen a continuación:

- a. Características físicas: entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes: es un metal ligero, cuya densidad o peso específico es de 2700 kg/m³ (2,7 veces la densidad del agua). De igual forma:
 - Tiene un punto de fusión bajo: 660°C (933 K).
 - El peso atómico del aluminio es de 26,9815.
 - Es de color blanco brillante.
 - Buen conductor del calor y de la electricidad.
 - Resistente a la corrosión gracias a la capa de Al₂O₃ formada.
 - Abundante en la naturaleza.
 - Material fácil y barato de reciclar.

- b. Características mecánicas: entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:
 - De fácil mecanizado.
 - Muy maleable; permite la producción de láminas muy delgadas.
 - Bastante dúctil; permite la fabricación de cables eléctricos.
 - Material blando (Escala de Mohs: 2-3). Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm² [160-200 MPa] en estado puro; en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm². El duraluminio es una aleación particularmente resistente.

- Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas. Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión. Material soldable.
- c. Características químicas: debido a su elevado estado de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (Alúmina Al_2O_3) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad. Esta capa protectora, de color gris mate, puede ser ampliada por electrólisis en presencia de oxalatos. El material seleccionado para la estructura básica de la cabina es el MDF (las siglas de Medium Density Fibreboard). Este material también es conocido como tablero DM (densidad media) o Tablex; es un tablero aglomerado elaborado con fibras de madera.

5.2.1. Selección Unión Cabina (Base Entrenador)

Para la cabina del entrenador, se tomó una base de un avión real AT-802, el cual se adaptó para que cumpliera las funciones como simulador de vuelo (también llamado entrenador).

5.2.2. Dimensionamiento de la Cabina

Las dimensiones de la cabina se establecieron mediante una estadística de cabinas de entrenadores estáticos con características similares, obteniendo así unas medidas generalizadas para ser utilizadas en un entrenador de vuelo genérico. En estas estadísticas se tuvieron en cuenta patrones tales como: referencia de distancias, ergonomía, espacio interior y campo visual de la tripulación. También se deben tener en cuenta los siguientes parámetros: el piloto y miembros de la cabina deben estar situados de tal forma que alcancen todos los controles de vuelo de la cabina de forma cómoda desde un punto de referencia.

De igual forma, el piloto y miembros de la cabina deben tener completa visibilidad de los instrumentos de vuelo. Si bien no se va a volar, la visibilidad desde el interior de la cabina debe cumplir con los mínimos requerimientos. Esto se puede generar por medio de un video beam el cual proyectará un ambiente de vuelo, logrando así un entrenamiento inmersivo completo. En las tablas 22 y 23, se pueden observar las medidas estándar de un miembro masculino en pie de la tripulación, las cuales son de gran ayuda para determinar el tamaño de una cabina genérica.

5.2.3. Determinación de la Visibilidad de la Cabina

Para determinar los ángulos de visibilidad del piloto fue necesario tener en cuenta los siguientes pasos: Localizar el punto C en el eje de visión horizontal, como se indica en la figura 46, asegurándose que la distancia LC se encuentre entre los rangos establecidos.

Tabla 22

Dimensiones y pesos para un miembro de la tripulación masculino

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1.600	870	230	300	620	350	435	850	140	760	300
1.750	920	255	335	685	390	475	950	150	805	330
1.900	990	280	370	750	430	515	1050	160	875	360
L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1.600	300	50	200	190	260	80	25	20	20	
1.750	325	60	220	200	270	90	30	30	20	
1.900	350	70	240	210	280	100	30	30	20	

Nota: ancho del cuerpo a través de los hombros: 533 mm, a través de los codos: 561 mm, a través de las caderas: 457 mm

Tabla 23

Peso de los componentes del cuerpo para un piloto masculino, con un peso de 179.36lbs

Componente del cuerpo	Peso en libras
Cabeza y cuello	15
Torso superior	49
Torso inferior	283
Parte superior de las piernas	39,9
Parte inferior de las piernas y pies	29,8
Parte superior de los brazos	9,9
Parte inferior de los brazos y manos	7,7
Total	179,3

Nota. Roskam. Airplane design parte III, Año 2002. <http://library.lol/main/4e818674f0b489e4f12aab-5521bb98d1>

De igual forma, se utilizó un domo con las medidas a continuación descritas, así como los siguientes accesorios: espejo panorámico domo 180°, espejos panorámicos del tipo domo convexo de alta resistencia, flexible y larga durabilidad, aptos para todo tipo de sectores (estacionamientos, bodegas, supermercados, entre otros). Muy buena visibilidad bajo diferentes ángulos de visión.

