

**Estrategia didáctica digital para el entrenamiento de competencias no técnicas en los
pilotos de ARP de la FAC**

Juan Sebastián Restrepo Ángel

Escuela de educación, Universidad Sergio Arboleda

Maestría en Didáctica Digital

Mtr. Jhon Camacho Onoa

09 de agosto de 2024

Tabla de contenido

Resumen.....	4
Abstract	6
Introducción	7
Capítulo 1.....	10
1.1. Situación problema a intervenir	10
1.2. Estado del arte.....	15
1.3. Pregunta problema	25
1.4. Justificación de la pregunta.....	26
1.5. Objetivo General.....	29
1.6. Objetivos específicos	29
Capítulo 2.....	30
2.1 Marco teórico	30
2.2 Marco legal.....	41
Capítulo 3.....	43
3.1 Metodología (Diseño metodológico)	43
3.2 Diseño de intervención.....	48
3.3 Técnicas e instrumentos	49
3.4 Cronograma	53

Capítulo 4.....	54
4.1 Resultados	54
4.1.1 Fase 1. Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con las competencias no técnicas requeridas para la operación militar.	54
4.1.2 Fase 2. Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctico digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP.....	62
4.1.3 Fase 3. Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en factores humanos por parte de los pilotos de los sistemas ARP.....	70
4.1.4 Presentación de la propuesta.....	72
Capítulo 5.....	92
5.1 Conclusiones	92
5.2 Recomendaciones.....	97
5.3 Referencias	99
ANEXOS	110
Anexo 1. Matriz de estado del arte	110
Anexo 2. Técnicas e instrumentos de investigación.	114
Anexo 3. Cronograma.....	118
Anexo 4. Resultados aplicación de instrumentos	119

Lista de figuras

Figura 1 Categorías de análisis teórico	30
Figura 2 Modelo TPACK	33
Figura 3 Metodología de investigación.....	43
Figura 4 Lienzo de experiencia d aprendizaje	73
Figura 5 Fotografía simulador de vuelo Scaneagle	77

Lista de tablas

Tabla 1 Publicaciones de alto impacto categoría “Didáctica digital en la educación militar”	16
Tabla 2 Publicaciones de alto impacto categoría “Competencias no técnicas en la aviación remotamente pilotada”	19
Tabla 3 “Pilotos de ARP de la FAC”	24
Tabla 4 Clasificación de aeronaves no tripuladas.....	35
Tabla 5 Fases de la investigación.....	49
Tabla 6 Aplicación instrumento - Guía de observación.....	50
Tabla 7 Matriz de análisis - Instrumento de observación	59
Tabla 8 Conclusión guía de observación en campo.....	60
Tabla 9 Matriz DOFA: Resultados fase I.	61
Tabla 10 Consideraciones para el desarrollo de la propuesta.....	71
Tabla 11 Modelo de escenario de entrenamiento competencias no técnicas.....	82
Tabla 12 Indicadores de comportamiento competencias no técnicas	85
Tabla 13 Prototipo de escenario de entrenamiento	90
Tabla 14 Prototipo de escenario de entrenamiento	91

Resumen

La operación de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (S-ARP) requiere de pilotos con formación en competencias técnicas y no técnicas. Esta investigación cualitativa desarrolla una estrategia didáctica digital para entrenar las competencias no técnicas en pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC). El estudio abarca tres objetivos principales: determinar las falencias en el entrenamiento de competencias no técnicas mediante un proceso de observación en campo; establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctica digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP a partir de un análisis documental; y definir un prototipo de experiencia de aprendizaje desde la aplicación de las buenas prácticas obtenidas con la revisión documental sobre los hallazgos obtenidos en el campo.

La estrategia didáctica digital fue diseñada en etapas que incluyen análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación, utilizando tecnologías digitales avanzadas como un simulador de vuelo y metodologías pedagógicas centradas en el estudiante. El prototipo de experiencia de aprendizaje incluye simulaciones interactivas que mejoran la preparación y competencia de los pilotos. Con la implementación de la estrategia se espera obtener resultados que muestren su efectividad para fortalecer las competencias no técnicas y mejorar la seguridad y eficiencia en las operaciones de ARP.

Palabras clave: Competencias no técnicas, sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, estrategia didáctica digital, pilotos, Fuerza Aérea Colombiana, simulación de vuelo.

Abstract

Operating Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) requires pilots with both technical and non-technical skills. This qualitative research develops a digital didactic strategy to train non-technical competencies in pilots of the Colombian Air Force (COLAF). The study focuses on three main objectives: identifying deficiencies in non-technical training through field observation; constructing a digital didactic strategy based on documentary analysis; and defining a learning experience prototype by integrating best practices from both documentary review and field findings.

The digital didactic strategy was designed in stages including analysis, design, development, implementation, and evaluation, utilizing advanced digital technologies such as flight simulators and student-centered pedagogical methods. The learning experience prototype features interactive simulations to enhance pilot preparation and competency. The implementation of this strategy aims to demonstrate its effectiveness in strengthening non-technical competencies and improving safety and efficiency in RPAS operations.

Keywords: Non-technical competencies, Remotely Piloted Aircraft Systems, digital didactic strategy, pilots, Colombian Air Force, flight simulation.

Introducción

En el contexto actual, la operación de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) se ha convertido en una competencia crucial para las fuerzas militares a nivel mundial. Estos sistemas, debido a su avanzada tecnología y capacidad para realizar misiones complejas, requieren de pilotos altamente capacitados no solo en habilidades técnicas, sino también en competencias no técnicas que aseguren una operación eficiente y segura (Haider, 2014).

Las competencias no técnicas se definen como las habilidades sociales (trabajo en equipo, liderazgo, comunicación), cognitivas (conciencia situacional, toma de decisiones, preparación cognitiva, gestión de tareas) y de gestión personal (gestión del estrés y la fatiga) necesarias para un desempeño seguro y efectivo. Estas habilidades han sido identificadas como importantes en una variedad de industrias de alto riesgo, en las que se incluye la aviación. (University of Aberdeen, s.f.).

La presente investigación se enmarca en la necesidad de desarrollar una estrategia didáctica digital que entrene a los pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en estas competencias no técnicas. A través de un enfoque cualitativo, se busca diseñar y prototipar una experiencia de aprendizaje que responda a las necesidades específicas de formación de los pilotos de ARP. Para alcanzar este objetivo, la investigación se estructura en torno a tres objetivos específicos: primero, analizar las falencias que se presentan en el entrenamiento de las competencias no técnicas requeridas para la operación de sistemas ARP; segundo, establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctica digital; y tercero, definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en dichas competencias.

El primer objetivo se centra en identificar las competencias no técnicas necesarias, basándose en una observación en campo, un análisis de la literatura existente y la revisión de

prácticas actuales en la instrucción de pilotos de ARP. Este análisis permite comprender las habilidades clave que deben ser desarrolladas y proporciona una base sólida para las etapas subsiguientes de la investigación.

El segundo objetivo implica el diseño de una estrategia didáctica digital a partir de un marco teórico establecido, que incluye las etapas de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Cada una de estas etapas se desarrolla en detalle, considerando tanto las teorías pedagógicas como las necesidades específicas del contexto educativo de los pilotos de ARP. Para lo cual, también se efectuó la revisión de la malla curricular de los programas de instrucción y entrenamiento de la FAC, aportando un enfoque contextualizado y específico a la formación de pilotos de ARP.

Por otra parte, el tercer objetivo busca concretar un prototipo de experiencia de aprendizaje, integrando los hallazgos del análisis inicial con las mejores prácticas identificadas en la construcción de la estrategia didáctica. Este prototipo se diseña para ser interactivo y atractivo, empleando los simuladores de vuelo existentes en la FAC, para llevar a cabo escenarios de entrenamiento con base en situaciones reales que promueven un aprendizaje significativo y aplicable en el contexto operativo de los pilotos de ARP.

En conclusión, el prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en competencias no técnicas de los pilotos de sistemas ARP se basa en un análisis riguroso de necesidades, un diseño pedagógico centrado en el estudiante, el uso innovador de tecnologías digitales, una implementación cuidadosa y una evaluación continua. Este enfoque holístico asegura que el prototipo no solo sea efectivo en mejorar las competencias no técnicas de los pilotos, sino que también sea adaptable y sostenible en el tiempo, contribuyendo significativamente a la seguridad y eficiencia de las operaciones de sistemas ARP

La implementación de esta estrategia didáctica digital representará un avance importante en la preparación de pilotos capaces de enfrentar los desafíos de las misiones de ARP con un alto nivel de competencia y profesionalismo.

Capítulo 1.

1.1. Situación problema a intervenir

Actualmente la FAC cuenta con alrededor de 80 pilotos de Aeronaves Remotamente Pilotadas, los cuales, durante su proceso de instrucción, reciben una capacitación en conocimientos aeronáuticos, conocimientos técnicos específicos del equipo que volará, entrenamiento en simulador de vuelo y un periodo de vuelo con el equipo real. Asimismo, cada año el personal de pilotos efectúa un entrenamiento recurrente con el que se valida su aptitud técnica para continuar con su autonomía en el desarrollo de operaciones con los sistemas de ARP (FAC, 2024).

Aunque el vuelo de ARP no implica la presencia física del piloto a bordo, es crucial desarrollar habilidades no técnicas para manejar situaciones rutinarias e imprevistas que puedan surgir durante el vuelo. De acuerdo con Wenjuan, Feltner, Shirley, Swangnetr y Kaber (2016), se estima que entre el 21% y el 67% de los accidentes aéreos con sistemas de ARP militares, tienen como causa directa los factores humanos dependiendo del equipo implicado. De allí que el entrenamiento de competencias no técnicas en los pilotos de estas aeronaves es fundamental para garantizar operaciones seguras y eficientes.

Datos que se pueden respaldar además con otros trabajos, como el de Wild et al. (2017), en donde estudiaron 152 casos relacionados con accidentes (74%) o incidentes (26%) de ARP ocurridos en un período de 10 años (2006 a 2015) a nivel mundial, obteniendo entre sus resultados que el factor humano es el segundo factor contribuyente más común con un 23%. En cuanto a las fases de vuelo en donde se presentaron los eventos, el estudio demostró que el 45% de los casos ocurrieron en crucero, el 30% de los casos ocurrieron en el despegue y el 25% de los

casos ocurrieron durante el aterrizaje. Asimismo, el porcentaje de casos que ocurrieron durante el día fue del 70% mientras que el porcentaje de casos que ocurrieron durante la noche fue del 30%.

Para el caso de la aviación militar en Colombia, López (2014) afirma que el 10.2% de la accidentalidad de las ARP es causada por errores del piloto, específicamente asociados a la toma de decisiones. Aunado a ello, la operación de ARP demanda una alta cantidad de tareas y tiempos de operación prolongados, lo que puede generar un incremento en el riesgo de accidentes. Riesgos que contemplan la colisión con otras aeronaves y/o con personas en superficie.

De igual forma, la Inspección General de la FAC (2016), informa que el desarrollo del factor humano en los operadores de ARP es una preocupación a raíz de los eventos no deseados causados por este elemento. Ante este escenario, surge el planteamiento de si estas afectaciones a la seguridad se pueden relacionar con la carencia de un entrenamiento que actúe específicamente en las habilidades no técnicas y competencias requeridas por los pilotos de ARP.

Si bien, mediante el proceso de instrucción y entrenamiento que ofrece la Escuela Básica de Aeronaves Pilotadas Remotamente, el personal de pilotos de ARP de la FAC adquiere las habilidades y desarrollan competencias técnicas para la manipulación de los sistemas que dirigen, trabajos realizados anteriormente como el de Páez et al (2020) dan cuenta de la carencia en el desarrollo y fortalecimiento de competencias no técnicas en estos. Situación que incide de manera directa y negativa en la seguridad de las operaciones aéreas realizadas con este tipo de aeronaves.

Murray & Park (2013) argumentan que los operadores de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) se encuentran expuestos a múltiples tareas de alta atención y larga duración, lo

que genera situaciones de estrés ocupacional excesivo y por ende una degradación en su calidad de vida. Asimismo, la sobrecarga debido a las multitareas durante el control de las ARP puede comprometer el desempeño de la tarea y aumentar la probabilidad de un percance o falla de la misión.

Cuando se asigna un ARP a una misión, esta continúa realizando la tarea de forma ininterrumpida durante un tiempo determinado. Sin embargo, se requiere la supervisión humana durante todo el tiempo que dure la ejecución de la misión. En el campo militar, se consideran tres categorías de actividades que puede desarrollar un piloto de ARP y el nivel de efectividad de estas puede ser diferente dependiendo del nivel de capacitación o experiencia acumulada por el mismo.

Primero, se tienen las actividades relacionadas con el pilotaje de la aeronave; estas tareas incluyen el comando y control de la aeronave, el mantenimiento de la conciencia situacional, la recopilación de información sobre el objetivo, el señalamiento de objetivos y la comunicación con las fuerzas amigas. En segundo lugar, se consideran las actividades relacionadas con la navegación entre objetivos; esto incluye dirigir la aeronave, comunicación con tránsito aéreo, y detección de amenazas potenciales. Finalmente, se tienen las actividades relacionadas con el análisis de datos de sensores, que incluye la detección e identificación de objetivos, toma de imágenes, determinación de intenciones hostiles y la evaluación de daños de batalla. (Murray & Park, 2013).

Por otra parte, las variables básicas de los factores humanos inmersos durante la operación de las ARP se pueden categorizar en cargas de trabajo, alerta situacional, autonomía y toma de decisiones, fatiga, y trabajo en equipo (Özyörük, 2020). Al respecto, dentro de los

métodos que buscan la reducción del efecto del error humano en aras de lograr operaciones aéreas más seguras y eficaces se encuentra el CRM (Crew Resource Management).

De acuerdo con Muñoz (2018), el CRM es un programa que se usa tanto en aviación civil y militar, para el “entrenamiento en habilidades y capacidades de gestión, basado en evidencias, y diseñado para mejorar la comunicación, la toma de decisiones y la adaptación entre miembros de un equipo en situaciones críticas”. (p. 192). Aunque los métodos de enseñanza del CRM varían según sean las necesidades del operador aéreo que los ejecute, estos tradicionalmente incluyen lecturas, ejercicios prácticos, juegos de roles, estudio de casos y videos de recreación de accidentes; en donde se abordan temáticas tales como trabajo en equipo, liderazgo, conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y limitaciones personales.

En este sentido, la FAC cuenta con un programa de prevención de accidentes con enfoque en factores humanos que tiene como objetivo fortalecer el sistema de defensa para mitigar fallas humanas, así como minimizar las consecuencias de estas. Este programa se conoce como “*Airmanship*”, y plantea el desarrollo del entrenamiento en competencias no técnicas en simulador de vuelo y el desarrollo e implementación de una filosofía con base en la disciplina, las competencias y la voluntad de los tripulantes (Inspección General FAC, 2022).

Sin embargo, se puede evidenciar que este programa es entrenado esporádicamente mediante conferencias y talleres de trabajo colaborativo dirigidas por los departamentos de comportamiento humano (psicología de aviación), en donde participa el personal involucrado en el desarrollo de las operaciones áreas. Mientras que el entrenamiento de competencias no técnicas en simulador de vuelo se encuentra enfocado de forma exclusiva para el personal de aeronaves tripuladas, dejando a un lado a los pilotos de ARP. Razón por la cual, el desarrollo de alternativas de entrenamiento para la mitigación del riesgo por factor humano es primordial para

incrementar los niveles de seguridad (*safety*) en la operación de los sistemas de ARP. (Corso et al., 2020). Al respecto, Paéz et, al. (2020) argumentan que:

Para mitigar el riesgo de accidentalidad en ARP se plantean intervenciones específicas, como la investigación sobre habilidades neurocognitivas con técnicas de entrenamiento de psicoestimulación con estímulos, en favor de la neuroplasticidad y la activación de las capacidades intelectuales, emocionales y de interacción. (p.43).

En correlación, han surgido estrategias para el desarrollo de habilidades cognitivas y tecnológicas como el uso de videojuegos, que como mencionan Rivera y Torres (2018) desarrollan habilidades de pensamiento crítico, pensamiento lógico, resolución de problemas, alfabetización digital, creatividad, habilidades de socialización y trabajo colaborativo. Además, en el campo de la didáctica permiten que el aprendizaje se origine por conexiones condicionadas por estímulos, respuestas y refuerzos.

Otra tecnología aplicable también al ámbito educativo es la realidad virtual (RV). Otero y Flores (2011), mencionan que la RV genera un mayor impacto en la experiencia educativa de los aprendices debido a que ofrece esquemas naturales de aprendizaje con mayor carga motivacional, gracias al estímulo de la presencia, el grado de inmersión y otros factores propios de los entornos virtuales. Adicionalmente, “la realidad virtual ofrece la oportunidad de transmitir información de manera multisensorial, que hace que los usuarios involucrados en dicha tecnología tengan vivencias muy parecidas a las que obtendrían si estuvieran en esa misma situación, pero en la realidad” (Flores, et al., 2014, p. 2).

Así entonces, se puede plantear que el desarrollo de herramientas que permitan el entrenamiento de factores humanos requeridos en la operación de ARP mediante el uso de

tecnologías como simuladores de vuelo, videojuegos o la RV, podrían tener un potencial impacto en el rendimiento del personal de pilotos de estos sistemas y en la reducción de accidentes e incidentes de seguridad operacional al interior de la FAC.

1.2. Estado del arte

En este apartado se presenta un análisis descriptivo acerca de una serie de publicaciones de los últimos quince años a nivel internacional, nacional y local, que tienen relación o han estudiado el entrenamiento de las competencias no técnicas (factores humanos) en el ámbito de la aviación, específicamente en la operación de aeronaves remotamente pilotadas en el campo militar. Para ello, se organizó el proceso de búsqueda y análisis en tres momentos.

El primero, estuvo enfocado en caracterizar y delimitar las categorías principales que permitieron generar un horizonte de sentido: estrategias didácticas digitales en educación militar, factores humanos en aviación remotamente pilotada, y trabajos desarrollados en relación a los pilotos militares de ARP de la FAC. Luego de establecer las categorías, se realizó una búsqueda en la herramienta Google Académico, la cual permitió realizar hacer especificaciones categóricas, a partir de los rangos establecidos en años de las publicaciones, es decir, los últimos quince años. De igual forma, para la tercera categoría, se recurrió a efectuar una búsqueda en el repositorio de trabajos adelantados en la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

Posteriormente, se realizó un filtro de las publicaciones, destacando las consideradas con alto impacto para configurar una matriz de estado del arte. Este indicador se estableció a partir del uso del recurso (número de visualizaciones, descargas, visitas, entre otros). Las publicaciones caracterizadas, permitieron de manera cualitativa resaltar su importancia y pertinencia, generando dinamismos y relaciones de convergencia y divergencia. A continuación, se relacionan una serie de reflexiones entre diversas investigaciones que se han desarrollado a nivel global,

regional (Latinoamérica) y local (Colombia), considerando su importancia, aporte y relación con el presente trabajo.

La cantidad de publicaciones priorizadas en las categorías se detallan en las tablas presentadas en cada una de ellas. En el [anexo 1](#) se puede verificar la matriz de estado del arte.

Didáctica digital en la educación militar

Internacional	Regional	Nacional
2	1	1

Tabla 1 Publicaciones de alto impacto categoría “Didáctica digital en la educación militar”

En términos de didáctica digital y su relación con el entrenamiento en el campo militar, se destaca la publicación *Transformación digital de la enseñanza de las Fuerzas Armadas. Un caso práctico* del Ministerio de Defensa de España (2022), en el cual se analizan las implicaciones y posibilidades de aplicación de las tecnologías digitales en los procesos de enseñanza de las Fuerzas Armadas, en particular en el Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional CESEDEN, con el fin de proporcionar una guía a los docentes para la implantación de metodologías y tecnologías basadas en las TIC en sus asignaturas bajo un punto de vista de qué medios utilizar para optimizar los objetivos que pretende cada una de ellas.

En mencionado trabajo se efectuó una revisión de algunas metodologías didácticas como clase invertida, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje colaborativo, aprendizaje basado en competencias, gamificación, y *Design Thinking*. Así como la revisión de algunas herramientas digitales: sistemas de gestión de la enseñanza, plataforma de aulas virtuales, laboratorios virtuales, aplicaciones móviles, realidad virtual y realidad aumentada, inteligencia artificial, entre otras. Asimismo, se verificó la forma de implantación y los resultados obtenidos en instituciones civiles, para posteriormente desarrollar un ejemplo de cómo se podría realizar la transformación de algunas asignaturas específicas en el currículo del CESEDEN.

Entre tanto, Martin(2016) en su trabajo titulado *Perceptions of Digital Technology in Military Education* para obtener el título de Doctor en Filosofía de la Universidad de Auburn – Estados Unidos, examinó la relación entre las percepciones de estudiantes e instructores con la tecnología digital en la educación militar en una institución del arma de aviación del ejército en el estado de Alabama, encontrando que los instructores deben tener en cuenta las percepciones de los estudiantes al desarrollar material didáctico y los estudiantes deben conocer la tecnología disponible actualmente en la educación.

Durante la investigación, Martin utilizó un instrumento para recopilar antecedentes demográficos e informativos, que incluyó información respecto a experiencia con empleo de dispositivos electrónicos y preferencia respecto a métodos de impartición de instrucción. Este estudio encontró que había significancia estadística con respecto a la percepción del conocimiento tecnológico y de la importancia de la tecnología, así como hacia el método de instrucción utilizado en la educación militar. Por otra parte, se determinó que los estudiantes consideran la tecnología como parte importante para el mejoramiento de la educación militar y su implementación les ayuda con su trabajo.

Ramírez (2015), en el marco de su trabajo *Capacitación con simuladores de vuelo para pilotos de la Fuerza Aérea en un Ambiente de Aprendizaje Combinado*, para optar por el título de magister en Tecnología Educativa del Instituto Tecnológico de Monterrey (México), efectuó la búsqueda de datos en la implantación de una metodología educativa en un contexto militar, mediante un ambiente combinado y simuladores de vuelo, en aras de determinar el impacto en el aprendizaje significativo del personal del Centro de Adiestramiento de Helicópteros de la Fuerza Aérea Mexicana.

Para ello, en la investigación se empleó un enfoque metodológico mixto, en el cual se analizaron los datos cuantitativos mediante tablas estadísticas, y los datos cualitativos con base a los

datos arrojados por entrevistas y documentos, determinado por cuatro categorías establecidas: conocimientos, habilidades, datos relevantes y aprendizaje. Finalmente, el estudio concluyó que mediante el aprendizaje combinado apoyado en una plataforma virtual y con la ayuda de un simulador, los alumnos lograron un aprendizaje más significativo, debido a la relevancia en el empleo de las dos herramientas tecnológicas y por la facilidad que presenta el anclar el aprendizaje dictado en forma combinada con la práctica en el simulador.

Asimismo, Barrero et al (2020) efectuaron un análisis sobre el uso de las TIC como herramientas de aprendizaje en los programas académicos de la Escuela Militar de Suboficiales del Ejército Nacional de Colombia. Para lo cual también se aplicó una metodología mixta, a través del desarrollo de un cuestionario a docentes de la Unidad de Investigación de esta entidad educativa y los alumnos de primer y tercer nivel de su formación académica. Este estudio encontró que, desde los procesos de investigación, se puede fortalecer el perfil profesional y las competencias de los suboficiales del ejército con la inmersión y capacitación en el empleo de herramientas digitales, construyendo un aprendizaje colaborativo y cooperativista que potencie y desarrolle el trabajo en equipo y el aprendizaje autónomo, dando paso a la creación de relaciones sociales, apoyadas y mediadas por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

De esta manera, con las investigaciones revisadas se puede comprender como las percepciones sobre la tecnología en la educación militar varían según diversos factores, como la edad, el nivel de experiencia y la actitud hacia la tecnología misma. Mientras que algunos individuos pueden ver estas herramientas como una mejora positiva, que facilitan el proceso de aprendizaje y proporciona nuevas oportunidades de entrenamiento. Otros más escépticos, se preocupan por la dependencia excesiva a la misma o la posible pérdida de habilidades en un campo tan tradicional, como lo es el castrense.