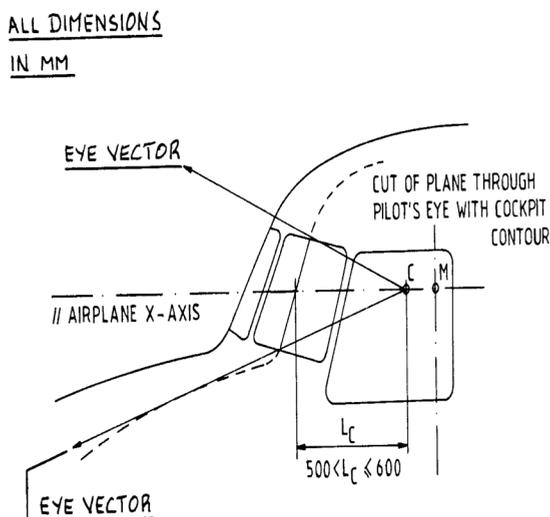
5.3. Características y propiedades del simulador de vuelo

Las principales características y propiedades se describen a continuación:

- Material: lámina de policarbonato; soporte de anclajes: metálico.
- Diámetro: 0,60 m.

Figura 46

Definición de los vectores radiales del ojo



Nota. Roskam. Airplane design parte III, Año 2002. <http://library.lol/main/4e818674f0b489e4f12aab-5521bb98d1>

- Tipo visibilidad: 180°.
- Peso espejos domo: 440 gr.
- Colores: plateado.
- Tipo de anclaje: fijación para apernar a muro o colgar del cielo.
- Usos y aplicaciones: ideal para ser utilizado en estacionamientos subterráneos o sectores con mala visibilidad, salidas de condominios, supermercados, bodegas, interior de oficinas, entre otros.

5.4. Software de simulación

Para reducir costos y pensando en la simplicidad en cuanto a programación, fue escogido en medio de muchas otras opciones, el simulador de vuelo X-Plane 11. Este simulador permite implementar un modelo aerodinámico, ofreciendo una experiencia mucho más realista y envolvente. Este contiene las siguientes características:

- Interfaz de usuario y controles de configuración rediseñados.
- Aeronaves con cabinas 3D y documentación detallada.
- Aeropuertos poblados con aeronaves estáticas y con actividad aeroportuaria.

El objetivo del proyecto fue crear un sofisticado simulador de vuelo para su uso en el entorno académico o de investigación, para el desarrollo y búsqueda de otras ideas interesantes de simulación aérea, y como aplicación para el usuario final. Además, se

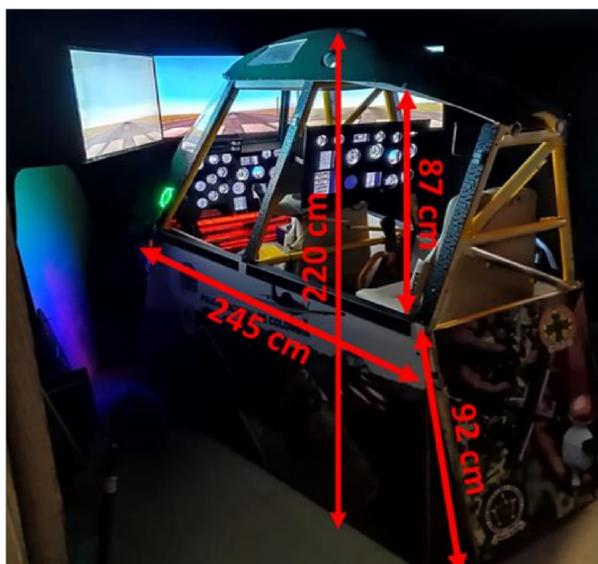
desarrolló un entorno abierto y sofisticado de simulación que puede ser aumentado y mejorado por cualquier persona interesada en contribuir.