Aunado a lo anterior, los estudios sobre la exploración de herramientas de didáctica digital en la educación militar proporcionan información valiosa para mejorar el diseño e implementación de programas de formación, aportan a comprender las actitudes, necesidades y opiniones de los estudiantes e instructores militares hacia estas herramientas, permitiendo la identificación de zonas de mejora y el desarrollo de estrategias efectivas para su integración en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Competencias no técnicas en la aviación remotamente pilotada

Internacional	Regional	Nacional
7	0	0

Tabla 2 Publicaciones de alto impacto categoría “Competencias no técnicas en la aviación remotamente pilotada”

Mygal (2022), Doctor en Ciencias y profesor de la Universidad Nacional Aeroespacial de Ucrania, en su estudio *The problem of human factors in unmanned systems*, en el cual efectúa un metaanálisis del problema del factor humano en sistemas complejos que utilizan activamente las TIC, empleando como ejemplo los sistemas aéreos no tripulados, identifica los siguientes desafíos ergonómicos en la operación de este tipo de sistemas:

- Disminución de las señales sensoriales. Por ejemplo, el limitado campo de vista por los sensores a bordo de las aeronaves, la disminución de las sensaciones auditivas, propioceptivas y olfativas.
- Percepción psicológica y emocional de la estación de control. Toda vez que son más como estaciones de trabajo de oficina que como una cabina tradicional de una aeronave.

- Duración de las misiones. Largos periodos de operación, llegando incluso a más de 24 horas. Lo cual implica riesgos asociados con la fatiga y la necesidad de transferir el control a otro operador lo que puede conducir a errores.
- Posibilidad de destrucción de la aeronave por una terminación de emergencia del vuelo. Generando una serie de problemas como la reevaluación de la situación y su rol en ella, acciones deliberadas, riesgos de las instalaciones en tierra, entre otras.
- Confianza en la automatización A diferencia de un avión, una ARP no tiene control manual en absoluto.

Por otra parte, Asim, Ehsan & Rafique (2010), en el Centro para Estudios Avanzados de Ingeniería de Pakistán, investigaron la relación causal entre el factor humano y los accidentes de vehículos aéreos no tripulados empleando el modelo HFACS (*Human Factor Analysis and Classification System*). Para ello, seleccionaron el factor humano como variable independiente y otros factores como la carga de trabajo, la fatiga, la conciencia situacional, la coordinación de la tripulación, la capacitación y el diseño ergonómico, como variables extrañas que pueden afectar la variable dependiente, en el caso de estudio de 56 accidentes de aeronaves remotamente pilotadas del ejército de Estados Unidos.

Como resultado, mencionado estudio halló que el factor humano estuvo involucrado en el 32% de estos eventos, por lo cual recomendó mejorar la interfaz entre el hombre y la tecnología para evitar tales casos, en razón a que la capacidad de adaptación de las tripulaciones a diferentes escenarios puede mejorarse mediante el entrenamiento.

Murray & Park (2013), pertenecientes a los Departamentos de Ingeniería de la Universidad de Auburn y Universidad de Seúl respectivamente, desarrollaron un modelo

matemático para la programación de tareas de los pilotos y las rutas de vehículos aéreos no tripulados considerando las cargas de trabajo. En su estudio, lograron demostrar los riesgos y peligros de ignorar el factor humano en este tipo de operaciones. Para esto, modelaron tres actividades primordiales del piloto de ARP: el control de la aeronave sobre objetivos, el control de la aeronave entre objetivos y el análisis de los datos obtenidos durante la vigilancia de un objetivo.

Como conclusión, esta investigación reconoce que los ARP requieren una supervisión humana significativa, y la eficacia óptima de la misión sólo se puede lograr cuando el hombre y la máquina se programan en armonía. Asimismo, las asignaciones de operadores a actividades no deben exceder las limitaciones de la carga de trabajo humana.

Özyörük (2020) en un estudio de revisión y clasificación de literatura sobre factores humanos en vehículos aéreos no tripulados, adelantado por el Departamento de Entrenamiento de Vuelo de la Universidad Aeronáutica de Turquía, plantea que los factores humanos se encuentran entre las causas más importantes de accidentes e incidentes en aviación, y comprender el impacto de estos en las operaciones de vehículos aéreos no tripulados toma relevancia para la prevención.

Como resultado de su investigación, este autor argumenta que los estudios del factor humano aún no son suficientes en términos de número y profundidad en el campo de las ARP. Además, llama la atención que existen muy pocos estudios sobre variables como carga de trabajo, toma de decisiones, conciencia situacional y fatiga, que son los principales temas en esta área. Asimismo, plantea que investigaciones futuras de cómo cambian estas variables bajo diferentes condiciones, y sobre cómo afectan la efectividad, la eficiencia y la seguridad de las

operaciones de vuelo pueden ser beneficiosas para el futuro de los vehículos aéreos no tripulados.

Otro estudio revisado, fue el de Weldon et, al. (2021), quienes efectuaron una investigación para la Universidad de Purdue - Estados Unidos, realizando una revisión de las prácticas de seguridad de aviación que buscan reducir el error humano y aumentar la seguridad, empleadas en la operación de ARP. Para ello, adelantaron una búsqueda de literatura científica usando la colección principal del servicio *Web of Science* y *Science Direct*, encontrando que las herramientas más mencionadas son el Manejo de Recursos de Tripulación CRM (Crew Resource Management), la Administración de Sistemas de Seguridad SMS (Safety Management System), y los Procedimientos de Operación Estándar SOPs (Standar Operating Procedures).

Con el propósito de definir los anteriores conceptos, se puede decir que el CRM reduce los errores al permitir que la tripulación de cabina funcione como una unidad, aprovechando las habilidades, los conocimientos y las capacidades de todos los miembros de la tripulación (Ginnett, 2019 citado por Weldon et al, 2021). Mientras que los SMS son un método formal que es seguido por todos los niveles de la organización, mediante el cual las organizaciones definen cómo mitigarán el riesgo dentro de sus operaciones (Roughton, Crutchfield, & Waite, 2019 citado por Weldon et al, 2021), y los SOP garantizan que todas las tripulaciones de vuelo completen las tareas de manera confiable y correcta. (FAA, 2017).

Por otra parte, Guerra y Cruz (2022), en su trabajo de grado de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid – España, desarrollaron un simulador ludificado que ayuda en la formación de instructores de vuelo según el paradigma del entrenamiento basado en evidencia (Evidence Based Training EBT), que se centra en la detección de comportamientos observables de pilotos, basados en un escenario preparado, en donde el usuario reacciona ante

cada momento relevante. Este modelo de entrenamiento abarca tanto las capacidades técnicas del piloto, es decir, las relacionadas con conocimientos y habilidades; como sus competencias no técnicas, relacionadas con los denominados factores humanos.

Dentro de los puntos a resaltar en este último trabajo, se encuentra la definición de las competencias no técnicas requeridas por los pilotos de aeronaves tripuladas comerciales, las cuales se podrían aplicar a los pilotos de aeronaves no tripuladas, puesto que muchas de las actividades que efectúan unos y otros se encuentran correlacionadas. En esta categoría de factores humanos se encuentran la aplicación de procedimientos, la comunicación efectiva, el uso de la automatización, el liderazgo y trabajo en equipo, la resolución de problemas y toma de decisiones, la conciencia situacional, y la gestión de cargas de trabajo.

Las anteriores habilidades coinciden con el trabajo realizado por Albiñ (2022), para la Universidad de Lund – Estados Unidos, quien realizó una investigación que tuvo como objetivo determinar la aplicabilidad de los factores humanos en las operaciones actuales de ARP. El trabajo estuvo dividido en dos fases. Inicialmente, un estudio previo en el que se realizó una búsqueda de literatura relacionada a los factores humanos en las operaciones aéreas de no tripulados, la cual se efectuó en las bases de datos de la biblioteca de la Universidad de Lund y en el buscador Google Académico. La segunda etapa consistió en la aplicación de entrevistas semiestructuradas a diferentes perfiles de cargos dentro de la operación de sistemas aéreos remotamente pilotados.

Como resultado de este último estudio, se encontraron cuatro grupos principales, que contribuyen a facilitar una conducta operativa segura con respecto a la naturaleza de la operación:

- Uso predominante de preparativos exhaustivos previos al vuelo.
- Seguimiento a los procedimientos en la resolución de problemas y toma de decisiones en situaciones imprevistas.
- Alta importancia a la gestión de las cargas de trabajo y la conciencia situacional.
- Trabajo en equipo, liderazgo y comunicación.

Pilotos de ARP de la FAC

Internacional	Regional	Nacional
0	0	3

Tabla 3 "Pilotos de ARP de la FAC"

En esta categoría, se realizó un enfoque en el esfuerzo de búsqueda específicamente sobre investigaciones realizadas alrededor del personal de pilotos de ARP de la FAC y lo relacionado con factores humanos, en donde se encuentran trabajos como el de Corzo, Díaz y Rodríguez (2017-2020), que dentro del marco de una investigación con COLCIENCIAS, construyeron un marcador somático con el fin de describir el funcionamiento neuropsicológico y las respuestas fisiológicas que se generan en los pilotos de ARP en el proceso de toma de decisiones.

Esta investigación encontró que las áreas cerebrales más utilizadas por los pilotos de ARP durante la operación son las encargadas de desarrollar la habilidad numérica, maniobras que requieren el uso de la mano no dominante, utilización de la imaginación, lenguaje hablado, razonamiento, y el área de la percepción tridimensional.

Asimismo, como conclusión plantean que la toma de decisiones de los pilotos de ARP de la FAC varía según la experiencia en la operación del equipo, en función del número de horas de vuelo, demostrando que los pilotos menos experimentados tienen un pensamiento más reflexivo y una respuesta fisiológica más autónoma derivada del instinto de riesgo y supervivencia,

mientras que los más experimentados tienen un pensamiento más automático, lo cual genera menor respuesta fisiológica a nivel cardiovascular y respuestas más intuitivas. Lo que deja en evidencia que una mayor consolidación del conocimiento favorece la toma de decisiones ante una menor carga cognitiva en la operación.

Por otra parte, Páez (2019), en su trabajo de grado para la maestría en Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la FAC (EPFAC), propone a partir de los resultados de la investigación anterior, una herramienta de entrenamiento basado en funcionamiento neuropsicológico, para el mejoramiento de habilidades, permitiendo la gestión de los riesgos evidenciados por factor humano. Mencionada herramienta consiste en una cartilla compuesta por cinco capítulos, con ejercicios encontrados en la literatura para desarrollar habilidad numérica, control de mano no dominante, imaginación, lenguaje hablado y percepción tridimensional, así como ejercicios de razonamiento.

Entre tanto, Bernal (2019) a través del desarrollo de una investigación cualitativa en la que realizó la identificación de los factores relevantes en un proceso de toma de decisiones aeronáuticas (*Aeronautical Decision-Making ADM*), plantea un modelo de entrenamiento para los operadores de ARP de la FAC a emplear durante situaciones de emergencia y/o riesgo. Este modelo es construido a partir de otros modelos de toma de decisiones y tiene como premisa la agilidad, con el fin de ganar tiempo para controlar situaciones adversas.

1.3. Pregunta problema

¿Cómo entrenar con herramientas digitales las competencias no técnicas requeridas para la operación de ARP en los pilotos de la FAC, en aras de minimizar la ocurrencia de eventos de seguridad operacional?

1.4. Justificación de la pregunta

Entrenar competencias no técnicas junto con las habilidades de vuelo técnicas, garantiza que los pilotos de ARP estén bien preparados para enfrentar una amplia gama de situaciones durante el desarrollo de los diferentes tipos de misión a los que se enfrentan.

Al igual que en la aviación convencional, comprender el impacto de los factores humanos en las operaciones aéreas de vehículos no tripulados es fundamental para la prevención de accidentes. El reto inicial consiste en identificar las falencias que se presentan en el proceso de entrenamiento de los pilotos de ARP en relación con los factores humanos. Para con ello, orientar la construcción de una estrategia didáctica digital que se pueda integrar a los programas de formación de los pilotos de ARP a través de:

- Módulos específicos dedicados al desarrollo de competencias no técnicas. Estos módulos deben estar diseñados para abordar las habilidades necesarias para la toma de decisiones, gestión de riesgos, comunicación efectiva, trabajo en equipo y gestión del estrés.
- Empleo de simuladores de vuelo: Utilizar simuladores de vuelo que reproduzcan de manera realista una amplia variedad de situaciones y condiciones de vuelo. Estos simuladores permiten a los pilotos practicar la toma de decisiones bajo presión y desarrollar habilidades de gestión del estrés en un entorno controlado y seguro.
- Escenarios de entrenamiento realistas: Diseñar escenarios de entrenamiento que sean lo más cercanos posible a las situaciones reales que los pilotos pueden enfrentar durante sus operaciones. Esto puede incluir simulacros de emergencia, vuelo en condiciones climáticas adversas y operaciones en entornos urbanos.
- Evaluación y retroalimentación continua: Implementar un proceso de evaluación y retroalimentación continua para identificar áreas de mejora y asegurar que los pilotos estén

desarrollando adecuadamente las competencias no técnicas requeridas. Esto puede incluir evaluaciones regulares, análisis de datos y retroalimentación individualizada.

- **Formación en cumplimiento de regulaciones:** Asegurar que los pilotos estén plenamente familiarizados con las regulaciones locales y las normativas de aviación que afectan a las operaciones con ARP. Esto garantizará que las operaciones se realicen de acuerdo con los requisitos legales y de seguridad.

Por otra parte, las razones que motivaron la investigación son de orden académico, en cuanto a que la aviación militar debe centrar su interés en el entrenamiento de competencias no técnicas sin dejar de lado las habilidades y conocimientos técnicos; de orden social, por el área de desempeño se requiere de pilotos militares profesionales e íntegros para la sociedad; y operacional, el entorno en términos de seguridad y defensa exigen que las personas produzcan resultados usando el conocimiento y que tengan las competencias necesarias para desempeñarse a nivel global y en cualquier escenario. A continuación, se amplía cada uno de los campos mencionados.

Orden académico. Tradicionalmente, el entrenamiento de pilotos ha estado muy centrado en las competencias técnicas (habilidades de pilotaje, operación de sistemas de aeronaves, conocimientos de aeronáutica). Sin embargo, las competencias no técnicas son igual de esenciales para la efectividad en el entorno actual. La integración de estas competencias en los programas de formación militar es crucial para mejorar el rendimiento general, minimizar errores y mejorar la seguridad aérea.

En el mismo sentido, el entrenamiento militar moderno necesita preparar a los pilotos para enfrentar un ambiente complejo y dinámico, que va más allá de las maniobras técnicas. El

uso de herramientas didácticas digitales que refuercen estas competencias también responde a una tendencia educativa global hacia el aprendizaje en entornos virtuales y tecnológicos.

Orden social. Los pilotos militares representan a su país y desempeñan un papel crucial en la protección de la seguridad nacional. Como tales, deben actuar no solo con eficiencia técnica, sino con un sentido de responsabilidad, ética e integridad. Esto implica habilidades como el liderazgo, el autocontrol, la resolución de conflictos y la capacidad para trabajar bajo presión, sin comprometer los valores y principios éticos. La sociedad espera que los militares sean modelos de conducta, por lo que su formación debe incluir un componente fuerte en competencias interpersonales y éticas. Estas cualidades son fundamentales no solo en el contexto operativo, sino en su interacción con la comunidad y en el mantenimiento de la paz. Asimismo, los pilotos militares, con un adecuado entrenamiento en competencias no técnicas, pueden desempeñar mejor su función al minimizar errores humanos, lo que se traduce en menos accidentes o incidentes que podrían tener repercusiones sociales graves.

Orden operacional. Las operaciones militares, especialmente en entornos de seguridad y defensa, son extremadamente complejas y demandan un alto nivel de competencia técnica y no técnica. Esto incluye la capacidad para tomar decisiones rápidas y efectivas bajo presión, el trabajo colaborativo con equipos multidisciplinarios, y el manejo de situaciones imprevistas.

Además, los pilotos militares operan en un entorno globalizado, lo que significa que las normas y estándares operativos no se limitan a su país, sino que deben cumplir con exigencias internacionales. Competencias como la capacidad de adaptación, el pensamiento crítico y la resolución de problemas en un contexto global, son esenciales para operar en cualquier escenario. Ante este escenario, los resultados deben ser efectivos y eficientes. Las competencias no técnicas ayudan a maximizar el rendimiento operativo, ya que permiten que los pilotos tomen

decisiones más acertadas, trabajen mejor en equipo y minimicen errores que pueden comprometer una misión.

¿Por qué se investiga? Los pilotos de ARP militares no tienen un desempeño eficaz en relación a las competencias no técnicas. Por tanto, las entidades educativas de aviación de estado deben reconocer la utilidad y empleabilidad de las mismas y entrenarlas.

¿Para qué se investiga? Para fortalecer las teorías que existen sobre el tema y este estudio contribuya a producir un nuevo conocimiento. Así mismo, se eleven los estándares de seguridad operacional, garantizando la confianza de los pilotos de ARP en el desarrollo de los diferentes tipos de misiones que se pueden presentar en el campo militar.

1.5. Objetivo General

Diseñar una estrategia didáctico digital para el entrenamiento de las competencias no técnicas para la operación militar de sistemas de ARP dirigida a los pilotos de la FAC, que permita la disminución de eventos de seguridad operacional.

1.6. Objetivos específicos

- Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con las competencias no técnicas requeridos para la operación militar.
- Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctico digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP.
- Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en competencias no técnicas por parte de los pilotos de los sistemas ARP

Capítulo 2.

2.1 Marco teórico

El marco teórico desarrollado en el presente trabajo, se centra en los principales fundamentos de la didáctica digital aplicada al entrenamiento de competencias no técnicas del personal de pilotos de ARP de la Fuerza Aérea Colombiana. En primer lugar, se aborda el concepto de didáctica digital desde una perspectiva de innovación educativa, posteriormente se presentan las definiciones asociadas a la operación de los sistemas de ARP y se culmina con la contextualización de las competencias no técnicas inmersas en el desarrollo de operaciones aéreas y que son aplicables a la aviación remotamente pilotada.

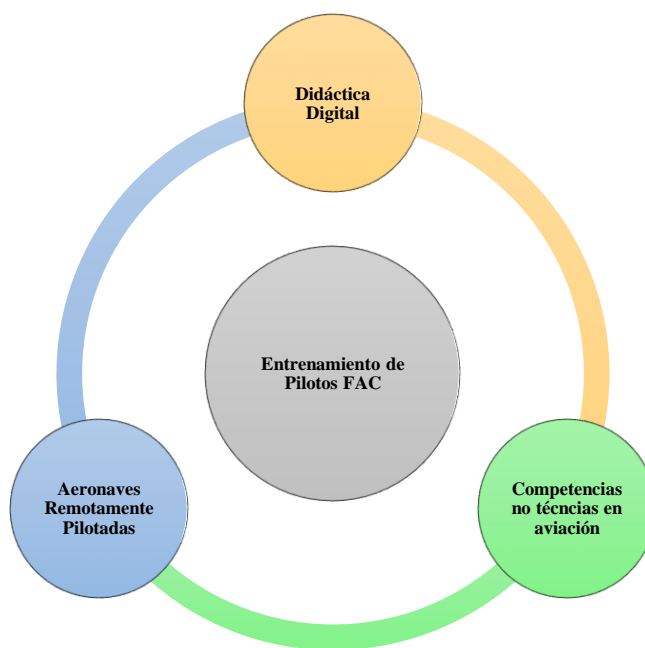


Figura 1 Categorías de análisis teórico (fuente: fabricación propia)

Didáctica digital

La didáctica imparte y guía los métodos de enseñanza propicios para un aprendizaje específico, es decir, proporciona los métodos adecuados para evidenciar las fortalezas y

debilidades en el proceso de aprendizaje propio de cada individuo (Rodríguez, D. 2019). Si se relaciona en conjunto con la tecnología, la didáctica digital, se podría definir como el arte de enseñar a través del empleo de herramientas digitales, que actúan como mediadores entre objetivos de aprendizaje y el desarrollo de contenidos.

Tanto el campo teórico como el práctico de los procesos de enseñanza son diferenciales en los entornos digitales. Rodríguez, S. (2019) manifiesta que la civilización digital ofrece ventajas en los procesos de educación, tales como el desarrollo de las diferentes actividades académicas a partir de la integración de los contenidos de clase con la necesidad de crear redes sociales de interacción y/o la integración de otras áreas de conocimiento en el desarrollo de estrategias didácticas. Ejemplo de esto es como las grandes cantidades de información disponibles en esta época, se pueden sintetizar con imágenes, infografías, entre otras herramientas gráficas. En la era digital el rol del docente se transformó, “ahora el maestro se reinventa como un guía y una persona que ayuda al desarrollo de su enseñado” (p.11).

Es responsabilidad del docente implementar actividades innovadoras para sus alumnos, proporcionando recursos valiosos en el proceso de aprendizaje. Rodríguez, D. (2019) afirma que:

Una preocupación propia del docente es cómo enseñar o impartir un verdadero conocimiento en su práctica, además debe tener presente los contextos en los cuales se desarrollan los individuos pues es evidente que la cultura y los contenidos sociales marcan el proceso didáctico. (p, 12).

De acuerdo con Morales y Rodríguez (2018), la influencia de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje no se debe limitar al impacto que tiene el desarrollo de nuevas aplicaciones y programas, toda vez que la incursión de nuevas técnicas, tecnologías y software, sobre el currículo modifican las competencias requeridas para el ejercicio docente.

Con la incorporación de las tecnologías digitales, la didáctica se encuentra en función de optimizar procesos desde la acción pedagógica. La innovación en la educación, se enfoca en el replantear modelos, didácticas, metodologías de enseñanza y aprendizaje de tipo activas, dinámicas y participativas para los estudiantes, que posibiliten dar un cambio de modelo educativo unidireccional hacia uno de tipo multidireccional, en donde se estimulen los procesos de aprendizaje desde una lógica de la activación sistémica de tipo visual, auditivo, sensorial, dando el paso de un proceso de memorización hacia asimilación, comprensión y transferencia del conocimiento hacia los aprendizajes en contextos reales. (Acosta, 2018).

Un modelo que presenta la integración de las TIC en la práctica pedagógica es el modelo TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*), presentado por Mishra y Koehler (2006), el cual hace referencia al conocimiento que posee un profesor sobre cómo coordinar el uso de las actividades sobre una materia en concreto, a través de representaciones sobre temas determinados y empleando las TIC para facilitar el aprendizaje del estudiante.

Scherer, Tondeur y Siddiq (2017) exponen que el modelo se divide en dos áreas que debe dominar el docente para integrar las TIC de forma adecuada a sus métodos de enseñanza. La primera hace referencia al dominio del conocimiento general: el conocimiento del contenido (CK), que es el conocimiento específico sobre la materia; el conocimiento pedagógico (PK), que es el conocimiento sobre como instruir la materia; y el conocimiento del contenido pedagógico (PCK), que es el conocimiento sobre qué enfoques pedagógicos se adaptan a la materia.

Entra tanto, la segunda parte del TPACK, se refiere a la dimensión de la tecnología, en esta se encuentran el conocimiento de contenido tecnológico (TCK), cómo se puede simbolizar el tema con la ayuda de la tecnología; el conocimiento pedagógico tecnológico (TPK), alusivo al uso de la tecnología como herramienta didáctica; el conocimiento del contenido pedagógico

tecnológico (TPCK), referido a las “complejas relaciones entre la tecnología, la pedagogía y los contenidos que permiten a los profesores desarrollar estrategias de enseñanza apropiadas y específicas para cada contexto” (Molina et al, 2019); y finalmente el conocimiento tecnológico (KT), relacionado con el hacer con la tecnología.

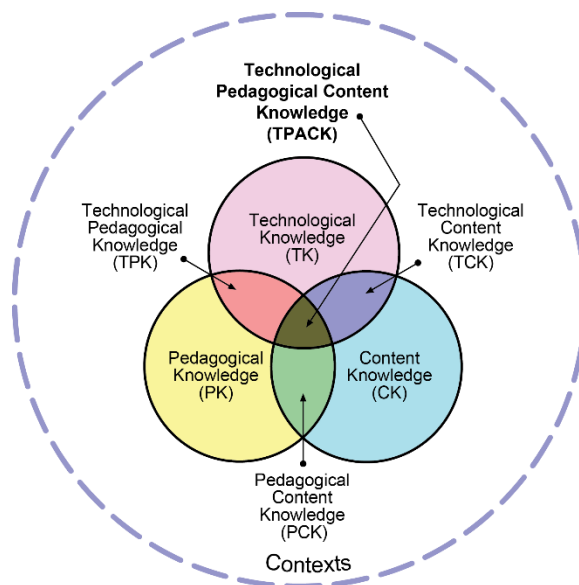


Figura 2 Modelo TPACK (Fuente: tpack.org)

Aeronaves Remotamente Pilotadas

La Organización de Aviación Civil Internacional OACI (2011), mediante la circular 328 AN/190, define una aeronave no tripulada (*UA - Unmanned Aircraft*) como aquella que está destinada a volar sin piloto a bordo, y un sistema de aeronaves no tripulada (*UAS - Unmanned Aircraft System*), como el conjunto que conforma la aeronave y todos sus elementos conexos que operan sin piloto a bordo (sensores).