5.5. Medidas del simulador de vuelo AT-802

En la figura 47, se aprecian las medidas que se tomaron de acuerdo con el área en la que funciona el entrenador.

Figura 47

Medidas del entrenador de vuelo



5.6. Ensamble del Simulador de Vuelo

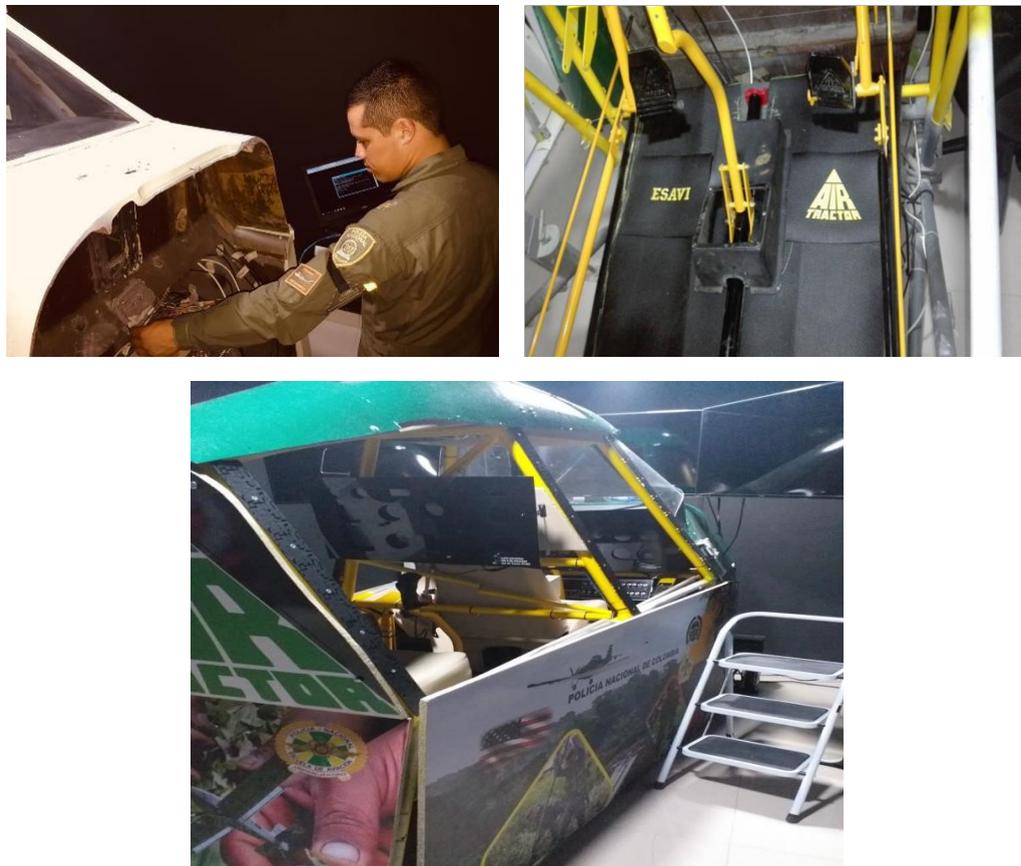
En la figura 48, se evidencia el simulador de vuelo AT-802 construido con sus respectivas conexiones eléctricas y electrónicas, silla del estudiante, pedales y cabina con tableros de mandos, así como los respectivos logos de la ESAVI y la Empresa Air Tractor.

5.7. Prueba piloto de la ejecución del entrenador con un instructor y un estudiante del área para verificar su funcionamiento

En la figura 49, se evidencia una prueba piloto realizada por parte de un instructor y estudiante de la ESAVI, esto con el propósito de verificar el software y el funcionamiento de cada uno de los instrumentos que hacen parte del simulador de vuelo. De igual forma, dicha prueba consistió en hacer movimientos coordinados de los instrumentos de vuelo; se determina así que el programa Xplane 11 no presenta fallas en el desarrollo

Figura 48

Simulador de vuelo AT-802 terminado



de la prueba. Adicionalmente, el instructor manifiesta que el simulador se encontraba en condiciones favorables para la capacitación con estudiantes en fase de vuelo y que permitía a la Institución generar otros espacios para fortalecer sus competencias.

En la figura 50, se evidencia una prueba de los controles de mando del simulador de vuelo piloto realizada al instructor y a los estudiantes, donde se verificó que los movimientos y conexiones estuvieran coordinados con el programa de simulación. Asimismo, se verificó presión y contrapresión de los pedales y movimientos de los controles de potencia con el fin de verificar que cada uno de ellos se encontraran funcionales para las capacitaciones de los estudiantes.

En la figura 51, se puede observar la estructura completa del simulador que incluye dos sillas para la operación. También se generó una prueba del software del simulador,

Figura 49

Funcionamiento del simulador de vuelo estático del avión AT-802. Panel de instrumentos de vuelo piloto



Figura 50

Imagen funcionamiento del Entrenador de vuelo estático del avión AT-802 con piloto y copiloto



Figura 51

Imagen estructura del simulador de vuelo estático del avión AT-802



la cual se realizó con la finalidad de identificar las posibles fallas, demoras o bloqueos por las actualizaciones del programa. Durante dicha prueba, el simulador no generó ningún error, sobresaliendo como una herramienta de gran importancia para la capacitación de los estudiantes en fase de vuelo.

5.8. Simulador de vuelo AT-802 como estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI

Este importante proceso de diseño e implementación del simulador nació de la necesidad permanente que tienen los estudiantes de desarrollar sus procesos académicos a través de la práctica por repetición con una gran aproximación a la realidad mediante un simulador que, precisamente, evite los riesgos propios que tiene el uso real del avión.

De igual forma en la ESAVI, el simulador AT-802 apoya y complementa la etapa teórica y práctica de sus programas académicos, especialmente en la Especialización Piloto Policial y en las asignaturas que se mencionan a continuación, entre las cuales están Trabajo de Grado y Metodología de la Investigación, de las cuales surgió este proyecto de diseño e implementación del simulador de vuelo.

- Técnicas de Vuelo por Instrumentos.
- Entrenamiento de Vuelo Ala Fija (Avión).
- Trabajo de Grado.
- Metodología de la Investigación.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, el Simulador Ala Fija AT-802 tiene un uso de aproximadamente 4 horas/día para inicios del año 2021, lo cual garantiza su uso como apoyo educativo disponible para que los docentes mejoren su proceso de enseñanza y a su vez el del estudiante mediante la práctica y la repetición con acompañamiento (por parte del docente) o de manera autónoma (por parte del alumno). Lo anterior busca fortalecer las debilidades y tratar de garantizar la reducción en la tasa de accidentes e incidentes en las aeronaves reales, las cuales no sólo colocan en riesgo la seguridad operacional de la aeronave y la tripulación, sino también de las operaciones y funciones que la Policía Nacional cumple con sus aeronaves.

Para cumplir con ello, los docentes, al igual que los tres anteriores simuladores de vuelo, cuentan con su guía de aprendizaje y prácticas, y el formato o bitácora de uso de los mismos. Además, al ser el primer simulador de vuelo de este tipo en Latinoamérica, permite también a estudiantes de otros países lograr realizar sus prácticas a partir de convenios con otras instituciones extranjeras y, con ella, la respectiva movilidad, no sólo de alumnos sino también de docentes. Finalmente, se debe recordar que el avión Air Tractor 802 normalmente se adapta para los programas de erradicación de cultivos ilícitos y la lucha contra incendios a nivel mundial.