Por otra parte, esta organización diferencia el término UA al de RPA (*RPA - Remotely Piloted Aircraft*) en razón a que para esta última se requiere del control por parte de un piloto remoto, quien manipula los controles de vuelo de la ARP durante el tiempo que dure cada

operación desde una estación de control en tierra (GCS – Ground Control Station) y que no está a bordo de la aeronave.

De esta manera, un sistema de aeronaves pilotadas a distancia (*RPAS - Remotely Piloted Aircraft System*), corresponde al conjunto de elementos configurables integrados por una ARP, incluyendo sus estaciones de piloto remoto conexas, los enlaces de mando y control, y cualquier otro elemento del sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo, como dispositivos adicionales para el despegue y el aterrizaje de la aeronave, por ejemplo, catapultas para el despegue y redes para el aterrizaje.

En Colombia, los anteriores conceptos son acogidos también tanto por la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil – Aerocivil, en el Reglamento Aeronáutico Colombiano número 100 (2023), como por la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado – AAAES - a través del Reglamento Aeronáutico Colombiano para Aviación de Estado número 94 – RACAE 94 (2022). Cabe aclarar que la AAAES es dirigida por la Fuerza Aérea Colombiana, por lo cual las definiciones antes expuestas son aceptadas y aplicadas de forma directa por esta organización dentro de su área misional que abarca el desarrollo de operaciones aéreas, espaciales y ciberespaciales.

En esta misma reglamentación, se establece una categorización de las aeronaves no tripuladas de acuerdo con su peso, como se evidencia en la siguiente tabla.

Clasificación de S-ARP

Clasificación AAAES	Designación General AAAES	MTOW	Clasificación OTAN
Clase I – A	UAS	200 g a < 7 kg	Clase I < 150 kg
Clase I - B	UAS	7 kg a < 15 kg	
Clase I – C	RPAS	15 kg a < 30 kg	

Clase I – D	RPAS	30kg a < 80 kg
-------------	------	----------------

Tabla 4 Clasificación de aeronaves no tripuladas. Fuente: AAAES (2022)

Para efectos de este trabajo de investigación, se aplicará el concepto emitido por la OACI (2011) para las ARP como:

Una aeronave pilotada por un piloto remoto, emplazado en una estación de control ubicada fuera de la aeronave, quien monitorea la aeronave en todo momento y puede responder a las instrucciones expedidas por el control de tránsito aéreo, se comunica por enlace de voz o datos según corresponda al espacio aéreo o a la operación, y tiene la responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo. (p. 7).

Entre las características de una ARP se encuentra la capacidad de poseer diferentes tipos de tecnología de piloto automático. Sin embargo, el piloto remoto en todo momento podrá intervenir en la gestión del vuelo. Es decir, la capacidad de poder asumir rápidamente el control de la misma. Por otra parte, algunas estaciones de control en tierra (GCS) tienen la capacidad de monitorear varias ARP a la vez.

Las Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) son aeronaves destinadas a volar sin piloto a bordo. Su control se realiza desde una estación a distancia, en la cual el piloto remoto dirige el vuelo. Esta puede variar desde un dispositivo manual hasta una estación con varias consolas. El empleo de los sistemas de ARP al interior de las Fuerzas Militares, se da principalmente para el cumplimiento de misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (IVR), protección de recursos naturales y activos estratégicos, así como en el desarrollo de operaciones especiales como lo son controlador aéreo avanzado, señalador de objetivos militares y misiones de entrega de armamento. Las ARP pueden tener diferentes capacidades según sus configuraciones,

características operativas, condiciones ambientales y carga útil. Por ejemplo, sensores electro-ópticos para toma de imágenes y videos, o cámaras infrarrojas para detección de puntos de calor.

Los sistemas de ARP ingresaron a la flota de aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en el año 2005, siendo el sistema *Scaneagle*, fabricado por la compañía Insitu (Boeing Company), el primero de estos. Desde entonces y hasta el año 2013, se capacitaron con el fabricante los primeros oficiales y suboficiales de la institución en la operación y mantenimiento respectivamente de mencionados sistemas.

Ante la adquisición de más sistemas de ARP, el éxito operacional obtenido por la FAC con estos, y la necesidad de formar una mayor cantidad de tripulantes de los mismos. En el año 2013 se gestó el origen de la Escuela Básica de Aeronaves Pilotadas Remotamente, cuyo inicio fue en el Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN), ubicado en Madrid-Cundinamarca, mientras se construían las instalaciones óptimas en el Comando Aéreo de Combate No. 3, en Malambo – Atlántico. En donde a partir del año 2014 y hasta la fecha, funciona el alma máter de la aviación remota de las Fuerzas Militares Colombianas.

Competencias no técnicas para la operación de ARP

La Administración Federal de Aviación FAA (2004) define los factores humanos (FFHH) como un campo multidisciplinario dedicado a optimizar el desempeño y reducir el error humano. Este abarca el estudio de los métodos y principios de las ciencias sociales y del comportamiento, la ingeniería y la fisiología humana. Los FFHH se consideran además como la ciencia aplicada que estudia a las personas que trabajan juntas en concierto con las máquinas. Lo cual implica variables como el entorno, la tecnología, la cultura y la organización, que influyen tanto en el rendimiento individual como colectivo o de tripulación (OACI, 2016).

Los FFHH en la aviación se centran en la interacción de los pilotos, el personal de mantenimiento, los controladores de tráfico aéreo y otros involucrados con los sistemas y tecnologías que utilizan; y cómo los factores psicológicos, físicos y sociológicos pueden influir en su rendimiento y afectar la seguridad operacional. La FAA considera que los FFHH son un componente esencial de la seguridad de la aviación y promueve la formación y el conocimiento en este campo para mejorar la seguridad y la eficiencia en la aviación.

Desde que la interacción hombre-máquina se mantenga, es prudente asumir que los FFHH son tan aplicables a las operaciones de las ARP como al resto de la industria de la aviación. De acuerdo con Gawron (1998) citado por McCarley y Wickens (2004), el vuelo de una aeronave remotamente pilotada presenta desafíos de factores humanos diferentes y más exigentes de los del vuelo tripulado, como consecuencia de que la aeronave y su operador no están ubicados en el mismo lugar. Situación que trae consigo inconvenientes únicos para los operadores de ARP.

Por su parte, la OACI (2013), define las competencias básicas como un “grupo de comportamientos conexos, en base a requisitos laborales, que describen el modo de desempeñar un trabajo eficazmente, de manera competente” (p13). Entre tanto, el estudio de las competencias en la operación de las ARP, se enfoca en comprender cómo este grupo de comportamientos humanos pueden afectar la seguridad, la eficiencia y la calidad del rendimiento en la operación de este tipo de aeronaves.

Considerando que tanto las aeronaves tripuladas como las remotamente pilotadas, comparten el mismo espacio aéreo y realizan procedimientos similares durante su operación, las competencias inmersas durante la operación de las ARP se pueden clasificar a partir de las mismas competencias definidas en el marco del Entrenamiento Basado en Evidencia (*EBT Evidence-Based Training*) para la aviación convencional, como se relacionan a continuación

(OACI, 2013), excluyendo la competencia denominada “*Gestión de la trayectoria de vuelo de la aeronave - control manual*”, toda vez que en la operación de las ARP, es el piloto automático quién gestiona la trayectoria del avión durante todas las fases de vuelo.

- *Aplicación de procedimientos.* Identificar y seguir los procedimientos de acuerdo con los manuales de operación estándar y cumplir con las regulaciones publicadas, aplicando el conocimiento apropiado.
- *Comunicación.* Demostrar comunicaciones orales, no verbales y escritas efectivas, en situaciones normales y no normales. Capacidad de transmitir mensajes de forma clara, precisa y concisa, confirmar que el destinatario entiende correctamente la información importante, escuchar activamente y demostrar comprensión cuando se recibe información.
- *Uso de la automatización.* Controlar la ruta de vuelo de la aeronave a través de la automatización, incluyendo el uso apropiado de los sistemas de gestión de vuelo, detectando desviaciones de la trayectoria deseada y tomando las correcciones apropiadas, mientras se gestionan otras tareas y distracciones.
- *Liderazgo y trabajo en equipo.* Comprender los roles y objetivos de la tripulación, creando una atmósfera de comunicación abierta con base en la empatía, el respeto y la tolerancia por los demás, en donde se fomenta la participación y se permite involucrar a otros en la planificación, asignar las actividades de manera justa y apropiada de acuerdo a las habilidades, anticipar y responder apropiadamente a las necesidades de otros miembros de la tripulación, dar y recibir realimentación de forma constructiva, usar la iniciativa y dar instrucciones cuando sea necesario, admitir errores y asumir la responsabilidad, intervenir con confianza cuando es importante para la seguridad, abordar y resolver conflictos y desacuerdos, y proyectar autocontrol en todas las situaciones.

- *Resolución de problemas y toma de decisiones.* Identificar con precisión los riesgos y resolver los problemas utilizando los procesos de toma de decisiones adecuados a partir de una correcta identificación de las causas, establecimiento de prioridades, consideración de las opciones, evaluación del tiempo, y una supervisión, revisión y adaptación de las decisiones según sea necesario sin reducir la seguridad.
- *Conciencia situacional.* Percibir y comprender toda la información relevante disponible para anticipar lo que pueda ocurrir que afecte la operación. Esto incluye el estado de la aeronave y sus sistemas, la posición de la aeronave y la trayectoria de vuelo, el entorno general, el tiempo, el combustible, las personas involucradas o afectadas por la operación y su capacidad para funcionar como se espera. La alerta situacional también abarca la identificación y gestión de amenazas a la seguridad de la aeronave y las personas; y la capacidad de reconocer y responder de manera efectiva a las indicaciones de reducción de la conciencia situacional.
- *Gestión de cargas de trabajo.* Administrar los recursos disponibles de manera eficiente para planificar, priorizar y realizar tareas de manera oportuna en todas las circunstancias. Manteniendo el autocontrol, ofreciendo y aceptando asistencia, delegando cuando es necesario, y verificando que las tareas se completen con el resultado esperado.

Entre tanto, la operación militar implica además la exposición a condiciones propias de la vocación castrense, entre las cuales pueden mencionar:

- La fatiga: debido a la exposición a largas horas de operación, carga de trabajo intensa y en algunos casos monotonía de las misiones;
- Cargas autoimpuestas: debido a la criticidad de misiones potencialmente riesgosas para la integridad humana, lo que puede generar presión psicológica en los pilotos;

- Ergonomía deficiente: como consecuencia de inadecuadas configuraciones de las estaciones de control de las ARP por necesidades operacionales, sumado a condiciones ambientales de alta temperatura y humedad;
- Entrenamiento especial: adicional a la capacitación para operar el sistema y manejar situaciones de emergencia, los pilotos de ARP militares deben recibir un entrenamiento que los prepare para enfrentar enemigos en situaciones de conflicto, recreando escenarios realistas que permitan a los pilotos desarrollar las habilidades necesarias para enfrentar situaciones complejas.

Ramírez y Rodríguez (2023), enmarcan estas condiciones y definen una competencia adicional con la que deben contar los pilotos militares, denominada “*control de la envolvente operacional*”, haciendo referencia a las variables propias del entorno, el tipo de operación y la aeronave, con el fin de delimitar márgenes de seguridad operacional. Esta competencia es definida como:

La capacidad que tiene el individuo para ejercer su rol como piloto en un contexto de operaciones militares, en el que las funciones, las atribuciones, la exposición al riesgo y el empleo legítimo de la fuerza en cumplimiento de la misión constitucional diferencian radicalmente su actuación frente a la operación aérea civil, con lo que se convierte en su marca distintiva. (p. 58)

En cuanto al entrenamiento de los FFHH se encuentran algunas estrategias que buscan mejorar las competencias asociadas a estos en situaciones de alta presión, entre estas se encuentran el empleo de simuladores de vuelo, que permite a los pilotos practicar situaciones de vuelo en un entorno seguro y controlado y ejercicios de entrenamiento en equipo como el CRM (Crew Resource Management), que fomentan una estrecha colaboración entre el piloto y otros

miembros de la tripulación. Asimismo, existen entrenamientos en gestión de la fatiga, que buscan ayudar a los pilotos a identificar los signos de fatiga y a implementar estrategias para prevenirla y mejorar su rendimiento (OACI, 2016).

2.2 Marco legal

Mediante la Circular 328 de 2011 sobre Sistema de Aeronaves No Tripuladas, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) reconoce que estos son un nuevo componente del sistema aeronáutico y alentó a los estados a elaborar políticas sobre el tema y a suministrar información de sus experiencias con esa clase de aeronaves. Este marco normativo inicia llamando el Artículo 8 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, más conocido como “Convenio de Chicago”, el cual estipula que “ninguna aeronave capaz de volar sin piloto volará sin él sobre el territorio de un Estado contratante, a menos que se cuente con autorización especial de tal Estado y de conformidad con los términos de dicha autorización” (p. I-2-2).

Colombia, regula la operación de las ARP civiles a través de la Aerocivil con el Reglamento Aeronáutico Colombiano número 100 (RAC 100) emitido en el año 2023. Entra tanto, las ARP militares son reguladas por la AAAES. Para tal fin, esta entidad publicó en diciembre de 2022 el Reglamento Aeronáutico Colombiano para Aviación de Estado número 94 – RACAE 94. En donde en su *PARTE I SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS - UAS CLASE IA-IB Y SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS- RPAS CLASE IC-ID, CAPÍTULO F SELECCIÓN, INSTRUCCIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL TRIPULANTE UAS/RPA*, numeral 94.515 *Entrenamiento, supervisión y experiencia operacional personal tripulante UAS/RPAS*, se estipulan las directrices que se deben cumplir en la instrucción y entrenamiento de los pilotos de ARP, y dicta que dentro de los contenidos de las fases teóricas,

los pilotos de ARP clase I-C y clase I-D deben recibir una formación en factores humanos con una intensidad horaria de seis (6) y ocho (8) horas académicas respectivamente.

Otra referencia aplicable en el marco de operación de las ARP es el RAC-13. Esta trata sobre el Régimen Sancionatorio, en el que se establecen las actuaciones administrativas sancionatorias que puede adelantar la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, ante el incumplimiento de la normatividad.

En cuanto a la parte educativa de la FAC, la institución estipuló en el año 2017, el *Modelo Pedagógico del Sistema Educativo De La Fuerza Aérea Colombiana*, el cual constituye un marco para establecer las estrategias por desarrollar en las prácticas educativas y pedagógicas de las instituciones de formación, capacitación, instrucción y entrenamiento de las diferentes unidades educativas al interior de la Fuerza. Este enfoque se basa en diversas teorías y modelos educativos, pero siempre estando influenciado por el carácter distintivo de la formación militar, por lo cual se establece como un paradigma educativo único denominado: “*Modelo Pedagógico Holístico Castrense Aeronáutico*”.

Por otra parte, la instrucción y entrenamiento del personal de pilotos de la FAC, incluidos los tripulantes de sistemas de ARP, se orienta por el Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo MINEV emitido por la Jefatura de Educación Aeronáutica y Espacial. Este documento da las directrices para la construcción de los programas de formación y entrenamiento de los diferentes equipos de vuelo por parte de las escuelas internas, y define el sistema de evaluación y oportunidades otorgadas que se otorga al personal de alumnos.

Capítulo 3.

3.1 Metodología (Diseño metodológico)

En el presente marco metodológico, se desarrollarán los conceptos de paradigma, diseño, y enfoque de investigación. Asimismo, se realiza una presentación de la población y muestra a emplear para la aplicación de las técnicas de investigación e instrumentos de recolección de información. A continuación, se desarrollan los conceptos, así:



Figura 3 Metodología de investigación

Paradigma sociocrítico

La investigación se desarrolla desde el paradigma socio-crítico, el cual aboga por un sistema educativo más equitativo y reconoce la importancia de la ideología en la configuración de las prácticas educativas. Entre los planteamientos de los socio-críticos se encuentra que la realidad educativa está en constante cambio y evolución, siendo los propios individuos (docentes y estudiantes) los principales agentes responsables de dar forma y construir esa realidad. Además, argumentan que la teoría y la práctica son indisociables, por lo tanto, no existen teorías

universales, y en este sentido, el propósito de la teoría es cultivar el pensamiento reflexivo sin dejar de lado la transformación social con las prácticas educativas. (Sánchez, 2013).

La relación entre el paradigma socio-crítico y las particularidades de esta investigación es muy significativa, ya que ambos comparten una visión transformadora y reflexiva, donde la educación y el entrenamiento no son meros transmisores de conocimientos, sino herramientas para el cambio, la mejora de las competencias y la formación integral del individuo.

La investigación no se limita a describir la situación actual de los pilotos de ARP en términos de competencias no técnicas, sino que busca mejorar el sistema de formación, desafiando el enfoque tradicionalmente técnico que ha dominado en el entrenamiento militar. Al integrar el entrenamiento en competencias no técnicas, se está proponiendo un cambio estructural en el proceso formativo, el cual tiene un enfoque más integral, crítico y humanista, que reconoce la importancia de las habilidades sociales y emocionales para un desempeño efectivo y ético.

Aunado a lo anterior, y siguiendo los principios del paradigma socio-crítico, la investigación no posiciona a los pilotos como meros receptores pasivos de formación, sino como agentes activos en su propio proceso de aprendizaje. A través del desarrollo de competencias no técnicas, los pilotos se convierten en actores conscientes y reflexivos, capaces de participar en la mejora continua de su propio entrenamiento, aportando desde su experiencia personal y colaborando en la creación de un ambiente de formación más dinámico y adaptado a sus necesidades.

Enfoque - Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo se caracteriza por su subjetividad debido a que el investigador, como lo es en este caso, está inmerso en el contexto de interacción que desea investigar. Las hipótesis surgen durante el proceso de estudio, y los datos pueden llegar durante todo el proceso de investigación. El proceso de investigación cualitativa es inductivo: la observación de un fenómeno en un grupo o un individuo, es una ruta del proceso de investigación que busca determinar si dicha particularidad ocurre también en el ámbito general. La recolección de datos cualitativos responde, tanto a la naturaleza misma del contexto estudiado, como al proceso, a partir del cual, quien investiga va profundizando en el entendimiento de los significados y experiencias de las personas. (Mata, 2019).

Para el caso de estudio particular, considerando la información recolectada tanto en el marco teórico y antecedentes relacionados con el personal de Pilotos de ARP de la FAC, se evidencia la posibilidad de la creación de una estrategia didáctica digital como un mecanismo que permita al piloto de ARP desarrollar habilidades no técnicas que sean necesarias durante procedimientos, sean críticos o no, en la operación de mencionados sistemas sin importar la fase de vuelo en la que se encuentre.

Tipo - Investigación Acción

La investigación – acción se presenta como una metodología de investigación orientada hacia el cambio educativo. De allí que el desarrollo de esta investigación se enmarca dentro de este tipo, toda vez que se pretende transformar y mejorar un proceso de instrucción en un entorno específico, que para el caso particular corresponde al de los pilotos de ARP de la Fuerza Aérea Colombiana. El propósito de la investigación consiste en profundizar la comprensión del diagnóstico del problema, dificultades en el entrenamiento en competencias no técnicas (Factores

Humanos), interpretando lo que ocurre desde el punto de vista de quienes interactúan en la situación.

Población

Los sistemas de ARP ingresaron a la flota de aeronaves de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) en el año 2005, siendo el sistema Scaneagle, fabricado por la compañía Insitu (Boeing Company), el primero de estos. Desde entonces y hasta el año 2013, se capacitaron con el fabricante los primeros oficiales y suboficiales de la institución en la operación y mantenimiento respectivamente de mencionados sistemas. Este personal provenía de diferentes especialidades pertenecientes al cuerpo de vuelo, logístico aeronáutico o de seguridad y defensa de bases áreas.

Ante la adquisición de más sistemas de ARP, el éxito operacional obtenido por la FAC con estos, y la necesidad de formar una mayor cantidad de tripulantes de los mismos, se gestó el origen de la Escuela Básica de Aeronaves Pilotadas Remotamente EBAPR en el año 2013. La EBAPR comenzó a funcionar en el Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN), ubicado en Madrid-Cundinamarca, mientras se construían las instalaciones óptimas en el Comando Aéreo de Combate No. 3, en Malambo – Atlántico. En donde a partir del año 2014 y hasta la fecha, funciona el alma máter de la aviación remota de las Fuerzas Militares Colombianas.

El 21 de octubre de 2022, mediante Decreto 2070 del Ministerio de Defensa Nacional se crea la especialidad “Pilotos de Aeronaves Remotamente Pilotadas” perteneciente al cuerpo de vuelo de la FAC. Con este cambio, los oficiales de las diferentes especialidades que operan las ARP realizaron su transición como especialistas de esta arma de la FAC.

Según el Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (FAC, 2022), dentro de los requisitos para ser piloto de ARP y mantener su autonomía como tal, los oficiales deben ser de rango Subteniente hasta Mayor, ser designados por una junta de autonomías, en donde se verifica el perfil de los aspirantes, y en el caso de oficiales provenientes de ser pilotos de aeronaves tripuladas, no deben reportar sucesos de seguridad por violación o indisciplina de vuelo.

Asimismo, deben cumplir con el nivel de lengua extranjera, idioma inglés, exigido en la directiva vigente para el personal de la Fuerza Aérea de acuerdo al cargo y grado, que para el caso de los pilotos ARP se encuentra definido en un nivel superior al 75% de acuerdo al American Language Course o B1 de acuerdo con el Marco Común Europeo de Referencia MCER. Por otra parte, deben poseer la aptitud psicofísica especial de vuelo para la especialidad y el cargo según lo establecido por la Dirección de Medicina Aeroespacial.

Actualmente la FAC cuenta con 70 pilotos de ARP entre los sistemas Scaneagle, FVR-90, Hermes 450 y Hermes 900. Durante su proceso de instrucción, este personal recibe una capacitación en conocimientos aeronáuticos, conocimientos técnicos específicos del equipo que volará, entrenamiento en simulador de vuelo y un periodo de vuelo con el equipo real. Asimismo, cada año el personal de pilotos efectúa un entrenamiento recurrente con el que se valida su aptitud técnica para mantener su autonomía en el desarrollo de operaciones con estos sistemas.

De acuerdo con la Directiva Permanente 007/2023 del Comando de Operaciones Aéreas y Espaciales, que trata sobre las normas de tiempos de servicio para vuelo, tiempos de vuelo, tiempos de descanso y tiempos de servicio del personal operativo de la FAC, el tiempo de vuelo para los sistemas de ARP se encuentra estipulado en 8 horas de operación diarias para una

tripulación, o en caso de tener disponibles dos o tres tripulaciones, se define en 16 o 24 horas con turnos de pantalla cada 4 horas.

Muestra

Para el trabajo de investigación, la población se limitará a los pilotos ARP de los sistemas *Scaneagle* y *FVR-90* con autonomía vigente y que realizan sus entrenamientos recurrentes en la EBAPR. Cabe destacar que el rango de edad de este personal oscila entre los 20 a los 38 años. En cuanto a su nivel de escolaridad, todos cuentan por lo menos con un título profesional, en donde se encuentran administradores aeronáuticos, ingenieros en sistemas, ingenieros en telecomunicaciones, ingenieros electrónicos, ingenieros aeronáuticos, ingenieros mecánicos, o profesionales en ciencias militares aeronáuticas. Entre tanto, la experiencia acumulada en la operación de ARP varía entre 1 hasta 12 años.

3.2 Diseño de intervención

De acuerdo con Restrepo (2004), la investigación-acción propuesta por Kurt Lewin se pueden dividir en tres procesos: a) diagnóstico o recolección de datos del problema, b) renovación de las acciones y c) evaluación de la efectividad de las nuevas acciones. Tomando como punto de partida las anteriores etapas, para el presente trabajo se proponen tres fases de investigación, las cuales se encuentran alineadas con los objetivos específicos, que son el derrotero para alcanzar el objetivo principal de la investigación.

Fases de la investigación-acción	
Fase 1	Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con las competencias no técnicas requeridos para la operación militar.
Fase 2	Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctico digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP

Fase 3 Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en competencias no técnicas por parte de los pilotos de los sistemas ARP

Tabla 5 Fases de la investigación

Cabe aclarar que todas las etapas del modelo investigación-acción no se desarrollarán en la investigación propuesta, toda vez que si bien se buscó impactar de manera positiva la realidad educativa del contexto estudiado, el proyecto se limita hasta la fase de diseño de un prototipo que pueda dar solución al problema a intervenir y no se aspiró a una implementación de la propuesta que permita evaluar la efectividad de las nuevas acciones, lo cual puede llevarse a cabo en investigaciones futuras.