5.9. Conclusiones

Al terminar el proceso de diseño e implementación del simulador de vuelo AT-802 se logró concluir que:

- a. Uno de los aspectos fundamentales de los entrenadores es fomentar los conocimientos prácticos y teóricos de los estudiantes de aviación, puesto que se fortalecen las competencias en cada uno de ellos. Por lo tanto, y como referencia, se construye el entrenador de la aeronave AT-802, el cual será parte fundamental de la Escuela de Aviación Policial, siendo el primero a nivel nacional y, por ende, un avance tanto educativo como tecnológico para la Escuela.
- b. Para el diseño de la propuesta del entrenador se revisaron diferentes teorías basadas en la literatura con el fin buscar la metodología más adecuada para su construcción. Cabe resaltar que, para lograr el diseño estructural de una cabina de vuelo, se debió tener en cuenta la selección del material en que se va a construir, ya que este no debe ser aerodinámico, pero sí liviano y resistente para soportar cargas aplicadas en ciertos puntos en el momento que se genera el movimiento sin presentar ningún tipo de deformación.

- c. Si se analiza el impacto medioambiental del proyecto es bajo, puesto que se trató de un proyecto en su mayor parte de programación. El único consumo sería el de la energía eléctrica que necesitan los equipos donde corre el código de la aplicación.
- d. Un entrenador de vuelo es un sistema que intenta replicar, o simular, la experiencia de volar una aeronave de la forma más precisa y realista posible. Los diferentes tipos de entrenadores de vuelo van desde videojuegos hasta réplicas de cabinas en tamaño real montadas en actuadores hidráulicos (o electromecánicos), controlados por sistemas modernos computarizados. Los entrenadores de vuelo son muy utilizados para el entrenamiento de pilotos en la industria de la aviación, para la simulación de desastres o fallas en vuelo y para el desarrollo de aeronaves.

Conclusiones Generales

De acuerdo con la literatura recopilada y analizada sobre la importancia y relevancia de los simuladores de vuelo, estos buscan no sólo convertirse en una estrategia pedagógica y didáctica para las instituciones que forman pilotos en aviación sino también lograr ahorros económicos y fortalecer la seguridad operacional de las aeronaves y su tripulación al disminuir la posibilidad de accidentes e incidentes, al permitir al estudiante, a través de la práctica por repetición, lograr mejorar las debilidades en las competencias laborales que deben tener para lograr un adecuado desempeño laboral. Teniendo en cuenta lo anterior, los simuladores de vuelo implementados, rediseñados y utilizados en la ESAVI permiten dichas prácticas de campo y laboratorios en las asignaturas que tienen sus diferentes programas, donde se destaca la Especialización Piloto Policial en la que, con el respectivo acompañamiento permanente de los docentes, se adquieren las competencias prácticas y resultados de aprendizaje. Todo esto busca evitar a futuro fallas humanas en las aeronaves reales y, de esta manera, asegurar su seguridad operacional y la de su tripulación.

Se delimitan los simuladores de vuelo como una estrategia pedagógica y didáctica en la ESAVI, fundamental para el proceso de enseñanza-aprendizaje, dado que, además de fortalecer el proceso de los programas académicos con que cuenta la Escuela, también permite fortalecer los proyectos de investigación gracias a las actualizaciones que se requieran de los simuladores, y de la proyección social con base a la formación de talento humano de la comunidad en general y de otras instituciones de policía a nivel internacional.

Por otro lado, las estadísticas de uso evidencian el manejo continuo por parte de los docentes y estudiantes de la ESAVI, permitiendo con esto ahorros económicos en combustible y horas de vuelo de aeronaves reales, las cuales posteriormente los estudiantes podrán realizar con una probabilidad reducida en fallas humanas. Esto busca también fortalecer las operaciones y funciones sustantivas de la Policía Nacional como la seguridad y apoyo a la comunidad en general.

Finalmente, los resultados obtenidos en estos proyectos de investigación que condujeron a la implementación de dos (2) simuladores de vuelo virtual como el IVAO y el Air Tractor AT-802, y el rediseño de dos (2) simuladores de vuelo físicos como lo son el Bell 206, Cessna 172, indican el fortalecimiento del área de investigación que está teniendo en la actualidad la ESAVI y por ende la misma Policía Nacional, permitiendo con ello también su posicionamiento e imagen institucional a nivel local, nacional e internacional, siendo coherentes con la misión y visión de la Institución.

Limitaciones

Las limitaciones en estos proyectos de investigación de los simuladores de vuelo son las siguientes:

1. Debido a que solo se tiene un simulador de vuelo por instrucción, y teniendo en cuenta la gran cantidad de estudiantes que se tiene en los programas académicos la ESAVI por año, se hace complejo a veces un mayor uso del tiempo en los mismos por parte de los alumnos. Además, también se hace difícil que estudiantes de otras instituciones o escuelas a nivel nacional e internacional los puedan usar en los cursos de entrenamiento o reentrenamiento que podrían ser ofrecidos por la ESAVI.

2. El uso constante de los simuladores de vuelo en muchas ocasiones no permite su adecuado mantenimiento, lo cual coloca en riesgo que el simulador genere fallas, ya sean mecánicas o eléctricas, que pudiesen dejarlo fuera de servicio. Por otro lado, buscando con ello que el vuelo simulado sea lo más real posible, se requiere calibrarlo por lo menos una vez al año para garantizar la precisión y efectividad de sus instrumentos y demás componentes.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados de estas investigaciones en diseño o rediseño e implementación de los simuladores de vuelo en la ESAVI, se recomienda una actualización tecnológica de los mismos, puesto que, posterior a tres años, los componentes se vuelven obsoletos, sin mencionar que están apareciendo avances de forma constante que van desde su programación hasta las mejoras en las mismas aeronaves por parte de sus empresas fabricantes, lo cual coloca en riesgo que los estudiantes no tengan la posibilidad de utilizar y operar dichos elementos o componentes.

Los resultados de estos proyectos de investigación pueden convertirse en un referente para un futuro estudio de factibilidad, el cual permita tener en cuenta los simuladores de vuelo como una estrategia pedagógica y didáctica para las instituciones de formación de pilotos de aviación, tal y como lo estipula el marco normativo en aeronáutica –no sólo a nivel nacional sino también internacional. También, los resultados obtenidos permiten determinar que hace falta una mayor cantidad de simuladores de vuelo en la ESAVI y escuela de formación en general, no sólo de los que ya se tienen construidos por los estudiantes a través de proyectos de investigación sino también los comerciales,

puesto que se busca mejorar la cantidad de horas de uso de los mismos por parte de los estudiantes de los diferentes programas académicos y en general de las formaciones en pilotos de aviación por parte de otras instituciones comerciales.

Se recomienda que la Policía Nacional y específicamente la ESAVI elabore un programa de entrenamiento o capacitación para la comunidad en general a través de la proyección social, ya que se hace indispensable realizar el posicionamiento institucional. Por otro lado, también es vital lograr que los niños y niñas, jóvenes y adultos puedan usar de forma adecuada su tiempo libre; a partir de dichos programas lograr generar la semilla, el sueño de poder pertenecer a la Policía.

Se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los simuladores de vuelo, el cual permita mantener su operación y confiabilidad para el uso por parte de los docentes y estudiantes. Asimismo, el programa debe incluir la calibración por lo menos una vez cada seis meses de los simuladores de vuelo, buscando la mayor eficiencia en las mediciones de sus componentes, sobre todo de los instrumentos de vuelo.

Finalmente, se debe establecer un programa de entrenamiento y reentrenamiento para docentes y estudiantes de programas académicos como la Especialización Piloto Policial y la Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico, el cual incluya los simuladores de vuelo como una estrategia pedagógica y didáctica fundamental para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, este debe permitir lograr realizar cursos equivalentes, también llamados espejo, con otras instituciones, tanto académicas como comerciales, a nivel nacional e internacional, buscando con ello mayor cantidad de ingresos económicos a la ESAVI que contribuyan con el mismo fortalecimiento de sus instalaciones y apoyos educativos con que se cuenta en la actualidad.