Después de identificar estas consideraciones, se define cómo se desarrolla cada fase de la investigación, así como las técnicas e instrumentos a utilizar en cada etapa del proceso.

3.3 Técnicas e instrumentos

Ñaupas et al (2018) expone que las técnicas comprenden un conjunto de directrices y métodos destinados a dirigir un proceso específico para lograr un objetivo determinado. También pueden ser descritas como un conjunto de pautas que supervisan el proceso de investigación en todas sus fases, desde la identificación del problema hasta la validación e inclusión de las hipótesis. Entre tanto, los instrumentos de investigación, son las herramientas conceptuales o materiales que se utilizan para la recolección de datos e información concreta requerida por el investigador. Para el desarrollo de cada una de las fases de la investigación se desarrollaron las siguientes técnicas e instrumentos:

Fase 1. Técnica: Observación participante. **Instrumento:** Guía de observación

La observación es el proceso mediante el cual se adquiere conocimiento sobre los hechos, a través del contacto directo entre el investigador y el objeto o fenómeno a estudiar. (Ñaupas et

al, 2018). Entra tanto, Padilla (2011) argumenta que la observación es el método por excelencia para recopilar información en un proceso diagnóstico, es una estrategia muy adecuada y útil tanto para procesos evaluativos y diagnósticos, como para la investigación educativa.

Para el desarrollo de la primera fase, se implementó un procedimiento de observación sistematizado u observación cerrada (Padilla, 2011), mediante la construcción previa de una guía de observación (anexo 2.1), con el fin de recolectar datos durante la observación en campo del proceso de instrucción y entrenamiento del personal de pilotos de ARP de la FAC. Este instrumento fue digitalizado mediante un formulario en la herramienta *Microsoft Forms* en aras de facilitar una organización posterior de los datos. La guía de observación fue aplicada en 15 misiones de entrenamiento en el simulador de vuelo del sistema de ARP *Scaneagle* durante los cursos de repaso y control anual del personal de pilotos de la especialidad efectuados en el último semestre del año 2023, así:

Observación	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Cantidad de alumnos
1	28-Ago-2023	08-Sep-2023	06 (seis)
2	18-Sep-2023	29-Sep-2023	04 (cuatro)
3	30-Oct-2023	10-Nov-2023	05 (cinco)
Muestra			15 pilotos de ARP 21,4% de la población total

Tabla 6 Aplicación instrumento - Guía de observación

Aunado a lo anterior, y en aras de identificar las deficiencias en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con las competencias no técnicas, se efectuó una revisión a los programas de instrucción y entrenamiento (sílabos) de los cursos iniciales y recurrentes que reciben el personal de pilotos ARP.

Fase 2. Técnica: Análisis documental. **Instrumento:** Matriz de revisión documental

“El análisis de contenido es una técnica de investigación que pretende ser objetiva, sistemática y cuantitativa en el estudio del contenido manifiesto de la comunicación”. (Berelson, 1952, como se citó en Ñaupás et al., p.391, 2018). Esta técnica es aplicada a temáticas con alto grado de diversificación y tiene como factor clave la inferencia. Este método proporciona al investigador material explícito (documentos a analizar) y criterios de selección según las necesidades propias del proyecto a partir de una clasificación objetiva en donde se fijan los criterios de relevancia.

El instrumento propuesto para el desarrollo de la segunda fase de la investigación, consiste en dos matrices de recolección documental, construidas a partir de la verificación de fuentes y/o trabajos de investigación relacionados con dos áreas respectivamente: el diseño de estrategias didáctico digitales y el proceso empleado en el entrenamiento de pilotos de sistemas de ARP. El diseño del instrumento se puede verificar en el [anexo 2.2](#).

Para ambas matrices, se recopilan datos bibliométricos: tipo de texto, referencia APA, URL, año de publicación, palabras clave, país y resumen. Por otra parte, para catalogar los aspectos relevantes de cada matriz, se utilizaron categorías de análisis diferenciadoras. Para la primera, la relacionada con el diseño de estrategias didácticas digitales, se propone una división del proceso en cinco etapas, así:

1. *Análisis*, ¿Cómo se llevó a cabo la identificación de necesidades y objetivos de aprendizaje?
2. *Diseño*, ¿Cómo se seleccionaron y estructuraron los contenidos didácticos para la estrategia? ¿Qué enfoques pedagógicos y tecnológicos se utilizaron en el diseño?
3. *Desarrollo*: ¿Qué tecnologías específicas se utilizaron en la creación de los recursos digitales? ¿Cómo se abordó la accesibilidad y la usabilidad de los recursos?

4. *Implementación*, ¿Cómo se realizó la implementación de la estrategia en el entorno de aprendizaje? ¿Qué estrategias se pueden implementar para facilitar la interacción y participación de los estudiantes?
5. *Evaluación*, ¿Qué métodos de evaluación se pueden utilizar para medir la efectividad de la estrategia didáctica? ¿Cómo se pueden recopilar y analizar los datos de evaluación?

Por otra parte, para la matriz relacionada con el proceso de formación de los pilotos de ARP, se proponen categorías con base a las fases que puede tener el desarrollo de estos programas académicos: curso teórico o curso de tierra, periodos de simulador, periodo de vuelo, periodos específicos de otras temáticas asociadas.

Fase 3. Técnica: Triangulación. **Instrumento:** Matriz de triangulación

Según Cisterna (2005), el proceso de triangulación hermenéutica se refiere a la recopilación y análisis crítico de toda la información relevante relacionada con el objeto de estudio mediante los instrumentos apropiados. Este proceso constituye fundamentalmente el conjunto de resultados de la investigación.

El proceso práctico para llevar a cabo este método implica seleccionar la información recopilada, estableciendo relaciones de comparación entre las categorías, y contrastando la información con los datos obtenidos mediante otros instrumentos, para finalmente comparar las categorías y subcategorías del marco teórico con la indagación efectuada en campo.

Para el caso de la presente investigación, se proyecta una matriz de triangulación de instrumentos en donde se comparan los hallazgos encontrados en la observación en campo con las buenas prácticas encontradas durante la matriz de análisis documental, generando como resultado aspectos relevantes a incorporar en el desarrollo de la propuesta, los cuales guiarán la

definición del prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en competencias no técnicas por parte de los pilotos de los sistemas ARP. La matriz de triangulación se presenta en el anexo 2.3.

3.4 Cronograma

Las fases de la investigación se desarrollan de acuerdo al cronograma presentado en el anexo 3.

Capítulo 4.

4.1 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de investigación obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes instrumentos en concordancia con las fases de investigación.

4.1.1 Fase 1. Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con las competencias no técnicas requeridas para la operación militar.

Tras la aplicación de la guía de observación, se procede a la organización y depuración de los datos obtenidos recopilando la información a través del aplicativo MS Excel generando un archivo a partir del aplicativo MS Forms. Asimismo, para la codificación de la información relevante en las categorías de observación definidas, se emplea la herramienta de nubes semánticas de MS Forms, la cual permite obtener una visualización gráfica de las principales palabras, conceptos e ideas que se encuentran en cada categoría. En estas, los tamaños de letra son proporcionales a la importancia numérica, es decir, se puede obtener la frecuencia de cada término introducido en términos porcentuales y de cantidad, lo que ayuda en la labor de categorización de los valores y su posterior agrupación. Los resultados de esta codificación se pueden revisar en el anexo 4.1 “Resultados guía de observación”.

En términos generales, durante la observación en campo se pudo evidenciar que durante los cursos de entrenamiento que efectúan los pilotos de ARP de forma anual en la Escuela Básica de Aeronaves Remotamente Pilotadas de la FAC, estos se enfrentan a dos misiones de simulación, designadas como misión de procedimientos normales y misión de procedimientos de emergencias respectivamente. Estas misiones se desarrollan de acuerdo a un formato de evaluación en el que se listan las diferentes tareas que deben ser completadas por los alumnos.

Las misiones tienen una duración promedio de 2 horas para los procedimientos normales y 3 horas para los procedimientos de emergencia y el flujograma de las mismas se resume en tres etapas: un briefing de preparación de la misión, en donde alumno e instructor revisan las normas de encuentro para la misión (configuración del escenario, tareas a evaluar, preguntas académicas por parte del instructor al alumno); desarrollo de la misión: ejecución de procedimientos de vuelo; y debriefing de la misión, en donde instructor y alumno se reúnen para retroalimentar lo que fue la misión, haciendo énfasis en las tareas en donde se presentaron fallos o errores de ejecución por parte del alumno.

Una vez codificada la información, se pudo evidenciar en cuanto a las categorías de análisis determinadas por los factores humanos, que no existe una estandarización en los instructores para entrenar a los alumnos. Sin embargo, en algunos casos se observaron prácticas individuales que convergen entre los instructores y que pueden ser útiles para el entrenamiento y la medición de los indicadores de comportamiento de algunas de las competencias estipuladas por la OACI (2013) en el *Documento 9995 Manual de instrucción basada en datos comprobados* (EBT) y por el *Inventario de competencias clave para los pilotos de la FAC* (Ramírez y Rodríguez, 2023) como se relaciona a continuación:

Competencia	Práctica observada (Interpretación)	Indicadores de comportamiento aplicados	Indicadores de comportamiento NO aplicados
Aplicación de procedimientos	Seguimiento de listas de chequeo para la ejecución de todos los procedimientos normales y de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina la fuente de las instrucciones de utilización. • Sigue los procedimientos de operación estándar a menos que un mayor grado de seguridad operacional imponga un cambio apropiado. • Determina y sigue todas las instrucciones de utilización en tiempo oportuno. 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Maneja correctamente los sistemas de a bordo y el equipo conexo. • Cumple las reglamentaciones aplicables. • Aplica los conocimientos procedimentales pertinentes. 	
Comunicación	<p>Interpretación de roles por parte del instructor, como personal adicional de la tripulación y controlador de tránsito aéreo.</p> <p>Simulación de tránsitos aéreos adicionales en el área de operación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se asegura de que el receptor está listo y es capaz de recibir la información. • Selecciona de forma apropiada qué comunicar, cuándo, cómo y a quién. • Transmite mensajes de forma clara, breve y precisa. • Confirma que el receptor comprende correctamente información importante. • Escucha atentamente y demuestra entender al recibir la información. • Formula preguntas pertinentes y eficaces. • Lee e interpreta con precisión la documentación de la compañía y el vuelo requerida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lee, interpreta, crea y responde con precisión a los mensajes de enlace de datos en inglés. • Se ciñe a la fraseología y los procedimientos radiotelefónicos normalizados. • Completa informes precisos tal como exigen los procedimientos de operación. • Interpreta correctamente la comunicación no verbal. • Utiliza el contacto visual y los movimientos y gestos corporales coherentes con y en respaldo de los mensajes verbales.
Uso de la automatización.	<p>Alteración de condiciones ambientales del escenario.</p> <p>Generación de fallas técnicas en la aeronave.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Controla la aeronave utilizando la automatización con precisión y facilidad según la situación. • Detecta desviaciones de la trayectoria deseada de la aeronave y toma las medidas oportunas. • Mantiene la aeronave dentro de la envolvente normal de vuelo. • Gestiona la trayectoria de vuelo para lograr una actuación operacional óptima. • Selecciona en tiempo oportuno el nivel y modo de automatización apropiado, teniendo en cuenta la fase de vuelo y el volumen de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene la trayectoria deseada durante el vuelo utilizando la automatización mientras se ocupa de otras tareas y distracciones.

		<ul style="list-style-type: none"> • Supervisa con eficacia la automatización, comprendidos el acoplamiento y las transiciones al modo automático. 	
Liderazgo y trabajo en equipo	Ninguna		<ul style="list-style-type: none"> • Comprende y acepta las funciones y los objetivos de la tripulación. • Crea una atmósfera de comunicación abierta y alienta la participación del equipo. • Toma la iniciativa y da instrucciones según sea necesario. • Admite errores y asume responsabilidades. • Se anticipa y responde adecuadamente a las necesidades de otros miembros de la tripulación. • Cumple instrucciones cuando le se den. • Comunica inquietudes e intenciones pertinentes. • Da y recibe opiniones constructivas. • Interviene con confianza cuando es importante para la seguridad operacional. • Demuestra empatía, respeto y tolerancia hacia otras personas. • Atrae a otros para la planificación y asigna actividades de forma equitativa y oportuna según las habilidades. • Afronta y resuelve conflictos y desacuerdos de manera constructiva. • Proyecta una imagen de autocontrol en cualquier situación.
Resolución de problemas y toma de decisiones	Generación de fallas técnicas en la aeronave que conllevan situaciones catalogadas como emergencias en vuelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Busca información precisa y oportuna de fuentes adecuadas. • Determina y verifica qué y por qué no han salido bien las cosas. • Emplea estrategias adecuadas de resolución de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Improvisa al afrontar circunstancias imprevisibles para lograr el resultado más seguro desde el punto de vista operacional.

		<ul style="list-style-type: none"> • Persevera en la resolución de problemas sin disminuir la seguridad operacional. • Utiliza procesos apropiados y oportunos de toma de decisiones. • Fija prioridades debidamente. • Determina y estudia opciones eficazmente. • Supervisa, examina y adapta decisiones según se requiera. • Determina y gestiona riesgos eficazmente. 	
Conciencia situacional	Generación de fallas técnicas en la aeronave.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina y evalúa con precisión el estado de la aeronave y de sus sistemas. • Determina y evalúa con precisión la posición vertical y lateral de la aeronave, así como su trayectoria de vuelo anticipada. • Anticipa con precisión lo que podría ocurrir: planifica y se adelanta a la situación. • Determina y afronta amenazas para la seguridad operacional de la aeronave y de las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determina y evalúa con precisión el entorno general que pueda afectar a la operación. • Hace un seguimiento del tiempo y el combustible. • Es consciente de las personas que participan en, o se ven afectadas por, la operación y de su capacidad para actuar como se esperaba. • Elabora planes de contingencia eficaces, basados en posibles amenazas. • Reconoce y responde eficazmente a las indicaciones de disminución de la toma de conciencia de la situación.
Gestión de cargas de trabajo	Generación de fallas técnicas en la aeronave.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene el autocontrol en cualquier situación. • Planifica, establece prioridades y programa tareas hábilmente. • Gestiona eficazmente el tiempo al desempeñar tareas. • Examina, supervisa y compara medidas a conciencia. • Verifica que se completen las tareas con los resultados esperados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece y acepta asistencia, delega cuando es necesario y pide ayuda con prontitud. • Maneja y se recupera eficazmente de interrupciones, distracciones, variaciones y fallas
Control de la envolvente operacional	Ninguna		<ul style="list-style-type: none"> • Conoce las implicaciones de ser piloto militar en términos de exposición al riesgo, aplicación legítima de la fuerza, vocación de

		<p>servicio a quien lo necesite y disponibilidad, en cumplimiento de la misión constitucional.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce sus responsabilidades como piloto militar en el marco de los derechos humanos, el Derecho Internacional Humanitario (DIH) y el Derecho de los Conflictos Armados (DICA). • Ajusta el curso de acción de acuerdo con los cambios del entorno o de las condiciones operacionales. • Mantiene los márgenes de seguridad del vuelo bajo presión operacional ya sea externa o autoimpuesta. • Asume y gestiona riesgos aceptables o necesarios durante la operación, sin degradar la seguridad de la misma. • Descarta acciones que suponen riesgos innecesarios o no aceptables, de acuerdo con la doctrina vigente. • Demuestra capacidad de recuperación ante eventos adversos o inesperados (impacto a otra aeronave, tripulante o paciente herido, etc.), manteniendo las prioridades de control del vuelo (volar, navegar, comunicar) y cumplimiento de la misión.
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 7 Matriz de análisis - Instrumento de observación

Con base en lo evidenciado, se puede determinar que, en el entrenamiento técnico efectuado en el simulador de vuelo y dependiendo de las prácticas individuales de los instructores, existen competencias no técnicas que son entrenadas de manera indirecta, mientras otras que se entrenan parcialmente y otras que no se entrenan en lo absoluto, así:

Competencias no técnicas evidenciadas en entrenamiento en simulador técnico		
Entrenadas indirectamente	Entrenadas parcialmente	No entrenadas
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de procedimientos • Uso de la automatización • Resolución de problemas y toma de decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación • Conciencia situacional • Gestión de cargas de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo y trabajo en equipo • Control de la envolvente operacional

Tabla 8 Conclusión guía de observación en campo

Adicionalmente y como complemento al instrumento aplicado, se procedió a realizar la verificación del programa de instrucción y entrenamiento empleado para dictar los cursos del sistema de ARP Scaneagle (*MANUAL – FAC - 7.2.1-C-SCANEAGLE*), en aras de revisar si existe información relacionada con la formación de habilidades no técnicas.

En esta verificación, se pudo evidenciar que actualmente dentro de los sílabos de las diferentes categorías académicas (pilotos, supervisores de vuelo e instructores), solamente en los cursos iniciales y de repaso del personal de supervisores e instructores de vuelo se tiene contemplado una clase catedrática con una intensidad de dos horas titulada “Factores humanos” y una clase catedrática de una hora titulada “CRM”.

En el mismo sentido, no se encuentran registros relacionados con instrucción práctica en esta área. Asimismo, dentro de los contactos establecidos durante la búsqueda de información, se encontró que existe un programa de análisis de datos de vuelo mediante el cual, las oficinas de seguridad operacional de cada Unidad Militar Aérea, pueden revisar y detectar si durante las misiones de vuelo, se cometieron desviaciones a los procedimientos de operación estándar.

Con base en los resultados obtenidos, se realiza el siguiente análisis DOFA en donde se recopilan las conclusiones alcanzadas en la primera fase de la investigación.

DEBILIDADES <i>(Atributos o destrezas carentes o poco observadas)</i>	OPORTUNIDADES <i>(Atributos o destrezas por mejorar)</i>
<p>No existe un programa de entrenamiento para los pilotos de ARP de la FAC enfocado en competencias no técnicas.</p> <p>No existen escenarios establecidos para el entrenamiento de los pilotos de ARP en simulador. Cada instructor es autónomo en el cómo desarrolla cada misión, siempre y cuando cumpla con las tareas técnicas estipuladas de acuerdo a la fase de entrenamiento (procedimientos normales o de emergencias).</p> <p>Carencia y/o bajas prácticas de instrucción que aporten al entrenamiento de las competencias denominadas <i>liderazgo y trabajo en equipo, conciencia situacional, gestión de cargas de trabajo y control de la envolvente operacional</i>.</p> <p>Si bien algunos instructores realizan ejercicios en los que asumen el rol de controlador de tránsito aéreo, no existen prácticas enfocadas al empleo de fraseología y procedimientos de comunicaciones aeronáuticas estándar.</p> <p>Ausencia de entrenamiento en conjunto que incluya los diferentes cargos que conforman las tripulaciones de los sistemas de ARP.</p> <p>No se evidencia entrenamientos con un enfoque específico para cada piloto, cuando no todos presentan las mismas necesidades formativas.</p>	<p>Capacitar al personal de instructores de vuelo para que obtengan habilidades de formación en las competencias no técnicas.</p> <p>Diseñar un programa de entrenamiento con énfasis en competencias no técnicas para el personal de pilotos de ARP, que sea independiente y adicional al entrenamiento recurrente que mencionado personal efectúa de forma anual.</p> <p>Establecer misiones y escenarios de simulación orientados específicamente al entrenamiento de factores humanos. Por ejemplo, incluir la ejecución de maniobras técnicas bajo la afectación de factores externos, en donde se permita la evaluación de los indicadores de comportamiento de las competencias no técnicas.</p> <p>Incluir tripulantes adicionales en las misiones de simulador, para asumir todos los cargos operativos de los sistemas de ARP: comandante de misión, piloto, técnico de inteligencia, técnico tripulante en tierra, en aras de fortalecer el entrenamiento de competencias como <i>comunicación, liderazgo y trabajo en equipo, y control de la envolvente operacional</i>.</p> <p>Implementar entrenamientos específicos para cada piloto a partir del análisis de datos que efectúan las secciones de seguridad operacional de las Unidades Militares Aéreas.</p>
FORTALEZAS <i>(Atributos considerados como buenas prácticas)</i>	AMENAZAS <i>(Riesgos externos o internos que afectan el proceso)</i>
<p>Amplia experiencia técnica por parte del personal de instructores de vuelo de la EBAPR.</p> <p>Los programas de instrucción y entrenamiento de los pilotos de ARP tienen un enfoque técnico alto, razón por lo cual se pudo evidenciar un elevado grado de cumplimiento para los indicadores de comportamiento de las competencias denominadas <i>aplicación de procedimientos, uso de la automatización, y resolución de problemas y toma de decisiones</i></p>	<p>Obsolescencia tecnológica para recrear escenarios con niveles de complejidad mayor que permitan visualizar condiciones externas a la operación de la aeronave, por ejemplo, otras aeronaves y/o condiciones ambientales adversas.</p> <p>Baja disponibilidad de personal de tripulantes para participar en las misiones de simulador debido a diferentes razones laborales, dificultando así un entrenamiento de equipo que permita afrontar futuras situaciones adversas durante la operación real de las ARP.</p>

Tabla 9 Matriz DOFA: Resultados fase I.

Aunque es imposible prever todos los escenarios de accidentes, especialmente en el actual sistema de aviación, cuya complejidad y alta fiabilidad sugieren que el próximo accidente podría ser completamente inesperado, el entrenamiento basado en datos comprobados (EBT) aborda este desafío. Pasa de una simple instrucción basada en escenarios a centrarse en el desarrollo y evaluación de competencias clave como una prioridad, mejorando así los resultados de la instrucción.

Los escenarios recomendados en el EBT son simplemente un medio para evaluar y desarrollar competencias. Dominar un número limitado de estas competencias debería permitir a los pilotos manejar situaciones de vuelo imprevistas por la industria aeronáutica, para las cuales no han sido entrenados específicamente (OACI, 2013).

En este sentido, y considerando los aspectos destacados en la matriz DOFA, se podría proponer una adaptación del programa de entrenamiento en datos comprobados de la aviación convencional para las tripulaciones de ARP, cuyo objetivo es desarrollar y evaluar las competencias requeridas para operar con seguridad, de manera y eficiente desde el punto de vista operacional, al tiempo que se abordan las amenazas más relevantes según la información de accidentes, incidentes, y operaciones de vuelo, que para el caso de la FAC se puede obtener de los análisis de datos de vuelo que ya se efectúan en la institución.

4.1.2 Fase 2. Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctico digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP

Se procedió a realizar la búsqueda de autores y/o compañías con fines comerciales en el área de educación que tuviesen relación con el diseño de estrategias de didáctica digital, esto con la finalidad de obtener información y comparar metodologías que tuvieran una experiencia de aplicación real indiferente del campo de acción. Tras efectuar una búsqueda en el motor de

Google con los términos “*learning design + diseño instruccional + estrategia didáctica digital + experiencias de aprendizaje*” y filtrar a de forma manual a partir del criterio de organizaciones comerciales, se seleccionaron las siguientes fuentes:

- *5 Steps to Learning Experience Design* de los autores *Drew Remiker y Jane Hourigan* (2019), de la compañía *NovoEd* (Estados Unidos). En este artículo, se presenta un modelo de cinco pasos para el diseño de aprendizajes con un enfoque empresarial basado en los principios de diseño invertido (*backwards design*), aprendizaje colaborativo, aprendizaje basado en proyectos ABP, retroalimentación entre pares, modelo ADDIE para el diseño instruccional y el modelo Kirkpatrick para la evaluación. Los pasos de esta metodología son: 1) conocer a los alumnos, 2) establecer objetivos, 3) diseñar actividades y experiencias, 4) soportar con contenido, y 5) entregar y evaluar.
- *Diseño de estrategias didácticas con tecnología*, del sitio *pruebat.org* (Sin fecha) de la *Fundación Carlos Slim* (México). Este diseño concibe al estudiante como participante activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo cual se deben emplear metodologías activas de enseñanza que incentiven su autonomía, creatividad, capacidad crítica, resolución de problemas, autorregulación y, sobre todo, su capacidad de aprender a aprender. En este sentido, se sugiere la utilización de metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas, el estudio de casos, el aprendizaje in situ, aprender sirviendo, la simulación, y el aprendizaje cooperativo. En Prueba-T se define una estrategia didáctica como “un conjunto de métodos, actividades, tecnologías y evaluaciones que el maestro utiliza en el aula para explicar, hacer comprender, motivar, estimular y mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje en sus estudiantes” (p.2). En otras palabras, las estrategias didácticas están formadas por los procesos afectivos, cognitivos y procedimentales que

facilitan la construcción del aprendizaje del estudiante y la implementación de la instrucción por parte del docente, por lo cual es necesario establecer la justificación, la audiencia, el contexto, la duración, los objetivos y competencias, el sustento teórico, los contenidos, la secuencia didáctica, las actividades, recursos y medios, y la evaluación que se aplicará durante el proceso de aprendizaje.