Futuros Trabajos

Se propone, dentro de los proyectos a futuro en esta línea de investigación para la ESAVI, lograr construir mayor cantidad de simuladores de vuelo similares a los existentes, así como otros que se requieran para la formación de pilotos policiales, no sólo a nivel nacional sino también internacional, lo cual debe garantizar mayor cantidad de horas de vuelo simulado y programas de entrenamiento y reentrenamiento para docentes y alumnos extranjeros. De igual forma, se deben continuar con proyectos de investigación orientados a rediseñar y actualizar los simuladores de vuelo ya existentes buscando mejoras tecnológicas y nuevos componentes de las aeronaves reales creados por parte de sus empresas fabricantes.

REFERENCIAS

- Air Tractor. (2021). AT-802A: *Para la alta rentabilidad de la producción*. <https://airtractor.com/es/aircraft/at-802a/>
- Baldwin, T., & Ford, J. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. *Personnel psychology*, 41(1), 63-105.
- Bell Helicopter A textron Company. (2007). *Manual de Vuelo Helicópteros Bell 206B3*. Calgary, Canada: Bell Helicopter A textron Company.
- Diario El Español. (17 de 10 de 2016, p.1). [www.elespanol.com](http://www.elespanol.com/ciencia/tecnologia/20161014/162984564_0.html). https://www.elespanol.com/ciencia/tecnologia/20161014/162984564_0.html
- Dowling, S. (27 de Febrero de 2018). *El Cessna 172 Skyhawk, un avión tan seguro que se sigue fabricando casi idéntico 60 años después*. <http://www.bbc.com/mundo/noticias-39207463>
- Empresa Fast Track Aviation. (16 de Noviembre de 2015). *Los simuladores de vuelo, su gran importancia en el entrenamiento de pilotos*. <https://www.ftaviation.com.co/importancia-de-simuladores-de-vuelo/>
- Escuela de Aviación Policial -ESAVI. (s.f.). *Manual del operador Helicóptero Bell Ranger 206 B3*. Escuela de Aviación Policial.
- Farmer, E., Van Rooij, J., Riemersma, J., & Jorna, P. (2017). *Handbook of simulator-based training*. Routledge.
- Flórez Medina, P. L. (2020). *Tesis de Especialización "Gestión de la Tecnología en los Simuladores de Vuelo de Las Escuelas De Formación"*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/35231>
- Gómez, L. M. (2004). Entrenamiento basado en la simulación, una herramienta de enseñanza y aprendizaje. *Revista Colombiana de Anestesiología*, XXXII(3), 201-208.
- Grossman, R., & Salas, E. (2011). The transfer of training: what really matters. *International Journal of Training and*, 15(2), 103-120.
- Janky, F., Fable, E., Englberger, M., & Treutterera, W. (2021). Validation of the Fenix ASDEX Upgrade flight simulator. *Fusion Engineering and Design*, 163, 112-126.
- Liu, D., Blickensderfer, E., Macchiarella, N., & Vincenzi, D. (2008). Transfer of training. *Human factors in simulation and*, 49-60.
- Ministerio de Defensa Nacional-Policía Nacional. (2020). *Resolución 02078 de 2020 "Por la cual se expide el Manual de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Policía Nacional de Colombia"*. Ministerio de Defensa Nacional - Policía Nacional. <https://www.cour>

- sehero.com/file/59978732/RESOLUCION-06706-DEL-291217-MANUAL-CIENCIA-Y-TECNOLOGIA1-1pdf/
- Ministerio de Educación Nacional. (25 de Julio de 2019). Decreto 1330 de 2019. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articulos-387348_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (19 de Noviembre de 2020). Resolución 021795 de 2020. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-402045_pdf.pdf
- Otálora Castañeda, J. (2013). *Tesis de Especialización "Volando en la tierra: Los simuladores de vuelo dentro de la actividad aérea"*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/10441>
- Palomish, G. (31 de Agosto de 2011). *Ventajas y desventajas de los simuladores*. <https://es.scribd.com/doc/63618077/Ventajas-y-Desventajas-de-Los-Simuladores>
- Policía Nacional de Colombia. (2013). *Proyecto Educativo Institucional*. Policía Nacional de Colombia.
- Policía Nacional de Colombia. (08 de Noviembre de 2016). <https://www.policia.gov.co/noticia/la-policia-hace-uso-de-las-nuevas-tecnologias>
- Policía Nacional de Colombia. (2016). *Resolución número 07954 del 09 de Diciembre del 2016 "Manual del Sistema de Gestión de Seguridad de la información para la Policía Nacional"*. Policía Nacional de Colombia.
- Policía Nacional de Colombia. (11 de Febrero de 2018). *Componente Aeronáutico de la Aviación Policial*. <https://www.policia.gov.co/especializados/aviacion/aeronaves>
- Policía Nacional de Colombia. (s.f.). *La Política Estratégica Educativa "Sistema Educativo Policial"*. Policía Nacional de Colombia. <https://docplayer.es/9018424-Tomo-4-policia-nacional-direccion-general-la-politica.html>
- Ramírez Chávez, R. (2015). *Tesis de Maestría "Capacitación con simuladores de vuelo para pilotos de la Fuerza Aérea en un Ambiente de Aprendizaje Combinado"*. Zapopan, Jal. México: Tecnológico de Monterrey. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/626492>
- Roscoe, S., & Williges, B. H. (1980). Measurement of transfer of training. *Aviation psychology*, 182-193.
- Roskam, J. (2002). *Airplane Design Part III: Layout design of cockpit, fuselage, wing and empennage: cutaways and inboard profiles*. DARCorporation.
- Saastamoinen, K., & Maunula, K. (2021). Usefulness of flight simulator as a part of military pilots training – case study: Grob G 115E. *Procedia Computer Science*, 192, 1670-1676. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.171>
- Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil-AEROCIVIL. (2017). *Alerta de Seguridad Operacional No. 8 dekl 26 de Marzo de 2017*. Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil.
- Villamil Rico, L. C., Avella Rodríguez, E. J., & Tenorio Melo, J. A. (2018). Simuladores de vuelo: una revisión. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(2), 138-149. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.606>
- WebInfomil. (2020). *Policía de Colombia perdió en accidente uno de los aviones Air Tractor AT-802 destinados a fumigar los cultivos ilícitos*. <https://www.webinfomil.com/2021/02/policia-de-colombia-perdio-en-accidente.html>
- WH International. (11 de Enero de 2017). *Aviación de la Policía Nacional de Colombia*. <http://www.warheat.com/web/aviacion-de-la-policia-nacional-de-colombia/>

ÍNDICE ALFABÉTICO

B

Bell 206 BIII: 4,10,12,13,17,18,41,44,45,47,48,50,58,63,66

C

Cessna 172: 4,11,14,16,18,24,25,26,81,82,83,84,86,87,88,90,91,92,93,108,111

Competencias: 2,4,8,16,17,18,20,21,22,23,25,29,38,39,41,48,49,66,79,87,90,92,94,103,106,107

D

Didáctica: 1,2,4,8,10,11,12,17,18,19,20,21,22,25,37,38,41,66,79,87,91,105,107,108,109

E

Enseñanza aprendizaje: 18

Estrategia: 1,2,3,4,8,10,11,12,17,18,19,20,21,22,25,27,37,38,41,66,91,94,105,107,108,109

F

Fallas humanas: 2,4,8,48,107

I

IVAO: 6,10,13,14,15,17,18,24,29,30,31,33,34,36,37,108

M

Maniobras: 10,16,17,20,39,41,48,49,50,58,65,66

P

Pedagógica: 1,2,3,4,8,10,11,12,17,18,19,20,21,25,37,38,41,66,91,105,107,108,109

Pilotos policiales: 4,8,11,18,26,37,69,87,109

S

Seguridad operacional: 4,8,17,20,21,23,25,29,37,48,49,91,106,107,112

Simuladores: 1,2,3,4,7,8,9,10,12,14,16,17,18,19,20,21,23,24,25,27,29,37,38,81,87,92,93,106,107,108,109,111,112