- *This is learning experience design (2023)*, del proyecto *lxd.org* del autor Niels Floor (Países Bajos). El modelo LXD (*Learning Experience Design*) es una metodología que se centra en diseñar experiencias de aprendizaje efectivas y atractivas. LXD combina elementos del diseño de experiencias de usuario (*UX*), la pedagogía, la psicología del aprendizaje y la tecnología educativa para crear entornos de aprendizaje que son no solo efectivos, sino también atractivos y motivadores para los estudiantes. Dentro de los principios del LXD se encuentran el enfoque en el estudiante, la generación de experiencias significativas, la interactividad y la participación del estudiante, el diseño intencional, la iteración y la mejora continua. Floor (2023), define el LXD como el proceso de crear experiencias de aprendizajes que permitan al alumno alcanzar el resultado de aprendizaje deseado (RAE) a partir de una orientación en el ser humano y objetivos específicos.

Tras la selección de citados documentos, se procedió a efectuar un análisis a partir de las cinco etapas para el diseño de una estrategia didáctica digital definidas en la construcción del instrumento (análisis, diseño, desarrollo, implementación, evaluación), obteniendo un resumen general de cada etapa, así como convergencias y divergencias entre los autores como se evidencia en el anexo 4.2.1 “Resultados matriz de análisis documental – Estrategia didáctica digital”, y en donde se resaltan los siguientes aspectos.

a) Análisis. En la fase de análisis para la construcción de una estrategia didáctica se debe abarcar la definición del problema, la razón y/u objetivos por la cual se requiere dicha estrategia. En todos los documentos estudiados se considera necesario realizar una exploración del contexto educativo: estudiantes, recursos, ambiente; y definir los objetivos de aprendizaje. Entre tanto, Hourigan y Remiker (2019) mencionan que se deben identificar las brechas de aprendizaje desde la perspectiva del saber hacer, mientras que el programa Prueba-T (s.f.) menciona la importancia de tener un respaldo financiero para llevar a buen término el desarrollo e implementación de la estrategia didáctica.

b) Diseño. Los autores emplean enfoques pedagógicos centrados en el estudiante, buscando fomentar su participación activa y su compromiso con el aprendizaje. Se enfatiza la selección de contenidos que respondan a las necesidades de los estudiantes, así como al uso de tecnologías digitales para su estructuración, de manera que sean contenidos atractivos y efectivos que aporten a una mejor interacción y a un mayor compromiso del estudiante. En los tres documentos se emplean metodologías de aprendizaje activo como el ABP y el aprendizaje colaborativo. Hourigan y Remiker (2019) y Prueba-T (s.f.) concuerdan en que se deben diseñar experiencias de aprendizaje que puedan ser aplicadas en la cotidianidad, a través de desafíos reales. A su vez, Hourigan y Remiker (2019) junto a Floor (2023) precisan que el diseño debe ser modular, creando experiencias de aprendizaje breves con objetivos específicos que lleven a un aprendizaje progresivo; manteniendo una organización temática de los contenidos mediante una secuencia didáctica (Floor, 2023).

Por otra parte, Prueba-T(s.f.) considera que desde la etapa de diseño se debe definir la duración (en tiempo) de la estrategia, y plantea una división de los contenidos en tres tipos: declarativos, procedimentales, y actitudinales, a partir de un sustento teórico. Mientras que Floor

(2023), considera importante considerar la diferenciación desde el diseño debido a las diversas necesidades y estilos de aprendizaje que se presentan en los entornos académicos.

c) Desarrollo. Para la creación de recursos educativos, los modelos estudiados recurren al uso de diversas plataformas y herramientas digitales, considerando el empleo de tecnologías que facilitan la interactividad y el compromiso del estudiante. Asimismo, existe un enfoque en asegurar que los recursos sean usables y accesibles para todos los estudiantes por lo que los autores coinciden en el empleo de contenido multimedia (visual, textual, audible, y kinestésico).

Sin perjuicio de lo anterior, se encuentran diferencias en el empleo de contenido, mientras que Hourigan y Remiker (2019) hablan de reutilizar contenidos que se dispongan de otros escenarios, Prueba-T (s.f.) sugiere que el material a utilizar sea de producción propia. Entre tanto, Floor (2023) demuestra una orientación mayor hacia el uso de la tecnología, enfatizando en la portabilidad con el empleo de dispositivos móviles y las tecnologías inmersivas como la realidad aumentada y la realidad virtual. Aunado a lo anterior, se resalta que Hourigan y Remiker (2019) y Prueba-T (s.f.) mencionan como factor clave activar la motivación como canal de autorregulación en los estudiantes antes de la ejecución de cualquier experiencia de aprendizaje.

d) Implementación. Existe un enfoque frecuente en adaptar los entornos de aprendizaje a plataformas y tecnologías digitales en donde se promueva la participación activa y el compromiso del estudiante, a partir de la colaboración y la interacción entre ellos como un objetivo común. Para lo cual, Floor (2023) menciona necesario cumplir dos requisitos para asegurar el éxito de la implementación. El primero de ellos, capacitar a los docentes en el uso de las nuevas herramientas digitales y metodologías como la promoción del aprendizaje colaborativo a través de trabajo en grupo, foros de discusión, y dinámicas de gamificación. El

segundo, el tener disponible soporte técnico y pedagógico para brindar asistencia ante eventuales problemas que se puedan presentar.

Otra arista en la etapa de implementación de las estrategias en didáctica digital, en la que convergen tanto Hourigan y Remiker (2019) como Floor (2023), es que esta se debe efectuar gradualmente, para lo cual se pueden llevar a cabo pruebas piloto que incluyan una retroalimentación de todos los actores en aras de rediseñar la estrategia cuando sea requerido. Cabe precisar, que en el documento de Prueba-T (s.f.) no se encuentra referencia a la fase de implementación de la estrategia didáctica.

e) Evaluación. En los autores consultados, se pudo evidenciar una combinación de evaluaciones formativas y sumativas para medir la efectividad e impacto de la estrategia didáctica, así como el análisis tanto de datos cuantitativos como cualitativos. Asimismo, la realimentación de los estudiantes se considera crucial dentro de mencionado análisis. Para la recolección de información de las evaluaciones, Prueba-T (s.f.) y Floor (2023) recurren a la aplicación de evaluaciones en medios digitales, y ambos documentos mencionan que se deben definir rúbricas acordes con las actividades y experiencias que se propongan en la estrategia.

Entre tanto, Hourigan y Remiker (2019) acuden al desarrollo de proyectos (ABP) para corroborar que los estudiantes alcancen los resultados de aprendizaje esperados (RAE). Mientras que Floor (2023), además incluye la autoevaluación, la evaluación entre pares y la aplicación de encuestas postcurso para permitir a los alumnos un espacio de reflexión sobre su propio progreso.

En cuanto a la información relacionada con el proceso de formación de los pilotos de ARP, solo se tuvo acceso a la malla curricular de los programas de instrucción y entrenamiento

de la FAC como se relaciona en el anexo 4.2.2 “Resultados matriz de análisis documental – Proceso de formación pilotos ARP”, toda vez que programas idénticos para otras fuerzas militares del mundo no se encuentran publicados en fuentes abiertas de información. Dentro de este, se pudo evidenciar que el programa de instrucción y entrenamiento de vuelo de los pilotos de ARP de la FAC, establece los lineamientos, contenidos, intensidad horaria y fases de los programas de formación, necesarios para desarrollar las competencias y obtener una autonomía como tripulante de vuelo o una certificación de conocimiento en los diferentes sistemas de ARP con que cuenta la institución.

Antes de iniciar el programa de formación como piloto de ARP, los aspirantes deben certificar tener conocimientos aeronáuticos básicos, para ello se realiza un curso previo en materias relacionadas: aerodinámica, meteorología, regulaciones aéreas, comunicaciones aeronáuticas, navegación aérea, entre otras. Asimismo, los alumnos a piloto de ARP deben contar con una certificación de aptitud psicofísica especial la cuál es realizada por el Centro de Medicina Aeroespacial de la FAC.

En el caso concreto del curso de piloto ARP del equipo *Scaneagle*, el programa se divide en tres fases: curso de tierra, simulador y periodo de vuelo. La fase de tierra consta de 64 horas de clase y se encuentra estructurada de forma modular en generalidades y sistemas de la aeronave, operación de vuelo, límites y procedimientos de emergencias, doctrina de empleo del equipo y uso misional del sistema. Con relación al presente trabajo de investigación, se observa que existe una cátedra dedica a la seguridad operacional, en la cual se tratan conceptos teóricos sobre programas de prevención y CRM.

El periodo de simulador se divide en dos etapas: básica y progreso. El periodo básico, consta de cuatro misiones de dos horas, en las que se enseñan los procedimientos de operación

normal como despegar, vuelo crucero, y maniobras de aterrizaje; y se culmina con una misión de chequeo en la que el alumno debe alcanzar un rendimiento mínimo para continuar con el periodo de progreso. En esta etapa, se efectúan nueve misiones de dos horas en las que el alumno aprende a ejecutar todos los procedimientos de emergencia que puede presentar el equipo, y se finaliza con una misión de chequeo que también requiere un rendimiento mínimo para continuar con el periodo de vuelo real de la aeronave.

En la fase de vuelo se desarrollan cuatro misiones, entre ellas una de evaluación. Estas se centran en el desarrollo de misiones cotidianas donde se practican los procedimientos normales y no se ejecutan emergencias a menos de que sean reales. Para finalizar el programa de formación inicial, los pilotos nuevos pasan a un periodo de supervisión operacional de seis misiones y con un mínimo de 20 horas y un máximo de 50 horas de vuelo de acuerdo a su desempeño.

En el programa de instrucción y entrenamiento también se definen de forma general los criterios de evaluación de los módulos del curso de tierra de los diferentes programados académicos (piloto básico, piloto supervisor, y piloto instructor), también se establecen límites en cuanto a cantidad de misiones por día que puede efectuar un alumno y un instructor. Asimismo, se pudo evidenciar que el modelo pedagógico de la FAC tiene una orientación hacia competencias del ser humano: saber, hacer, ser, y convivir.

Cabe aclarar que, dentro de los programas de formación, todos los pilotos deben efectuar un entrenamiento recurrente de forma anual, que incluye un repaso teórico y una evaluación en simulación sobre procedimientos normales y de emergencia.

4.1.3 Fase 3. Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en factores humanos por parte de los pilotos de los sistemas ARP

Se realizó la comparación de los instrumentos aplicados previamente, como se puede evidenciar en el anexo 4.2.3 Resultado matriz de triangulación de instrumentos, obteniendo consideraciones que se deben aplicar durante la elaboración de la propuesta, a partir de la identificación de categorías y subcategorías que se deben tener en cuenta en cada etapa de la construcción de la estrategia didáctica digital que se pretende diseñar, haciendo énfasis en las etapas de análisis y diseño que son las que limitan el alcance de la investigación, y en la fase de implementación en aras de generar recomendaciones aplicables a futuro en el proceso de formación de los pilotos de ARP al interior de la FAC.

En la siguiente tabla se presentan los aspectos mencionados:

Fase construcción de la estrategia didáctica	Categoría	Subcategoría	Aspectos a tener en cuenta dentro de la propuesta
Fase de análisis	Didáctica digital	Resultados de aprendizaje esperados	Definir los objetivos de aprendizaje esperados en un programa de entrenamiento en competencias no técnicas.
		Contexto educativo	Realizar la verificación del contexto educativo.
		Recursos educativos	Establecer los recursos físicos y tecnológicos disponibles. Verificar el estado y utilidad de los simuladores disponibles para conocer hasta que nivel se pueden plantear los escenarios de entrenamiento.
Fase de diseño	Entrenamiento en simulador	Escenarios	Modelar escenarios de entrenamiento en simulador cortos y con objetivos concretos en relación con las competencias no técnicas.
		Evaluación	Definir criterios de evaluación.

		Roles	Incluir en los escenarios de entrenamiento, la definición de roles tanto internos (tripulación) como externos (control de tránsito aéreo, otras aeronaves).
	Instructor	Capacitación	Formar al personal de instructores de la EBARP en competencias no técnicas y entrenar a los mismos en la aplicación de los escenarios propuestos.
Fase de implementación	Competencias no técnicas	Liderazgo	
		Trabajo en equipo	
		Conciencia situacional	Se sugiere que la primera fase de implementación de la propuesta sea en la definición y aplicación de escenarios de entrenamiento en las competencias en las que actualmente se evidencia un bajo grado de entrenamiento indirecto con los programas de formación actuales.
		Gestión de cargas de trabajo	
		Control de la envolvente operacional	
		Comunicación	Se recomienda la generación de escenarios de entrenamiento para la competencia denominada "Comunicación" en los que se incluya obligatoriamente el empleo de prácticas estándar de acuerdo a la reglamentación aeronáutica existente.
	Piloto ARP	EBT (Entrenamiento basado en datos comprobados)	Los escenarios que entrenarán los pilotos serán asignados con base en las falencias evidenciadas en la institución con los datos disponibles del programa análisis de telemetrías de vuelo.

Tabla 10 Consideraciones para el desarrollo de la propuesta

4.1.4 Presentación de la propuesta

Estrategia didáctica digital para el entrenamiento de competencias no técnicas en los pilotos de ARP de la FAC

Objetivo.

Desarrollar y evaluar las competencias requeridas para operar con seguridad desde el punto de vista operacional, de manera eficaz y eficiente, en un entorno de operaciones militares con sistemas de ARP, mediante el entrenamiento en escenarios simulados en donde se abordan amenazas reales.

Componente pedagógico.

La estrategia didáctica que se presenta a continuación se fundamenta en el aprendizaje basado en la experiencia, se busca que los alumnos a través de escenarios de entrenamiento en simulador de vuelo experimenten situaciones adversas realistas de manera segura, en las que deban poner en práctica los principios de comportamiento asociados a las competencias no técnicas, a la par que desarrollan maniobras y procedimientos de operación estándar, y reciben retroalimentación inmediata sobre su desempeño.

El aprendizaje experiencial es un enfoque pedagógico que se basa en la premisa de que los individuos aprenden mejor a través de la experiencia directa y reflexiva. Al involucrar a los estudiantes en actividades prácticas y permitirles reflexionar sobre sus experiencias, el aprendizaje experiencial fomenta una comprensión más profunda y significativa de los conceptos teóricos. Este método se fundamenta en el ciclo de aprendizaje de David Kolb, que incluye cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa (Espinar y Viguera, 2020).

Este enfoque ha demostrado ser eficaz en una variedad de contextos educativos, desde la formación profesional hasta la educación superior, promoviendo habilidades críticas como la resolución de problemas, la toma de decisiones y la adaptación a nuevas situaciones (Ávila, Guerrero y Villacreses, 2024).

Construcción de la estrategia didáctica digital

1. **Análisis.** Para el análisis de la estrategia didáctica digital, se recurre a la estructura del lienzo de diseño de experiencias de aprendizaje planteada por Niels Floor como se presenta a continuación.

Figura 4 Lienzo de experiencia d aprendizaje (Fuente: lxd.org)

a) Resultados de aprendizaje esperados:

- i. Disminuir la tasa de accidentalidad en la operación de sistemas de ARP que tienen como factor causal el factor humano.

- ii. Proveer a los pilotos de ARP las herramientas necesarias para afrontar situaciones adversas mediante la aplicación de los principios de comportamiento de a las competencias no técnicas establecidas por la OACI, así como la competencia denominada “control de la envolvente operacional” que implica el entorno de operación militar.

b) *Objetivos de aprendizaje:*

- i. Identificar situaciones adversas durante la operación de los sistemas de ARP que requieran la aplicación de los principios de comportamiento de las competencias no técnicas.
- ii. Conocer las competencias no técnicas requeridas para la operación de ARP y sus principios de comportamiento.
- iii. Aplicar los principios de comportamiento de las competencias no técnicas durante todas las fases de vuelo de las ARP.
- iv. Ser capaz de adaptarse a cambios y situaciones imprevistas, en respuesta a circunstancias adversas durante el vuelo.

c) *Personas:*

i. *Activas:*

1. *Primarias:*

- a. Alumnos: Oficiales que pertenecen a la planta de pilotos del equipo Scaneagle.

2. *Secundarias:*

- a. Instructores: Oficiales que pertenecen a la planta de pilotos del equipo Scaneagle y que cuentan con la autonomía de instructor de vuelo, quienes operaran el simulador de vuelo.

b. Psicología de aviación: Psicólogos de las oficinas de comportamiento humano que realizarán la evaluación de los alumnos en cuanto a la aplicación de los principios de comportamiento de las competencias no técnicas.

ii. *Pasivas:*

a. *Escuela Básica de ARP:* Miembros de la institución implicados en el desarrollo e implementación de la estrategia. Estos incluyen: director, secretario académico, comandante de escuadrón de instrucción y entrenamiento, comandante escuadrilla simuladores de vuelo.

d) *Características:* Se parte de la premisa de que todos los pilotos de ARP de la FAC deben contar con una certificación de actitud psicofísica vigente y que renuevan a través de exámenes médicos y psicológicos cada dos años. Ante este panorama, se descarta que los alumnos tengan deficiencias motoras o cognitivas. Con este dato presente, se procede a consolidar una descripción general de los alumnos.

i. *Alumnos:*

- *Edad:* 20 – 38 años
- *Género:* Mixto – Hombre y mujeres.
- *Lugar de origen:* Los pilotos de ARP provienen de diferentes áreas de Colombia, por lo cual se tiene una variedad multicultural y se hace necesario el empleo de una terminología neutra y que sea comprensible por todos de la misma manera.
- *Formación profesional:* En su mayoría, los pilotos de ARP poseen una formación académica profesional en diferentes ramas de la ingeniería (mecánica, sistemas, telecomunicaciones, aeronáutica). Asimismo, se

encuentra un porcentaje menor de pilotos formados en carreras de administración.

e) Ubicación: El lugar donde se llevará a cabo la estrategia será la Escuela Básica de Aeronaves Remotamente Pilotadas – EBARP, ubicada en el Comando Aéreo de Combate N°3 en Malambo – Atlántico. Toda vez que dentro de sus instalaciones se encuentran los simuladores de vuelo del sistema de ARP Scaneagle.

f) Entorno:

i. Físico: Los simuladores de vuelo del sistema de ARP Scaneagle se encuentran instalados en cuartos similares a las cabinas de operación real del equipo. La estación del alumno está compuesta por dos computadoras y sus periféricos. La primera cuenta con dos monitores, y se emplea para el monitoreo de los parámetros de vuelo, así como para el comando y control de la aeronave. Entre tanto, la segunda tiene una sola pantalla que se utiliza para la visualización de la información obtenida por los sensores a bordo del avión (cámaras de video) y control de los mismos.

En cuanto al instructor, cuenta con una sola computadora con dos pantallas, en donde se pueden controlar los parámetros del simulador, y visualizar los diferentes comandos ejecutados por el alumno.

A diferencia de una estación de control real, en los simuladores de vuelo no se tienen radios para comunicaciones aeronáuticas y/o comunicaciones con fuerzas de superficie.



Figura 5 Fotografía simulador de vuelo Scaneagle (Fuente: propia)

- ii. Virtual:* Los simuladores de vuelos del sistema de ARP Scaneagle funcionan con el mismo software de operación real del equipo, se pueden generar, ver y escuchar todas las alarmas con que cuenta el avión en la realidad.
 - iii. Social:* Dentro de la estrategia para el entrenamiento de competencias no técnicas, se plantea que la relación instructor-alumno sea una relación entre pares, en aras de proporcionar un nivel mayor de confianza en los alumnos que ayude a mejorar su desempeño.
 - iv. Cultural:* Al tratarse de una institución castrense, en la relación instructor – alumno debe prevalecer el trato respetuoso dentro de los principios de la doctrina y cortesía militar.
- g) Recursos:*
- i. Humanos:* 06 instructores de vuelo, 02 psicólogos de aviación, alumnos de cada curso programado.
 - ii. Técnicos:*
 - 03 simuladores de vuelo del sistema de ARP Scaneagle.

01 tablero análogo por simulador para briefing de misión.

03 intercomunicadores para recrear comunicaciones entre tripulación.

02 altavoz y micrófono para recrear llamados aeronáuticos.

iii. Tiempo: Se requiere disponibilidad para efectuar mesas de trabajo entre los instructores de vuelo junto a los psicólogos de aviación para construir los escenarios de entrenamiento de competencias no técnicas de acuerdo al diseño propuesto.

h) Restricciones:

i. Personal: Debido a disponibilidades operativas, no se posible reunir a todos los instructores y psicólogos de aviación de forma presencial para la definición de los escenarios de entrenamiento. De la misma manera, y pensando en escenarios que incluyan participación de varios instructores asumiendo roles, se tendrán hasta tres instructores disponibles para las sesiones de entrenamiento.

ii. Tecnológicos: En los simuladores de vuelo disponible, no es posible simular aeronaves adicionales en el entorno de operación. Por lo cual, esta práctica se propone realizar con personas adicionales (otros alumnos o instructores) en las sesiones asumiendo este rol, al igual que el rol de tripulantes adicionales y control de tránsito aéreo.

i) Estrategia: Aprendizaje experiencial mediante entrenamiento en simulador de vuelo en los que el piloto de ARP deberá reconocer y aplicar los principios de comportamiento de las competencias no técnicas en aras de solventar de manera satisfactoria situaciones adversas. Para ello, se definirá un modelo de escenario de entrenamiento guía para que entre instructores y psicólogos de aviación construyan supuestos que podrían ocurrir en la realidad.

Por otra parte, se dará un enfoque colaborativo en el que se involucra a los alumnos en las misiones de sus compañeros, asumiendo roles que se requieran en los diferentes escenarios.

Asimismo, se propone una fase de instrucción, en la que los pilotos de ARP presenten un simulador de competencias no técnicas con periodicidad semestral, en el que se enfoquen en 02 competencias, de tal manera que el entrenamiento de las 08 competencias no técnicas definidas se complete tras 04 fases de entrenamiento (02 años). Posteriormente, se plantea una fase evaluativa, en la que los escenarios a entrenar por cada piloto, sean seleccionados de acuerdo con el programa de análisis de datos de vuelo que efectúa la FAC y que le permite identificar falencias, errores y/o violaciones a los procedimientos por parte de los pilotos.

El objetivo de la fase de instrucción basada en escenarios es desarrollar, mantener y practicar habilidades para manejar eficazmente errores y amenazas, con el fin de mejorar la capacidad de la tripulación para enfrentar situaciones tanto predecibles como inesperadas. En esta etapa, el instructor debe dar retroalimentación inmediata cuando sea necesario para posibilitar el desarrollo de competencias por parte de los pilotos o mejorar la experiencia de aprendizaje.

j) Actividades:

- i.* Estudio de casos.
- ii.* Entrenamiento en simulador.
- iii.* Evaluación de las sesiones de entrenamiento.

k) Proceso:

- i.* Sesión académica sobre competencias no técnicas. Sesión explicativa por parte de un psicólogo de aviación sobre las dos competencias en las que se realizará énfasis

durante el periodo de entrenamiento programado. En esta se presentarán casos de estudio asociados a la temática.

- ii. Sesión de simulador de escenarios de competencias no técnicas. Cada alumno participará de por lo menos 05 escenarios durante una misión de 02 horas de acuerdo a las competencias a entrenar en las diferentes fases de vuelo. Cada sesión de entrenamiento tendrá un briefing de preparación con los participantes, en donde se revisa la configuración del escenario, las maniobras a practicar, y los roles de cada involucrado.
- iii. Realimentación. Posterior a la sesión de simulador, el psicólogo de aviación junto el instructor de vuelo, darán una realimentación al piloto ARP con base en los principios de comportamiento de las competencias entrenadas, así como del desempeño técnico demostrado durante las situaciones adversas.

2. **Diseño.** A continuación, se presenta la plantilla creada para la construcción de los escenarios de entrenamiento de competencias no técnicas.

Código escenario	CN-SIM-NUM La numeración de los escenarios será dada por letras SIM (simulador), seguido de CN (Competencias no técnicas) y un número de consecutivo (XXX).							
Competencia no técnica	Se marca con una X sobre la casilla que corresponda de acuerdo al entrenamiento propuesto.							
	APR	COM	UAU	LTE	RTD	CSI	GCT	CEO
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<ol style="list-style-type: none"> a. Aplicación de procedimientos APR b. Comunicación COM c. Uso de la automatización UAU d. Liderazgo y trabajo en equipo LTE e. Resolución de problemas y toma de decisiones RTD f. Conciencia situacional. CSI g. Gestión de cargas de trabajo GCT 							

h. Control de la envolvente operacional CEO

Fase de vuelo Se marca con una X sobre la casilla que corresponda de acuerdo al entrenamiento propuesto.

PRE	DES	CRU	APR	SOB	POS

- a. Prevuelo
- b. Despegue
- c. Crucero
- d. Aproximación y aterrizaje
- e. Sobrepasso
- f. Postvuelo

Riesgo asociado Descripción de la amenaza, error o enfoque que se puede presentar y sus consecuencias.

Resultado deseado Objetivo de aprendizaje del escenario. Acciones que se esperan por parte del piloto ARP tanto desde el punto de vista técnico como desde los indicadores de comportamiento de las competencias no técnicas.

Configuración del escenario Área: Ubicación geográfica a utilizar.
 Condiciones ambientales: Descripción de las condiciones atmosféricas del escenario como viento, nubosidad, fenómenos meteorológicos, horario.
 Estado de la aeronave: Carga paga, peso, combustible, indicaciones previas.
 Pistas disponibles: descripción de campos para aterrizajes de emergencia, rumbo y distancia, orientaciones de las pistas de despegue y aterrizaje.

Elementos escénicos Historia del escenario: tipo de misión, estado tránsito aéreo

Roles Se escribe la cantidad de personal requerido para el entrenamiento de acuerdo a los elementos escénicos que se describan.

ATC	TTR	TIR	CMA	AA

- a. ATC: Controlador de tránsito aéreo.
 - b. TTR: Técnico tripulante en tierra.
 - c. TIR: Técnico de inteligencia.
 - d. CMA: Comandante de misión aérea
 - e. AA: Aeronaves adicionales
-

Tabla 11 Modelo de escenario de entrenamiento competencias no técnicas

Criterios de evaluación.

Para medir el desempeño de los pilotos en cada una de las competencias, se calificarán los indicadores de comportamiento definidos en el *Manual de instrucción basada en datos comprobados* (OACI, 2013) y para la competencia denominada "Control de la envolvente operacional", los indicadores de comportamiento definidos en el *Inventario de Competencias Clave para los Pilotos FAC* (Ramírez y Rodríguez, 2023), así:

COMPETENCIA NO TÉCNICA	INDICADOR DE COMPORTAMIENTO
Aplicación de procedimientos	Determina la fuente de las instrucciones de utilización.
	Sigue los SOP a menos que un mayor grado de seguridad operacional imponga un cambio apropiado.
	Determina y sigue todas las instrucciones de utilización en tiempo oportuno.
	Maneja correctamente los sistemas de a bordo y el equipo conexo.
	Cumple las reglamentaciones aplicables.
	Aplica los conocimientos procedimentales pertinentes.
Comunicación	Se asegura de que el receptor está listo y es capaz de recibir la información.
	Selecciona de forma apropiada qué comunicar, cuándo, cómo y a quién
	Transmite mensajes de forma clara, breve y precisa.
	Confirma que el receptor comprende correctamente información importante
	Escucha atentamente y demuestra entender al recibir la información
	Formula preguntas pertinentes y eficaces
	Se ciñe a la fraseología y los procedimientos radiotelefónicos normalizados
	Lee e interpreta con precisión la documentación de la compañía y el vuelo requerida
	Lee, interpreta, crea y responde con precisión a los mensajes de enlace de datos en inglés.
Completa informes precisos tal como exigen los procedimientos de operación.	

	<p>Interpreta correctamente la comunicación no verbal.</p> <p>Utiliza el contacto visual y los movimientos y gestos corporales coherentes con y en respaldo de los mensajes verbales.</p>
	<p>Controla la aeronave utilizando la automatización con precisión y facilidad según la situación.</p> <p>Detecta desviaciones de la trayectoria deseada de la aeronave y toma las medidas oportunas.</p> <p>Mantiene la aeronave dentro de la envolvente normal de vuelo,</p> <p>Gestiona la trayectoria de vuelo para lograr una actuación operacional óptima,</p>
Uso de la automatización	<p>Mantiene la trayectoria deseada durante el vuelo utilizando la automatización mientras se ocupa de otras tareas y distracciones,</p> <p>Selecciona en tiempo oportuno el nivel y modo de automatización apropiado, teniendo en cuenta la fase de vuelo y el volumen de trabajo,</p> <p>Supervisa con eficacia la automatización, comprendidos el acoplamiento y las transiciones al modo automático.</p>
	<p>Comprende y acepta las funciones y los objetivos de la tripulación.</p> <p>Crea una atmósfera de comunicación abierta y alienta la participación del equipo.</p> <p>Toma la iniciativa y da instrucciones según sea necesario.</p> <p>Admite errores y asume responsabilidades.</p> <p>Se anticipa y responde adecuadamente a las necesidades de otros miembros de la tripulación.</p> <p>Cumple instrucciones cuando le se den.</p> <p>Comunica inquietudes e intenciones pertinentes.</p>
Liderazgo y trabajo en equipo	<p>Da y recibe opiniones constructivas.</p> <p>Interviene con confianza cuando es importante para la seguridad operacional.</p> <p>Demuestra empatía, respeto y tolerancia hacia otras personas</p> <p>Atrae a otros para la planificación y asigna actividades de forma equitativa y oportuna según las habilidades</p> <p>Afronta y resuelve conflictos y desacuerdos de manera constructiva.</p> <p>Proyecta una imagen de autocontrol en cualquier situación.</p>

Resolución de problemas y toma de decisiones	Busca información precisa y oportuna de fuentes adecuadas.
	Determina y verifica qué y por qué no han salido bien las cosas.
	Emplea estrategias adecuadas de resolución de problemas.
	Persevera en la resolución de problemas sin disminuir la seguridad operacional.
	Utiliza procesos apropiados y oportunos de toma de decisiones.
	Fija prioridades debidamente.
	Determina y estudia opciones eficazmente.
	Supervisa, examina y adapta decisiones según se requiera.
	Determina y gestiona riesgos eficazmente.
	Improvisa al afrontar circunstancias imprevisibles para lograr el resultado más seguro desde el punto de vista operacional.
Conciencia situacional	Determina y evalúa con precisión el estado de la aeronave y de sus sistemas.
	Determina y evalúa con precisión la posición vertical y lateral de la aeronave, así como su trayectoria de vuelo anticipada.
	Determina y evalúa con precisión el entorno general que pueda afectar a la operación.
	Hace un seguimiento del tiempo y el combustible.
	Es consciente de las personas que participan en, o se ven afectadas por, la operación y de su capacidad para actuar como se esperaba.
	Anticipa con precisión lo que podría ocurrir: planifica y se adelanta a la situación.
	Elabora planes de contingencia eficaces, basados en posibles amenazas.
	Determina y afronta amenazas para la seguridad operacional de la aeronave y de las personas.
Reconoce y responde eficazmente a las indicaciones de disminución de la toma de conciencia de la situación.	
Gestión de cargas de trabajo	Mantiene el autocontrol en cualquier situación.
	Planifica, establece prioridades y programa tareas hábilmente.
	Gestiona eficazmente el tiempo al desempeñar tareas.

	<p>Ofrece y acepta asistencia, delega cuando es necesario y pide ayuda con prontitud.</p> <p>Examina, supervisa y coteja medidas a conciencia.</p> <p>Verifica que se completen las tareas con los resultados esperados.</p> <p>Maneja y se recupera eficazmente de interrupciones, distracciones, variaciones y fallas.</p>
Control de la envolvente operacional	<p>Conoce las implicaciones de ser piloto militar en términos de exposición al riesgo, aplicación legítima de la fuerza, vocación de servicio a quien lo necesite y disponibilidad, en cumplimiento de la misión constitucional</p> <p>Conoce sus responsabilidades como piloto militar en el marco de los derechos humanos, el Derecho Internacional Humanitario (DIH) y el Derecho de los Conflictos Armados (DICA).</p> <p>Ajusta el curso de acción de acuerdo con los cambios del entorno o de las condiciones operacionales.</p> <p>Mantiene los márgenes de seguridad del vuelo bajo presión operacional ya sea externa o autoimpuesta.</p> <p>Asume y gestiona riesgos aceptables o necesarios durante la operación, sin degradar la seguridad de la misma.</p> <p>Descarta acciones que suponen riesgos innecesarios o no aceptables, de acuerdo con la doctrina vigente.</p> <p>Demuestra capacidad de recuperación ante eventos adversos o inesperados (impacto a otra aeronave, tripulante o paciente herido, etc.), manteniendo las prioridades de control del vuelo (volar, navegar, comunicar) y cumplimiento de la misión.</p>

Tabla 12 Indicadores de comportamiento competencias no técnicas

La calificación de los anteriores indicadores, se realizará manteniendo una alineación con los principios de calificación estipulados por la FAC en el Manual de Instrucción y Entrenamiento de Vuelo (MINEV), es decir, se tendrán cuatro niveles de acuerdo al rendimiento del alumno y serán representados por las letras A, B, C, N.

- Calificación A:

- Se desempeña siempre cerca de la norma la mayor parte del tiempo y casi nunca se sale de sus límites.
- Inmediatamente reconoce errores y rápidamente toma acciones correctivas.
- Raramente comete los mismos errores.
- La operación segura de la aeronave nunca está en duda.
- Calificación B:
 - Se desempeña dentro de la norma y ocasionalmente llega a los límites de esta.
 - Rápidamente reconoce errores y toma acciones correctivas.
 - A veces comete los mismos errores.
 - La operación segura de la aeronave nunca está en duda.
- Calificación C:
 - Se desempeña dentro de la norma y frecuentemente se alcanzan sus límites.
 - Lentamente reconoce errores para tomar acciones correctivas.
 - Frecuentemente comete los mismos errores.
 - La operación segura de la aeronave puede estar en duda.
- Calificación N:
 - Falta de conocimiento, habilidad o destreza para desempeñarse dentro del estándar.
 - No reconoce errores o toma acciones correctivas inapropiadas.
 - Continuamente comete los mismos errores.
 - La operación segura de la aeronave está en duda.

Adicionalmente, si durante alguna maniobra el alumno obtiene una calificación C o N, el evaluador deberá escribir una observación con los errores o correcciones necesarias para mejorar

el desempeño en el escenario. Asimismo, si uno o varios de los indicadores de comportamiento de la competencia no son requeridos, se dejará vacío, es decir, sin marcar ninguna calificación.

Prototipo – Escenario ejemplo

Código escenario	CN-SIM-001							
Competencia no técnica	APR	COM	UAU	LTE	RTD	CSI	GCT	CEO
	X	X						
Fase de vuelo	PRE	DES	CRU	APR	SOB	POS		
		X						
Riesgo asociado	<p>Incumplimiento: Consecuencias de incumplir los procedimientos de operación estándar. No seguimiento a listas de chequeo.</p> <p>Error del ATC. Omisión, falta de comunicación, transmisión ininteligible, de baja calidad.</p> <p>Prevención de colisiones en vuelo. Colisión con otras aeronaves.</p>							
Resultado deseado	<p>Aplicación de procedimientos: Reconocer que se ha producido un incumplimiento. Lanzar un mensaje de voz. Tomar las medidas oportunas, si es necesario. Restablecer, en caso necesario, una trayectoria de vuelo segura, desde el punto de vista operacional. Afrontar las consecuencias.</p> <p>Comunicaciones: Responder a las comunicaciones de forma apropiada. Reconocer, clarificar y resolver cualquier ambigüedad. Rechazar o cuestionar instrucciones poco seguras, desde el punto de vista operacional. Usar fraseología estándar siempre que sea posible.</p>							
Configuración del escenario	<p>Área: BLARP Saravena – Arauca (Aeropuerto Los Colonizadores)</p> <p>Pista de emergencia: 16 - 34</p> <p>Condiciones ambientales: SKSA 121500Z 01005 SCT025 29/22 Q1011 RMK A2985 NOSIG</p> <p>Estado de la aeronave: FAC 6051 Sensor EO-900 Combustible 2.7 KG GTOW 19.5 KG</p>							

Orientación lanzador 350°

Orientación skyhook 260°

Misión: Efectuar reconocimiento aéreo sobre punto de interés a 25 NM al SE de Saravena. Se requiere desvirtuar información sobre posible centro de acopio de insumos para el procesamiento de cultivos ilícitos.

Prioridad: Rutinario.

Punto de inicio:

Aeronave en punto de despegue, chequeos de motor efectuados sin novedad, siguiente paso de la lista de chequeo “System check and takeoff” – Chequeo antes del lanzamiento.

Secuencia:

- a. Piloto inicia ejecución de “chequeo antes del despegue” con asistencia del técnico tripulante en tierra cuando sea requerido.
- b. ATC solicita al piloto estimado de salida debido a tránsito de una aeronave tipo helicóptero del Ejército Nacional EJC 4321 ingresando por el sur de Saravena, al momento 10 NM fuera de la estación.
- c. Piloto notifica su estimado para despegar.
- d. ATC colaciona información y ordena notificar listo para despegar. Así mismo, asigna código transpondedor igual a matrícula 6051.
- e. Piloto solicita al ATC permiso para despegar.
- f. ATC autoriza despegue del FAC 6051.
- g. Piloto confirma autorización colacionando pista en uso, viento, temperatura y ajuste altimétrico.
- h. Piloto continúa con procedimiento de lanzamiento, al comandar máxima potencia, se escucha al piloto del EJC 4321 notificar final la pista 16.
- i. El ATC llama al FAC 6051 con un mensaje entrecortado.

Elementos escénicos

Punto de control:

- a) El piloto deberá cancelar el despegue y solicitar confirmación de la información.
 - j. Técnico en tierra confirma la cancelación del despegue con el *call out* “Cancel-cancel-cancel”.
 - k. El ATC confirma cancelación de autorización de despegue por el aterrizaje del EJC 4321.
 - l. El piloto colaciona la información.
-

Punto de control:

- b) El piloto deberá completar la lista de chequeo de abortaje y posterior reiniciar secuencia de lanzamiento de acuerdo a lista de chequeo.

Fin del escenario.

Roles	ATC	TTR	TIR	CMA	AA
	1	1			1

Tabla 13 Prototipo de escenario de entrenamiento

Evaluación escenario

Alumno					
Instructor					
Evaluador					
Fecha de aplicación					
Código escenario	CN-SIM-001			Calificación	
Competencia no técnica	Indicador de comportamiento		A	B	C N Observaciones
Aplicación de procedimientos	Determina la fuente de las instrucciones de utilización.				
	Sigue los SOP a menos que un mayor grado de seguridad operacional imponga un cambio apropiado.				
	Determina y sigue todas las instrucciones de utilización en tiempo oportuno.				
	Maneja correctamente los sistemas de a bordo y el equipo conexo.				
	Cumple las reglamentaciones aplicables.				
	Aplica los conocimientos procedimentales pertinentes.				

	Se asegura de que el receptor está listo y es capaz de recibir la información.
	Selecciona de forma apropiada qué comunicar, cuándo, cómo y a quién
	Transmite mensajes de forma clara, breve y precisa.
	Confirma que el receptor comprende correctamente información importante
	Escucha atentamente y demuestra entender al recibir la información
	Formula preguntas pertinentes y eficaces
Comunicación	Se ciñe a la fraseología y los procedimientos radiotelefónicos normalizados
	Lee e interpreta con precisión la documentación de la compañía y el vuelo requerida
	Lee, interpreta, crea y responde con precisión a los mensajes de enlace de datos en inglés.
	Completa informes precisos tal como exigen los procedimientos de operación.
	Interpreta correctamente la comunicación no verbal.
	Utiliza el contacto visual y los movimientos y gestos corporales coherentes con y en respaldo de los mensajes verbales.

Tabla 14 Prototipo de escenario de entrenamiento

Capítulo 5.

5.1 Conclusiones

El análisis de los resultados presentados en el capítulo 4 permite ahora reflexionar sobre la ruta establecida en el objetivo general de este trabajo. El cual pretende *diseñar una estrategia didáctica digital para entrenar las competencias no técnicas necesarias para la operación militar de sistemas de ARP, dirigida a los pilotos de la FAC*. Las conclusiones se estructuran según lo analizado para cada uno de los objetivos específicos planteados en esta investigación.

a. Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con las competencias no técnicas requeridos para la operación militar.

En primer lugar, se evidenció una falta de estandarización entre los instructores en el entrenamiento de los alumnos; toda vez que no hay escenarios establecidos para el entrenamiento de los pilotos de ARP en los simuladores, y cada instructor es autónomo en el desarrollo de cada misión, sin perjuicio de que se cumplan las tareas y maniobras técnicas estipuladas para la ejecución de procedimientos de emergencia.

A pesar de esto, se identificaron algunas prácticas individuales convergentes entre los instructores que podrían ser valiosas para el entrenamiento y la medición de las competencias no técnicas. En donde el análisis reveló que, en el contexto del entrenamiento técnico realizado en simuladores de vuelo, ciertas competencias no técnicas se entrenan de manera indirecta, otras se entrenan de forma parcial, mientras otras no se entrenan en absoluto. Esto se debe en gran medida a la variabilidad en las prácticas individuales de los instructores.

En este sentido, se identificó una carencia y/o prácticas deficientes en la instrucción que contribuyan al entrenamiento de competencias como liderazgo y trabajo en equipo, conciencia situacional, gestión de cargas de trabajo y control de la envolvente operacional. Asimismo, y aunque algunos instructores realizan ejercicios en los que asumen el rol de controlador de tránsito aéreo, no existen prácticas enfocadas en el empleo de fraseología y procedimientos de comunicaciones aeronáuticas estándar.

Por otra parte, se evidenció la ausencia de un entrenamiento conjunto que incluya a los diferentes cargos que conforman las tripulaciones de los sistemas de ARP, y la falta de un enfoque específico en el entrenamiento para cada piloto, considerando que no todos presentan las mismas necesidades formativas. Para lo cual, se podría emplear el programa de análisis de datos de vuelo existente actualmente en la FAC, que permite a las oficinas de seguridad operacional de cada Unidad Militar Aérea revisar y detectar desviaciones en los procedimientos de operación estándar durante las misiones de vuelo, para la implementación de un programa de entrenamiento basado en evidencia (*EBT*).

Finalmente, se encontró que, en los sílabos de las diferentes categorías académicas, no se tienen registros de instrucción práctica dedicada exclusivamente a los factores humanos. Por lo cual, se subraya la necesidad urgente de desarrollar y estandarizar un programa de entrenamiento para los pilotos de ARP de la FAC que incluya un enfoque integral en las competencias no técnicas, mediante escenarios de entrenamiento específicos en simuladores, la integración de prácticas conjuntas que involucren los diferentes roles dentro de la tripulación y la personalización del entrenamiento según las necesidades formativas individuales de cada piloto. Brindando un enfoque que contribuirá significativamente a mejorar la preparación y efectividad de los pilotos en la operación de sistemas de ARP en contextos militares.

b. *Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctico digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP.*

El proceso de construcción de una estrategia didáctico digital se puede abordar siguiendo el modelo de diseño instruccional ADDIE (Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación). En la fase de análisis, se identifican varios aspectos clave. En primer lugar, es esencial definir el problema y los objetivos que motivan la necesidad de la estrategia, así como explorar el contexto educativo, para conocer la población objetivo, los recursos disponibles y el entorno de aprendizaje.

En la etapa de diseño, se observó una tendencia por el empleo de metodologías pedagógicas centradas en el estudiante, como el ABP y el aprendizaje colaborativo, en donde se promueve la participación activa y compromiso con el aprendizaje. Asimismo, la selección de contenidos debe responder a las necesidades y estilos de los estudiantes mediante el uso de tecnologías digitales para la creación de experiencias que sean aplicables en la cotidianidad, lo cual hace que el aprendizaje sea atractivo y efectivo. Aunado a lo anterior, se resalta la importancia de aplicar un diseño modular, con experiencias de aprendizaje breves y objetivos específicos que fomenten un aprendizaje progresivo.

Durante la fase de desarrollo, se enfatiza el uso de diversas plataformas y herramientas digitales para crear recursos educativos multimedia interactivos, y que aseguren la usabilidad y accesibilidad para todos los estudiantes. Asimismo, se debe pensar en la posibilidad de desarrollar contenidos multiplataforma (portabilidad) e inmersivos a través de la realidad aumentada y la realidad virtual. Otro punto de valor durante la fase de desarrollo es pensar en la activación de la motivación de los estudiantes como un canal de autorregulación antes de enfrentarse a la experiencia de aprendizaje propiamente dicha.

Entre tanto, para la implementación de la estrategia didáctica digital es necesario capacitar a los docentes en las nuevas herramientas digitales y metodologías a utilizar, así como contar con un soporte técnico y pedagógico para solucionar problemas eventuales. También se destaca la importancia de llevar a cabo una implementación de manera gradual, realizando pruebas piloto y obteniendo retroalimentación de todos los actores involucrados en aras de rediseñar la estrategia si fuese necesario.

Por último, en la etapa de evaluación, una buena praxis es la combinación de evaluaciones formativas y sumativas para medir la efectividad e impacto de la estrategia didáctica. Para ello se deben definir rúbricas acordes con las actividades propuestas, en donde se considere el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como la retroalimentación a los estudiantes. Esta última se puede dar con alternativas como la autoevaluación, la evaluación entre pares y/o encuestas de percepción postcurso que lleven al estudiante a reflexionar sobre su progreso.

Además de los hallazgos generales sobre el proceso de construcción de una estrategia didáctica digital, se pudo evidenciar información específica sobre el proceso de formación de pilotos de ARP en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC). En donde el entrenamiento en simulador de vuelo se revela como un componente fundamental en la formación, ya que proporciona un entorno seguro y controlado para el aprendizaje y la práctica de procedimientos críticos, permitiendo experimentar una amplia gama de escenarios operacionales y de emergencia sin los riesgos inherentes a los vuelos reales, lo que convierte este tipo de entrenamiento como algo esencial para desarrollar competencias técnicas y no técnicas.

Igualmente, el entrenamiento en simulador permite la evaluación continua del desempeño de los pilotos, proporcionando retroalimentación inmediata y oportunidades para la mejora.

Asimismo, incorporar misiones de chequeo al final de cada etapa de formación, asegura que los pilotos alcancen un rendimiento mínimo requerido antes de avanzar a fases más avanzadas del entrenamiento. Este enfoque meticuloso y sistemático garantiza que solo los pilotos que demuestren un dominio adecuado de los procedimientos puedan mantener su certificación como pilotos autónomos, mejorando así la seguridad y eficacia operativa.

c. Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en competencias no técnicas por parte de los pilotos de los sistemas ARP.

Para definir un prototipo de experiencia de aprendizaje destinado al entrenamiento en competencias no técnicas para pilotos de sistemas de ARP, se realizó una comparación detallada entre los hallazgos del primer objetivo y las prácticas estipuladas en las etapas de construcción de la estrategia didáctica. Esta comparación reveló varios aspectos clave que informaron el diseño del prototipo.

En primer lugar, la fase de análisis subraya la necesidad de identificar claramente las brechas en competencias no técnicas. Este análisis permite definir objetivos de aprendizaje específicos que abordan estas brechas, asegurando que el prototipo se enfoque en áreas críticas para la operación segura y eficiente de los sistemas ARP. La exploración del contexto educativo y la consideración de los recursos disponibles también son esenciales para adaptar el prototipo a las necesidades y limitaciones específicas de los pilotos de ARP.

Durante la fase de diseño, se adoptan enfoques pedagógicos centrados en el estudiante, con énfasis en la creación de contenidos interactivos y atractivos que fomenten el compromiso y la participación activa. Se seleccionó la metodología del aprendizaje colaborativo, en donde se incluyen tanto instructores como alumnos para asumir roles en simulaciones de situaciones reales

que los pilotos puedan enfrentar. Este enfoque no solo facilita la adquisición de conocimientos teóricos, sino que también promueve la aplicación práctica de estos conocimientos en contextos operacionales relevantes.

5.2 Recomendaciones

Teniendo en cuenta que, el alcance propuesto para esta investigación abarcó hasta la fase de diseño de la estrategia didáctica digital, se sugiere a la institución que, en la etapa futura de desarrollo, se priorice una posibilidad de modernización de los simuladores de vuelo de los sistemas de ARP, en aras de reproducir escenarios con elementos complejos como la inclusión en el mismo software de simulación de otras aeronaves en los escenarios y condiciones meteorológicas adversas como lluvias o tormenta, en aras de crear un entorno de aprendizaje con un mayor grado de inmersión y realismo.

Asimismo, se sugiere la creación de mesas de trabajo entre la Escuela Básica de ARP, las Oficinas de Comportamiento Humano, y las Oficinas de Seguridad Operacional con el fin de crear los escenarios de entrenamiento de competencias no técnicas, siguiendo el modelo diseñado con la presente investigación. Ante este panorama, se considera válido la inclusión también de instructores de vuelo de aeronaves tripuladas, toda vez que, debido a la similitud en el desarrollo de los procedimientos para operaciones militares aéreas, el modelo de entrenamiento basado en escenarios que se plantea podría ser aplicado al entrenamiento de los pilotos militares de aeronaves convencionales en sus respectivos simuladores.

Por otra parte, para la implementación del prototipo se sugiere adelantar una capacitación integral para los instructores, asegurando que estén equipados para utilizar los nuevos escenarios de entrenamiento y aplicar la metodología pedagógica propuesta. También, se recomienda que se adopte una estrategia de implementación gradual, iniciando con los pilotos con mayor

experiencia, generando una retroalimentación de todos los actores involucrados, que permita realizar ajustes y mejoras antes de una implementación a gran escala.

Para finalizar, para la fase de evaluación de la estrategia, se propone la creación de formatos de autoevaluaciones que faciliten un análisis detallado del progreso y la efectividad del aprendizaje.

5.3 Referencias

- AAAES (2022). *Reglamento Aeronáutico Colombiano para Aviación de Estado 94. Reglas de vuelo y operación para sistemas aéreos no tripulados y sistemas de aeronaves remotamente pilotadas*. Diario Oficial de la Imprenta Nacional de Colombia No. 52.249 (15 de diciembre de 2022).
- Albihn, J. (2022). *Human Factors in Aerial Drone Operations*. Lund University. School of Aviation. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9094702>
- Acosta, A. (2018). *Innovación, tecnologías y educación. Las narrativas digitales como estrategias didácticas*. Revista Killkana Sociales, 2 (2), 31-38.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6538367>
- Allen, L. D. (09 de agosto de 1993). *Evolution of flight simulation*. Flight Simulation and Technologies. <https://doi.org/10.2514/6.1993-3545>
- Airbus (08 de febrero de 2019). *Stepping into the virtual world to enhance aircraft maintenance*. <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2019-02-stepping-into-the-virtual-world-to-enhance-aircraft-maintenance>
- Asim, M., Ehsan, N., y Rafique, K. (2010). *Probable causal factors in UAV accidents based on human factor analysis and classification system*. ICAS. 27th International Congress of the Aeronautical Sciences.
https://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2010/PAPERS/492.PDF
- Ávila Parrales, R. A., Guerrero Alcívar, H. A., y Villacreses Pincay, O. D. (2024). *La Filosofía de la Educación en el Aprendizaje Experiencial*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(1), 7129-7159. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10062

- Aznar Díaz, I., Romero Rodríguez, J.M., y Rodríguez García, A.M. (2018). *La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España*. EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC, 7(1), 256-274.
<https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
- Baquero Hernández, L., y León Suárez, C. (2022). *Integración e implementación de realidad virtual para un Simulador de entrenamiento de vuelo de uso libre*. Universidad Los Liberadores.
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/5140/Baquero_Leon_2022.pdf?sequence=1
- Barrero García, J. E., Parra Orozco, Y. A., & Conde Medinz, J. D. (2020). Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas de aprendizaje en la formación en investigación del suboficial del ejército nacional de Colombia. *Revista Innova ITFIP*, 6(1), 121-137.
<http://revistainnovaitfip.com/index.php/innovajournal/article/view/84>
- Bernal Pérez, C.A. (2019). *Modelo de entrenamiento en toma de decisiones para operadores de aeronaves remotamente tripuladas Scan Eagle de la FAC*. Escuela de Postgrados de la FAC. Maestría en Seguridad Operacional. <https://repositorio.craifac.com/handle/20.500.12963/441>
- Biocca, F., y Levy, M. R. (1995). *Communication in the age of virtual reality*. Routledge.
- Bolter, J., y Grusin, R. (1999). *Remediation: Understanding New Media*. MIT Press.
- Christie, M. S., y Gentile, T. J. (2015). *The transfer of spatial learning within virtual environments: Assessing the impact of active navigation and the presentation of*

exploration cues. Computers in Human Behavior, 51(Part B), 460-472. doi:
10.1016/j.chb.2014.11.031

Cisterna, F. (2005). *Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa*. Theoria, 1(14), 61-71.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900107>

Corzo Zamora, M. A., Díaz Ariza, A., y Rodríguez Guerrero, N. I. (2017-2020). *Marcador somático y toma de decisiones en operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas*. Tesis Psicológica, 15(1), 126-147. <https://doi.org/10.37511/tesis.v15n1a7>

Criscione, J., y Hofman, E. (2019). *Realidad Virtual y su aplicación como Servicios de Entrenamiento*. Universidad de San Andrés. Escuela de Negocios.
<https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/handle/10908/16135>

Escuela Básica de Aeronaves Pilotadas Remotamente. (2022). *Manual FAC-3-101-T-ScanEagle. Manual de técnicas, tácticas y procedimientos para el empleo del sistema RPA ScanEagle*. (Segunda edición). Fuerza Aérea Colombiana.

Espinar E., y Viguera M. (2020). *El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual*. Revista Cubana de Educación Superior, 39(3). Epub 01 de octubre de 2020.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142020000300012&lng=es&tlng=es.

Espinosa, Z., Wiles, J., Torres, V., Alves, L., Cosa, G., Fraga, G., Robles, J., García, H., Lima, K., Cunah, U., Rabelo, V., Hernández, J., Karam, J., Vásquez, M., Santana, O., Irizar, L., Méndez, R., Argotty, E., Molina, I., Suavita, M., Rodríguez, S. y Muñoz, D. (2019). *Enseñar y Educar en la civilización digital*. Colombia: Universidad Sergio Arboleda.

Hispanaviación. (2 de junio de 2021). *Simulación aérea y realidad virtual, el debate está abierto*.

Recuperado el 30 de marzo de 2023. <https://www.hispaviacion.es/simulacion-aerea-y-realidad-virtual-el-debate-esta-abierto/>

Fuerza Aérea Colombiana (2022). *Manual de instrucción y entrenamiento de vuelo MINEV*.

Quinta edición (primera enmienda). Jefatura de Educación Aeronáutica y Espacial.

Fuerza Aérea Colombiana (2024). *Programa de instrucción y entrenamiento sistema ARP*

Scaneagle. Décimo séptima edición. Escuela de Aeronaves Remotamente Pilotadas.

Inspección General Fuerza Aérea Colombiana. (2016). *Informes investigaciones de eventos de seguridad con ARP*. Fuerza Aérea Colombiana.

Inspección General Fuerza Aérea Colombiana. (2022). *Programa de prevención factores humanos*. Fuerza Aérea Colombiana.

Federal Aviation Administration FAA. (22 de enero de 2004). *Advisory Circular 120-51E Crew Resource Management Training*. Recuperado el 01 de mayo de 2023.

https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-51E.pdf

Federal Aviation Administration FAA. (01 de octubre de 2017). *Advisory Circular 120-71B*

Standard Operating Procedures and Pilot Monitoring Duties for Flight Deck

Crewmembers. Recuperado el 30 de marzo de 2023.

https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/1030486

Floor, N (2023). *This is learning experience desing*. Pearson.

- Flores Cruz, J. A., Camarena Gallardo, P., y Avalos Villarreal, E. (2014). *La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería*. *Apertura*, 6(2), 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68835725008>
- García Rodríguez, C. C., Mosquera Dussán, O. L., Guzmán Pérez, D., Zamudio Palacios, J. E., y García Torres, J. A. (2021). *Análisis de necesidades e implementación de tecnología de realidad virtual para entrenamiento y educación militar en Colombia*. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 13(1), 8–18. <https://doi.org/10.22335/rict.v13i1.1271>
- Guerra Garduño, A.J., y Cruz López de Ochoa, J. (2022). *Un Simulador ludificado de instructor de vuelo para practicar el Entrenamiento Basado en Evidencia*. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/74634/>
- Haider, A. (2014). *Remotely Piloted Aircraft Systems in Contested Environments A Vulnerability Analysis*. Joint Air Power Competence Centre. Recuperado el 05 de mayo de 2024 de <https://www.japcc.org/white-papers/remotely-piloted-aircraft-systems-in-contested-environments/>
- Hourigan, J., Remiker, D. (2019). *5 Steps To Learning Experience Design*. NovoEd. [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/559363/NovoEd%20Whitepaper%20-%205%20Steps%20to%20Learning%20Experience%20Design%20\(Jan%202019\)%20\(3\).pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/559363/NovoEd%20Whitepaper%20-%205%20Steps%20to%20Learning%20Experience%20Design%20(Jan%202019)%20(3).pdf)
- López, D. (2014). *Análisis y clasificación de factores humanos en eventos no deseados de seguridad operacional de aeronaves remotamente tripuladas (ART) de la Fuerza Aérea Colombiana en el 2012*. Escuela de Postgrados Fuerza Aérea. Especialización en seguridad aérea.

- Lozano-Vizzuett, M., y Madelein Villegas-Eulopa, G. (2021). *Realidad Aumentada y Realidad Virtual: Metaversos Emergentes e Innovadores en la Educación*. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, 13(10), 1445–1449.
<https://academiajournals.dropmark.com/1095180/28708240>
- Mata, L. (28 de mayo de 2019). *El enfoque cualitativo de investigación*. Investigalia. Recuperado el 01 de septiembre 2023 de <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-cualitativo-de-investigacion/>
- Martin, J. (2016). Perceptions of Digital Technology in Military Education. Auburn University.
<https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/5033/Perceptions%20of%20Digital%20Technology%20in%20Military%20Education.pdf?isAllowed=y&sequence=2>
- McCarley, J. S., y Wickens, C. D. (2004). *Human factors concerns in UAV flight*. University of Illinois at Urbana-Champaign Institute of Aviation, Aviation Human Factors Division.
<https://ininet.org/human-factors-concerns-in-uav-flight.html>
- Ministerio de Defensa de España (2022). Transformación digital de la enseñanza de las Fuerzas Armadas. Un caso práctico. Ministerio de Defensa.
https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/t/r/transformacion_digital_enseanza_ffaa_1.pdf
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). *Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge*. Teachers College Record, 108(6), 1017-1054. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

- Molina, I., Morales, J. y Rodríguez S. (2019). *Importancia de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje: Estudios en la educación media y superior*. Universidad Sergio Arboleda.
- Morales, J. y Rodríguez, S. (2018). *Las TIC, la innovación en el aula y sus impactos en la educación superior*. Universidad Sergio Arboleda.
- Muñoz, F. (2018). *Factores humanos en aviación: CRM (Crew Resource Management - gestión de recursos de la tripulación)*. Papeles del Psicólogo, Consejo General de Colegios Oficiales de Psicólogos, España, 39(3).
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77857281007>
- Murray, C. y Park, W. (2013). *Incorporating Human Factors Considerations in Unmanned Aerial Vehicle Routing*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 43 (4),860-874, DOI: 10.1109/TSMCA.2012.2216871.
- Mygal, G. (2022). *The problem of Human Factors in Unmanned Systems*. Scientific Journal of Polonia University, 52(3), 237-245. <https://doi.org/10.23856/5229>
- Ñaupas, H., Palacios, J., Valdivia, M., y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U.
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2011). *Circular 328 AN/190 Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*.
https://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_es.pdf
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2013). *DOC 9995 AN/497 Manual of Evidence-based Training*. Primera edición.

Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2016). *Anexo 19 Gestión de la seguridad operacional*. Segunda edición.

Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2016). *Doc 9966 Manual para la supervisión de los enfoques de gestión de la fatiga*. Segunda edición.

Otero, A., y Flores, J. (2011). *Realidad virtual: Un medio de comunicación de contenidos. Aplicación como herramienta educativa y factores de diseño e implantación en museos y espacios públicos*. Icono 14. Revista de Comunicación Audiovisual y Nuevas Tecnologías, 9(2), 185-211. <http://dx.doi.org/10.7195/ri14.v9i2.28>

Özyörük, H. E. (2020). *Systematic Analysis and Classification of the Literature Regarding the Impact of Human Factors on Unmanned Aerial Vehicles (UAV)*. Journal of Aviation, 4 (2), 71-81. DOI: 10.30518/jav.777483

Páez López, G. (2019). *Herramienta de entrenamiento neuropsicológico para operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas Scan Eagle de la Fuerza Aérea Colombiana*. Escuela de Postgrados de la FAC. Maestría en Seguridad Operacional. <https://repositorio.crai-fac.com//handle/20.500.12963/438>

Páez López, G. A., Díaz Ariza, A., Corzo Zamora, M. A., y Rodríguez Guerrero, N. I. (2020). *Herramienta de entrenamiento neuropsicológico para operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas Scan Eagle*. Ciencia y Poder Aéreo, 15(1),39-52. [fecha de Consulta 4 de marzo de 2023]. ISSN: 1909-7050. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673572607004>

- Pabón Vargas, C. (2018). *Sistema de realidad virtual para el entrenamiento de médicos en la inserción de herramientas quirúrgicas en la piel*. Pontificia Universidad Javeriana.
<http://hdl.handle.net/10554/40772>
- Padilla, M. (2011). *Técnicas e instrumentos para el diagnóstico y la evaluación educativa*. (2ª ed.). Editorial CCS.
- Postal, G.R., Pavan, W., y Rieder, R. (2016). *A Virtual Environment for Drone Pilot Training Using VR Devices*. 2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR), Gramado, Brazil, 2016, pp. 183-187, doi: 10.1109/SVR.2016.39.
- PruebaT. - Fundación Carlos Slim. (s.f.). *Diseño de Estrategias Didácticas con Tecnología*.
https://cdn.pruebat.org/recursos/recursos/lectura_interactiva-M5_desc.pdf
- Ramírez, B., y Rodríguez, C. (2023). *Inventario de competencias clave para los pilotos de la FAC*. Colección Ciencia y Poder Aéreo. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea.
<https://doi.org/10.18667/99789585245655>
- Ramirez, R. (2015). *Capacitación con simuladores de vuelo para pilotos de la Fuerza Aérea en un Ambiente de Aprendizaje Combinado*. Instituto Tecnológico de Monterrey.
https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/626492/Rogelio_Ramírez_Chávez_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Restrepo, B. (2004). *La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico*. Universidad de la Sabana. Educación y educadores, 7, 45-55.
<https://www.redalyc.org/pdf/834/83400706.pdf>

- Rivera Arteaga, E., & Torres Cosío, V. (2018). *Videojuegos y habilidades del pensamiento*. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 8(16), 267-288. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.341>
- Rodríguez, D. (2019). *Didáctica digital un reto para el docente actual en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Sánchez, J. (2013). Paradigmas de investigación educativa: de las leyes subyacentes a la modernidad reflexiva. Entelequia. Revista Interdisciplinar, 16, pp. 91-102.
https://www.researchgate.net/publication/257842598_Paradigmas_de_Investigacion_Educativa_de_las_leyes_subyacentes_a_la_modernidad_reflexiva
- Scherer, R., Tondeur, J., y Siddiq, F. (2017). *On the quest for validity: Testing the factor structure and measurement invariance of the technology-dimensions in the Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) model*. Computers and Education, 112, 1–17. doi:10.1016/j.compedu.2017.04.012
- Slater, M. (2009). *Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1535), 3549-3557.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rstb.2009.0138>
- University of Aberdeen (s.f.). *Non-Technical Skills- Human factors*. Applied Psychology and Human Factors Group. Recuperado el 05 de mayo de 2024 de <https://research.abdn.ac.uk/applied-psych-hf/non-technical-skills/>

Weldon, W.T., Hupy, J., Lercel, D., y Gould, K. (2021). *The Use of Aviation Safety Practices in UAS Operations: A Review*. Collegiate Aviation Review International, 39(1).

<http://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/8090/7470>

Wenjuan Z., Feltner, D., Shirley, J., Swangnetr, M., y Kaber, D. (2016). *Unmanned aerial vehicle control interface design and cognitive workload: A constrained review and research framework*. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). <https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844502>

Wild, G., Gavin, K., Murray, J., Silva, J., y Baxter, G. (2017). *A Post-Accident Analysis of Civil Remotely-Piloted Aircraft System Accidents and Incidents*. Journal of Aerospace Technology and Management, 9(2), 157-168. <https://doi.org/10.5028/jatm.v9i2.701>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de estado del arte

CATEGORÍA 1: Estrategia didáctica digital

CATEGORÍA 2: Factores humanos en ARP

CATEGORÍA 3: Entrenamiento de los pilotos militares de ARP

MATRIZ DEL ESTADO DEL ARTE					
REFERENCIA APA	UBICACIÓN	AUTOR Y AÑO	RESUMEN	ANÁLISIS	CONVERGENCIAS
Ministerio de Defensa de España (2022). <i>Transformación digital de la enseñanza de las Fuerzas Armadas. Un caso práctico</i> . Ministerio de Defensa. https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/tr/transformacion_digital_ense	España	Ministerio de Defensa de España (2022)	El objetivo del presente trabajo es proporcionar una guía a los docentes en general, y aplicable al CESEDEN, para la implantación de metodologías y tecnologías basadas en las TIC en sus asignaturas bajo un punto de vista de qué medios utilizar para optimizar los objetivos que pretende cada una de ellas	Se destaca que el análisis de metodologías y herramientas se realizó desde el punto de vista de aplicabilidad y resultados esperables. Se exponen múltiples metodologías y herramientas didácticas.	Metodologías y herramientas didácticas digitales
Martin, J. (2016). <i>Perceptions of Digital Technology in Military Education</i> . Auburn University. https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/5033/Perceptions%20of%20Digital%20Technology%20in%20Military%20Education.pdf?isAllowed=y&sequence=2	Estados Unidos	Martin, J. (2016)	En la investigación se buscó la relación entre las percepciones de estudiantes e instructores con la tecnología digital en la educación militar en una institución del arma de aviación del ejército en el estado de Alabama	Se encontrando que los instructores deben tener en cuenta las percepciones de los estudiantes al desarrollar material didáctico y los estudiantes deben conocer la tecnología disponible actualmente en la educación. Se utilizó un instrumento para recopilar antecedentes demográficos e informativos, que incluyó información respecto a experiencia con empleo de dispositivos electrónicos y preferencia respecto a métodos de impartición de instrucción. Este estudio encontró que había significancia estadística con respecto a la percepción del conocimiento tecnológico y de la importancia de la tecnología, así como hacia el método de instrucción utilizado en la educación militar. Por otra parte, se determinó que los estudiantes consideran la tecnología como parte importante para el mejoramiento de la educación militar y su implementación les ayuda con su trabajo	Importancia del conocimiento y empleo de la tecnología digital en la educación militar
Ramirez, R. (2015). <i>Capacitación con simuladores de vuelo para pilotos de la Fuerza Aérea en un Ambiente de Aprendizaje Combinado</i> . Instituto Tecnológico de Monterrey. https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/626492/Rogelio_Ramirez_Chavez_.pdf?sequence=1&isAllowed=y	México	Ramirez, R. (2015)	Efectuó la búsqueda de datos en la implantación de una metodología educativa en un contexto militar, mediante un ambiente combinado y simuladores de vuelo, en aras de determinar el impacto en el aprendizaje significativo del personal del Centro de Adiestramiento de Helicópteros de la Fuerza Aérea Mexicana.	se empleó un enfoque metodológico mixto, en el cual se analizaron los datos cuantitativos mediante tablas estadísticas, y los datos cualitativos con base a los datos arrojados por entrevistas y documentos, determinado por cuatro categorías establecidas: conocimientos, habilidades, datos relevantes y aprendizaje. Finalmente, el estudio concluyó que mediante el aprendizaje combinado apoyado en una plataforma virtual y con la ayuda de un simulador, los alumnos lograron un aprendizaje más significativo, debido a la relevancia en el empleo de las dos herramientas tecnológicas y por la facilidad que presenta el anclar el aprendizaje dictado en forma combinada con la práctica en el simulador.	Aprendizaje Combinado, Simuladores de Vuelo
Barrero García, J. E., Parra Orozco, Y. A., & Conde Medinz, J. D. (2020). <i>Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas de aprendizaje en la formación en investigación del suboficial del ejército nacional de Colombia</i> . Revista Innova ITFP, 6(1), 121-137. http://revistainnovaiftp.com/index.php/innovajournal/article/view/84	Colombia	Barrero García, J. E., Parra Orozco, Y. A., & Conde Medinz, J. D. (2020)	Análisis sobre el uso de las TIC como herramientas de aprendizaje en los programas académicos de la Escuela Militar de Suboficiales del Ejército Nacional de Colombia. Para lo cual también se aplicó una metodología mixta, a través del desarrollo de un cuestionario a docentes de la Unidad de Investigación de esta entidad educativa y los alumnos de primer y tercer nivel de su formación académica	Se concluye que desde los procesos de investigación, se puede fortalecer el perfil profesional y las competencias de los suboficiales del ejército con la inmersión y capacitación en el empleo de herramientas digitales, construyendo un aprendizaje colaborativo y cooperativista que potencie y desarrolle el trabajo en equipo y el aprendizaje autónomo, dando paso a la creación de relaciones sociales, apoyadas y mediadas por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.	Empleo de las TIC en los procesos de formación militar


MATRIZ DEL ESTADO DEL ARTE					
REFERENCIA APA	UBICACIÓN	AUTOR Y AÑO	RESUMEN	ANÁLISIS	CONVERGENCIAS
Mygal, G. (2022). The problem of Human Factors in Unmanned Systems. Scientific Journal of Polonia University, 52(3), 237-245. https://doi.org/10.23856/5229	Ucrania	Mygal (2022)	With the advent of unmanned systems, the development of ergonomics entered a new stage in the study of human-machine interaction and exacerbated security problems. The requirements for security and reliability of both the systems themselves and their main link, the human operator, have changed. New challenges – new human problems in digital systems. Digitization has allowed the creation of unmanned systems, but has also created an ergonomic contradiction “the growth of automation – the complication of the problem of the human factor”. Unmanned aerial systems have unique ergonomic problems associated with the characteristics of the UAV operator and the technical features of the UAVs themselves as complex systems. In this regard, the analysis of the causes of the ongoing manifestations of the human factor phenomenon in the functioning of unmanned systems, as well as the search for ways to reduce them, is relevant. The purpose of the work is a meta-analysis of the problem of the human factor in complex systems that actively use ICT, using the example of unmanned aerial systems. The article provides a critical look at the problems of the human factor in unmanned aircraft, which are not solved within the framework of existing approaches.	<p>identifica los siguientes desafíos ergonómicos en la operación de ARP:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Disminución de las señales sensoriales. Por ejemplo, el limitado campo de vista por los sensores a bordo de las aeronaves, la disminución de las sensaciones auditivas, propioceptivas y olfativas. •Percepción psicológica y emocional de la estación de control. Toda vez que son más como estaciones de trabajo de oficina que como una cabina tradicional de una aeronave. •Duración de las misiones. Largos periodos de operación, llegando incluso a más de 24 horas. Lo cual implica riesgos asociados con la fatiga y la necesidad de transferir el control a otro operador lo que puede conducir a errores. •Bosibilidad de destrucción de la aeronave por una terminación de emergencia del vuelo. Generando una serie de problemas como la reevaluación de la situación y su rol en ella, acciones deliberadas, riesgos de las instalaciones en tierra, entre otras. •Confianza en la automatización A diferencia de un avión, una ARP no tiene control manual en absoluto. 	Factores Humanos en ARP
Asim, M., Ehsan, N., y Rafique, K. (2010). Probable causal factors in UAV accidents based on human factor analysis and classification system. ICAS, 27th International Congress of the Aeronautical Sciences. https://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2010/PAPERS/492.PDF	Pakistan	Asim, M., Ehsan, N., y Rafique, K. (2010).	Human errors are responsible for 67.57% of accidents in one hundred years of aviation history (1905-2005). UAV technology was developed to eliminate human limitations and reduce chances of human factor in accidents. However, this experiment proved to be questionable, as the statistics show higher number of accidents involving human errors in unmanned systems. The aim of study is to determine causal factors in UAV accidents. A sample of 56 US Army UAV accidents was collected. The study revealed that human factor was involved in 18 (32%) accidents. It is recommended that man machine interface in UAV technology may improve further to avoid such cases. The ability of UAV crew to adjust in different scenario may be enhanced through extensive training	<p>el factor humano estuvo involucrado en el 32% de eventos de seguridad de UAV del ejército de EEUU. Con base en lo anterior, se recomendó mejorar la interfaz entre el hombre y la tecnología de la máquina para evitar tales casos, en razón a que la capacidad adaptación de las tripulaciones a diferentes escenarios puede mejorarse mediante el entrenamiento.</p>	Ergonomía, entrenamiento
Murray, C. y Park, W. (2013). Incorporating Human Factors Considerations in Unmanned Aerial Vehicle Routing. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 43 (4),860-874, DOI: 10.1109/TSMCA.2012.2216871.	EEUU - Corea del Sur	Murray, C. y Park, W. (2013).	Unmanned aerial vehicles (UAVs) have become increasingly valuable military assets and reliance upon them will continue to increase. Despite lacking an on-board pilot, UAVs require crews of up to three human operators. These crews are already experiencing high workload levels, a problem that will likely be compounded as the military envisions a future where a single operator controls multiple UAVs. To accomplish this goal, effective scheduling of UAVs and human operators is crucial to future mission success. We present a mathematical model for simultaneously routing UAVs and scheduling human operators, subject to operator workload considerations. This model is thought to be the first of its kind. Numerical examples demonstrate the dangers of ignoring the human element in UAV routing and scheduling	<p>Modelo matemático para la programación de tareas de operadores y las rutas de vehículos aéreos no tripulados considerando las cargas de trabajo, logrando demostrar los riesgos y peligros de ignorar el factor humano en este tipo de operaciones.</p> <p>actividades primordiales del piloto de ARP: el control de la aeronave sobre objetivos, el control de la aeronave entre objetivos y el análisis de los datos obtenidos durante la vigilancia de un objetivo</p>	Cargas de trabajo
Özyörük, H. E. (2020). Systematic Analysis and Classification of the Literature Regarding the Impact of Human Factors on Unmanned Aerial Vehicles (UAV). Journal of Aviation, 4 (2), 71-81. DOI: 10.30518/jav.777483	Turquia	Özyörük, H. E. (2020)	The use of unmanned aerial vehicles (UAV) in military and civilian areas is increasing day by day. This increased use poses risks related to accidents and incidents. Human factors are among the most important causes of accidents and incidents in aviation. Understanding the impact of these factors on unmanned aerial vehicles is vital to prevent the accidents and incidents. In this study, literature on human factors in unmanned aerial vehicles is systematically reviewed and classified. As a result of the classification made, it is aimed to understand which subjects are missing or inadequate. In this way, it is also attempted to make suggestions about future studies.	<p>los estudios del factor humano aún no son suficientes en términos de número y profundidad en el campo de las ARP. Además, llama la atención que existen muy pocos estudios sobre variables como carga de trabajo, toma de decisiones, conciencia situacional y fatiga, que son los principales temas en esta área. Asimismo, plantea que investigaciones futuras de cómo cambian estas variables bajo diferentes condiciones, y sobre cómo afectan la efectividad, la eficiencia y la seguridad de las operaciones de vuelo pueden ser beneficiosas para el futuro de los vehículos aéreos no tripulados.</p>	Factores Humanos en ARP
Weldon, W.T., Hupy, J., Lercel, D., y Gould, K. (2021). The Use of Aviation Safety Practices in UAS Operations: A Review. Collegiate Aviation Review International, 39(1), (pending). Retrieved from http://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/8090/7470	Estados Unidos	Weldon et al (2021)	Unmanned Aerial Systems, UAS, have rapidly become a part of the US National Airspace System (NAS) with more than 1.6 million registered between 2015 and 2020. As the number of UAS has increased so has the number of sightings by manned aircraft and airport operators. This increase in sightings has raised concerns about the safety of UAS operations, a concern validated by the experiences of the US military. Following high accident/incident rates during UAS operation the US military discovered that UAS, despite having no pilot onboard, are subject to human error. The research and methods to minimize human error are mature, widely integrated, and successful in manned aviation. This paper presents a literature review of three aviation safety practices and their use in UAS operations. Science Direct and the Web of Science Core Collection databases were reviewed for articles with the keywords "Crew Resource Management", "Safety Management Systems", or "Standard Operating Procedures" and "Unmanned Aerial System" or "Unmanned Aerial Vehicle." One hundred and sixteen articles containing these keywords were published between 2000-2020. Each of the discovered articles were downloaded and reviewed by two researchers. This review discovered that six articles discuss the use of either CRM, SMS, or SOPs in UAS operations, which suggests a need for a greater body of UAS research in these areas. This void in research mirrors the early integration approach taken by the US military, and the consequence of the knowledge gap was an increased accident rate. Additional research must be conducted to understand the effect of human error on civilian UAS operations to allow for the safe operation of UAS in the US NAS.	<p>revisión de las prácticas de seguridad de aviación que buscan reducir el error humano y aumentar la seguridad, empleadas en la operación de ARP. Para ello, adelantaron una búsqueda de literatura científica usando la colección principal del servicio Web of Science y Science Direct. Encontrando que las herramientas más mencionadas son el Manejo de Recursos de Tripulación CRM (Crew Resource Management), la Administración de Sistemas de Seguridad SMS (Safety Management System), y los Procedimientos de Operación Estándar SOPs (Standar Operating Procedures).</p>	CRM, SMS, SOP

MATRIZ DEL ESTADO DEL ARTE					
REFERENCIA APA	UBICACIÓN	AUTOR Y AÑO	RESUMEN	ANÁLISIS	CONVERGENCIAS
Guerra Garduño, A.J., y Cruz López de Ochoa, J. (2022). Un Simulador Ludificado de instructor de vuelo para practicar el Entrenamiento Basado en Evidencia. Universidad Complutense de Madrid. https://eprints.ucm.es/id/eprint/74634/	España	Guerra Garduño, A.J., y Cruz López de Ochoa, J. (2022).	<p>Hoy en día, el factor humano es una de las causas contribuyentes a la mayoría de accidentes aéreos.</p> <p>Es por ello que durante los últimos años se ha estado haciendo más énfasis en mejorar el entrenamiento que reciben los pilotos. Para ello, desde la industria aeronáutica se está impulsando un nuevo paradigma que recopila datos e integra información sobre el rendimiento de los pilotos en todas las competencias necesarias, tanto técnicas como no técnicas. A este paradigma se le conoce como Entrenamiento Basado en Evidencia.</p> <p>Los simuladores de vuelo son una herramienta fundamental en la formación de un piloto. En un simulador el piloto se enfrenta a escenarios especialmente diseñados por un instructor para probar a fondo sus competencias.</p> <p>Para evaluar las competencias basándose en la evidencia, el instructor trata de percibir e identificar correctamente unos determinados Comportamientos Observables que pueden darse o no en el piloto.</p> <p>La evaluación de las competencias no técnicas podría resultar imprecisa y demasiado subjetiva si el instructor no está bien formado para realizar esta identificación. Este trabajo presenta la producción de un simulador ludificado, sencillo e intuitivo, del trabajo de un instructor de vuelo, con el objetivo de que estos profesionales se familiaricen con ese trabajo de reconocimiento de comportamientos en los pilotos.</p> <p>Los objetivos establecidos en el proyecto finalizaron en la elaboración de un prototipo jugable denominado como Flight Instructor Simulator. Además, se realizaron pruebas con instructores reales de vuelo para comprobar su eficacia. El código fuente del prototipo se haya en un repositorio público en GitHub.</p> <p>Para llevar a cabo la elaboración del proyecto, se investigaron diferentes juegos serios basados en la enseñanza y se mantuvieron charlas con expertos en la instrucción de pilotos. Después de hacer bocetos y un primer prototipo sin interfaz gráfica, el siguiente paso fue trabajar en la elaboración del</p>	definición de las competencias no técnicas requeridas por los pilotos de aeronaves tripuladas comerciales, las cuales se podrían aplicar a los pilotos de aeronaves no tripuladas, puesto que muchas de las actividades que efectúan unos y otros se encuentran correlacionadas. En esta categoría de factores humanos se encuentran la aplicación de procedimientos, la comunicación efectiva, el uso de la automatización, el liderazgo y trabajo en equipo, la resolución de problemas y toma de decisiones, la conciencia situacional, y la gestión de cargas de trabajo.	EBT
Albihn, J. (2022). Human Factors in Aerial Drone Operations. Lund University, School of Aviation. https://up.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9094702	Estados Unidos	Albihn, J. (2022).	<p>Meanwhile experiencing an industry-wide lack of regulatory adaptation and official incident/accident data, aerial drone usage is becoming increasingly popular and so the potential safety concern they pose to civil aviation and 'ground-based objects'. Similarly to the aviation industry, its assumed Human Factors will be a proportionally increasing contributing factor in drone related incidents/accidents as drones becomes progressively more reliable. Seen as a suitable safety-related area to address, a better understanding of Human Factors in drone operations motivated the need for this project. Conducted as a qualitative interview study, gathered data from Remote Pilots/Operators was processed through the framework Evidence-Based Training (EBT). The project aimed to determine 'how' elements of Human Factors where incorporated into present aerial drone operations. The study found four main attributes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Predominant use of in-depth pre-flight preparations. 2.Low significance of Procedures, Problem Solving and Decision-Making mid-flight. 3.High significance of Workload Management and Situational Awareness. 4.Limited applicability of Teamwork, Leadership and Communication. <p>Likely shaped by the nature of operation, extensive pre-flight preparations were observed to aid operational conduct in unpredictable environments, meanwhile Workload Managements and Situational Awareness was observed to be of main concern for Remote Pilots mid-flight.</p>	investigación que tuvo como objetivo determinar cómo se incorporaron los elementos de los factores humanos en las operaciones actuales de ARP. Encontrando como resultado cuatro elementos principales. El uso predominante de preparativos exhaustivos previos al vuelo, la baja importancia a los procedimientos, resolución de problemas y toma de decisiones a mitad de la misión; la alta importancia a la gestión de cargas de trabajo y la conciencia situacional; y la aplicabilidad limitada de trabajo en equipo, liderazgo y comunicación	Factores Humanos en ARP

MATRIZ DEL ESTADO DEL ARTE					
REFERENCIA APA	UBICACIÓN	AUTOR Y AÑO	RESUMEN	ANÁLISIS	CONVERGENCIAS
Corzo Zamora, M. A., Díaz Ariza, A., y Rodríguez Guerrero, N. I. (2017-2020). Marcador somático y toma de decisiones en operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas. Tesis Psicológica, 15(1), 126-147. https://doi.org/10.37511/tesis.v15n1a7	COLOMBIA	Corzo Zamora, M. A., Díaz Ariza, A., y Rodríguez Guerrero, N. I. (2017-2020).	Antecedentes: La interfaz remota de las Aeronaves Remotamente Tripuladas (ART) reduce la percepción directa del entorno operacional propiciando el error humano en cerca del 35% de los eventos de seguridad reportados, por lo que el estudio de la toma de decisiones de sus operadores es necesario. Objetivo: Describir el funcionamiento neuropsicológico y las respuestas fisiológicas asociadas que participan en la toma de decisiones en los operadores de ART para establecer las diferencias entre los operadores según su tiempo de experiencia en la operación del equipo. Método: Estudio no experimental, de corte transversal correlacional-causal. Se realizó monitoreo fisiológico de actividad electrodérmica (EDA) y variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), y electroencefalográfico (EEG) en misiones del simulador de Scan-Eagle, y se administró la batería BANFE-2 e IGTv2 para evaluar la toma de decisiones. Resultados: 17 operadores masculinos de 28±2.7 años fueron evaluados. Los operadores con < 500 horas de vuelo presentan una actividad cerebral frontal de predominio dorsolateral con pensamiento reflexivo, y aquellos con > 500 horas de vuelo presentan una actividad cerebral frontal de predominio medial y orbital con pensamiento automático y toma de decisiones intuitiva. Se encontró relación entre los tiempos de ejecución durante las misiones simuladas, el desempeño en IGTv2, y la EDA. Conclusión: La EDA se identifica como marcador somático en los operadores que puede permitir la evaluación de la toma de decisiones, el seguimiento de entrenamientos para propiciar un pensamiento más intuitivo a menor horas de vuelo y el desarrollo de sistemas de detección temprana de riesgo como asistencia en la toma de decisiones durante la operación.	La toma de decisiones de los pilotos de ARP de la FAC varía según la experiencia en la operación del equipo, en función del número de horas de vuelo, demostrando que los pilotos menos experimentados tienen un pensamiento más reflexivo y una respuesta fisiológica más autónoma derivada del instinto de riesgo y supervivencia, mientras que los más experimentados tienen un pensamiento más automático, lo cual genera menor respuesta fisiológica a nivel cardiovascular y respuestas más intuitivas. Lo que deja en evidencia que una mayor consolidación del conocimiento favorece la toma de decisiones ante una menor carga cognitiva en la operación.	Respuesta fisiológica Toma de decisiones Pilotos ARP
Páez López, G. (2019). Herramienta de entrenamiento neuropsicológico para operadores de Aeronaves Remotamente Tripuladas Scan Eagle de la Fuerza Aérea Colombiana. Escuela de Postgrados de la FAC. Maestría en Seguridad Operacional. https://repositorio.crai-fac.com/handle/20.500.12963/438	COLOMBIA	Páez López, G. (2019).	Análisis de los eventos de seguridad no deseados en las ARP Scaneagle, junto a una medida para mitigar el riesgo, que busca determinar el error humano en la operación de este sistema de aeronaves y generar las mediciones necesarias para determinar las partes del cerebro que más se activan durante ejercicios simulados en la EBAPR.	herramienta de entrenamiento basado en funcionamiento neuropsicológico, para el mejoramiento de habilidades, permitiendo la gestión de los riesgos evidenciados por factor humano. Mencionada herramienta consiste en una cartilla compuesta por cinco capítulos, con ejercicios encontrados en la literatura para desarrollar habilidad numérica, control de mano no dominante, imaginación, lenguaje hablado y percepción tridimensional, así como ejercicios de razonamiento.	Habilidades psicomotoras
Bernal Pérez, C.A. (2019). Modelo de entrenamiento en toma de decisiones para operadores de aeronaves remotamente tripuladas Scan Eagle de la FAC. Escuela de Postgrados de la FAC. Maestría en Seguridad Operacional. https://repositorio.crai-fac.com/handle/20.500.12963/441	COLOMBIA	Bernal Pérez, C.A. (2019).	Presentación de un modelo de entrenamiento en toma de decisiones aeronáuticas ADM, centrado en el análisis de situaciones y concebido para orientar este proceso en los operadores de ARP de la FAC.	identificación de los factores relevantes en un proceso de toma de decisiones aeronáuticas (Aeronautical Decision-Making ADM), plantea un modelo de entrenamiento para los operadores de ARP de la FAC a emplear durante situaciones de emergencia y/o riesgo.	Toma de decisiones ADM Emergencias ARP

Anexo 2. Técnicas e instrumentos de investigación.

Anexo 2.1 Guía de observación en campo

 UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA		Guía de observación		
Denominación del trabajo	Estrategia didáctica digital para el entrenamiento de factores humanos en los pilotos de ARP de la FAC			
Etapa de investigación	Fase 1. Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con los factores humanos requeridos para la operación militar.			
1. Información general				
Lugar	Simuladores de vuelo ARP Scaneagle Escuela Básica de Aeronaves Pilotadas Remotamente EBAPR			
Fecha de la observación	Fecha en la que se realiza la observación.			
2. Contexto*				
	Alta (>1000 horas)	Media (>400 y <1000 horas)	Baja (< 400 horas)	
Experiencia instructor				
Experiencia del alumno				
3. Observación de competencias**				
3.1. Aplicación de procedimientos	Determina y aplica procedimientos de conformidad con las instrucciones de utilización publicadas y las reglamentaciones aplicables, empleando los conocimientos apropiados.			
3.2. Comunicación	Demuestra dotes eficaces de comunicación oral, no verbal y escrita, en situaciones normales y anormales.			
3.3. Uso de la automatización.	Controla la trayectoria de vuelo de la aeronave mediante la automatización, comprendido el uso apropiado de los sistemas de gestión y guía de vuelo.			
3.4. Liderazgo y trabajo en equipo	Demuestra un liderazgo y una capacidad de trabajar en equipo eficaces.			
3.5. Resolución de problemas y toma de decisiones	Determina riesgos y resuelve problemas con precisión. Utiliza los procesos apropiados de toma de decisiones.			
3.6. Conciencia situacional	Capta y comprende toda la información pertinente disponible y anticipa lo que podría ocurrir que afectara a la operación.			
3.7. Gestión de cargas de trabajo	Capta y comprende toda la información pertinente disponible y anticipa lo que podría ocurrir que afectara a la operación.			

3.8. Control de la envolvente operacional	Ejerce sus funciones como piloto militar en una envolvente operacional cambiante y compleja de acuerdo con las misiones y operaciones tipo de la Fuerza Aérea Colombiana.
--------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Comentario general de la misión


Registrar de manera general como fue el desarrollo de la misión, dejando evidencia de los siguientes aspectos:

- Duración de la misión.
 - Relación (comunicación) alumno-instructor.
 - Interacción con el simulador por parte del alumno.
 - Realimentación y evaluación por parte del instructor.
 - Adaptabilidad y personalización. Hay adaptaciones en el entrenamiento para satisfacer las necesidades individuales de los pilotos.
-

*La experiencia de los instructores y alumnos corresponde al tiempo en el equipo, representado en horas de vuelo.

** Relación de si durante la misión se realizó alguna práctica en aras de entrenar las competencias no técnicas y descripción de la misma, de acuerdo con la descripción de cada competencia.

Anexo 2.3 Matriz de triangulación

 UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA		Matriz de triangulación de instrumentos				
Denominación del trabajo	Estrategia didáctica digital para el entrenamiento de factores humanos en los pilotos de ARP de la FAC					
Etapas de investigación	Fase 3. Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en factores humanos por parte de los pilotos de los sistemas ARP					
	Instrumentos		Resultados			
Hallazgos	Guía de observación	Matriz de análisis documental	Fase construcción de la estrategia didáctica	Categoría	Subcategoría	Aspectos a tener en cuenta dentro de la propuesta

Anexo 3. Cronograma

Cronograma de investigación

Fase	Objetivo	Fechas
Fase 1	Identificar las falencias que se presentan en el entrenamiento de los pilotos de ARP de la FAC en relación con los factores humanos requeridos para la operación militar.	Agosto 2023 – Noviembre 2023
Fase 2	Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctico digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP	Febrero 2024 – Abril 2024
Fase 3	Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en factores humanos por parte de los pilotos de los sistemas ARP	Mayo 2024 – Agosto 2024

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Resultados aplicación de instrumentos

Anexo 4.1 Resultados guía de observación

Datos crudos

MISIÓN	FECHA	Experiencia del instructor	Experiencia del alumno	Aplicación de procedimientos	Comunicación	Uso de la automatización	Liderazgo y trabajo en equipo	Resolución de problemas y toma de	Conciencia situacional	Gestión de cargas de trabajo	Control de la envolvente	Comentario general de la misión
1	01/09/2023	Alta	Baja	Seguimiento a listas de chequeo para todos los procedimientos de vuelo.	El instructor ejercía el rol de técnico tripulante en tierra para colacionar instrucciones dadas en la ejecución de listas de chequeo	No observado	No observado	Simulación de emergencias de diferentes sistemas de la aeronave.	No observado	Instructor hace énfasis en tres prioridades: volar, navegar, comunicar	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos normales: despegue, crucero, aterrizaje - Debriefing Comunicación: Durante la misión el alumno no efectúa ningún tipo de preguntas, se mantiene comunicación de jerarquía instructor-alumno, instructor con grado militar superior al alumno. Realimentación: No hay realimentación por parte del instructor hasta el final de la misión. Adaptabilidad: No se observan conductas enfocadas en las necesidades propias del alumno.
2	01/09/2023	Media	Media	Misión orientada por completo al seguimiento de listas de chequeo	Instructor asume rol de tripulante en tierra	No se observa que el instructor genere desviaciones en el simulador que deban ser identificadas por el alumno	No observado	No observado	Se observa que el alumno durante toda la misión tiene una actitud de estar prevenido a que algo no deseado pueda ocurrir.	No observado	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos normales: despegue, crucero, aterrizaje - Debriefing Duración 02:00 Durante la misión el instructor solo responde como si fuera un técnico tripulante en tierra, no se observa interacción alumno-instructor. La realimentación se efectúa al final de la misión. Instructor mantiene en todo momento la hoja de calificación de la misión, en donde hacia seguimiento al progreso de la misión.
3	04/09/2023	Alta	Alta	Misión centrada en seguimiento de listas de chequeo - procedimientos normales	Instructor tomo dos roles diferentes en la misión: técnico tripulante en tierra y controlador de tránsito aéreo	No observado	Durante el briefing de la misión, el alumno supone que tiene a su tripulación completa e imparte instrucciones para posibles situaciones de emergencia.	En fase de aterrizaje, el instructor altera parámetros ambientales que llevan al alumno a cancelar aterrizaje, y repetir lista de chequeo con otras configuraciones.	No observado	No observado	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos normales: despegue, crucero, aterrizaje - Debriefing Duración: 02:00 Instructor y alumno mantenían relación cordial, durante la misión en 02 oportunidades el alumno realizó preguntas académicas que fueron resueltas por el instructor. La realimentación de la misión se efectuó al final de la misión.
4	06/09/2023	Alta	Baja	Seguimiento de listas de chequeo en toda la misión.	El instructor toma rol de controlador de tránsito aéreo. Durante el desarrollo de la misión el alumno en repetidas ocasiones se olvida de esto y no hace llamados cuando ejecuta procedimientos de emergencia.	Al ser una misión de entrenamiento de emergencias, el instructor manipula el simulador para generar desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No se observa interacción de alumno con tripulación.	Ejecución de procedimientos de emergencia, en repetidas ocasiones instructor consulta al alumno para que le explique que esta sucediendo con el avión y que acción va a ejecutar.	Solo con el estado de la aeronave, no se observa que el instructor involucre factores externos.	Solo control de la aeronave, no se observa que el instructor involucre cargas adicionales a mantener el control del avión	No observado	Desarrollo: Briefing, Procedimientos de emergencia, Debriefing Duración: 03: 00 horas Durante la misión instructor-alumno no tienen interacción formativa, el instructor solo evalúa como el alumno ejecuta los procedimientos. No se hacen preguntas. Realimentación solo hasta el final de la sesión.

5	07/09/2023	Alta	Media	Seguimiento de listas de chequeo	Instructor asume rol de tripulante en tierra y controlador de tránsito aéreo	misión de entrenamiento de emergencias, el instructor manipula el simulador para generar desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No observado	Instructor lleva al alumno a identificar fallas técnicas, en varios procedimientos de emergencia el instructor consulta al alumno sobre la decisión de selección de campo de aterrizaje. Sin embargo, no se observa que haya una justificación a las respuestas.	Solo se trabaja sobre el estado de la aeronave.	Misión se centra en mantener control positivo de la aeronave, no se observa cargas adicionales para el alumno.	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos de emergencia - Debriefing Duración: 03:00 No hay interacción académica entre alumno e instructor, el instructor solo sigue lista de calificación y avanza en el desarrollo de las tareas de la misión. Realimentación al final de la misión.
6	08/09/2023	Media	Alta	Seguimiento a listas de chequeo para todos los procedimientos de vuelo.	Instructor toma rol de controlador de tránsito aéreo y de piloto de otras aeronaves en el área de operación, a diferencia de las anteriores misiones se observa que el instructor lleva al alumno una mayor interacción con la torre de control.	Al ser una misión de entrenamiento de emergencias, el instructor manipula el simulador para generar desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No observado	Solo realacionadas con fallas técnicas de la aeronave.	Instructor adiciona elementos al escenario de evaluación como simular que hay otros aviones en el área.	Control de la aeronave y comunicaciones aeronáuticas.	No observado	Desarrollo: Briefing, emergencias, debriefing Duración 03:00 horas Comunicación: No hay explicaciones académicas en la misión, instructor solo sigue hoja de calificación. Realimentación: Al final de la misión.
7	22/09/2023	Alta	Alta	Seguimiento a listas de chequeo para todos los procedimientos de vuelo.	Instructor asume rol de técnico tripulante en tierra	No observado	Alumno supone que tiene a su tripulación completa y en toda la misión asigna tareas y responsabilidades.	No observado	Misión centrada en el control del avión	Sin cargas adicionales, solo control del avión	No observado	Misión de procedimientos normales: briefing, procedimientos, debriefing Duración 02:00 No hay interacción alumno - instructor, solo se sigue hoja de calificación Realimentación al final de la misión.
8	22/09/2023	Alta	Media	Seguimiento listas de chequeo	Instructor asume rol de torre de control y de técnico tripulante	En fase de aproximación el instructor ejecuta variaciones para que alumno identifique parametros por fuera de límites	No observado	En fase de aproximación, instructor efectúa modificaciones del viento para llevar al alumno a cambiar configuraciones para aterrizar.	Solo control del avión	Control del avión, y en determinados momentos el instructor ordenado al alumno a realizar llamados a la torre de control	No observado	Misión de procedimientos normales: Briefing, procedimientos, debriefing. Duración: 02 horas En la misión el instructor repitió dos tareas que fueron mal ejecutadas por el alumno (realimentación inmediata).
9	28/09/2023	Alta	Media	Seguimiento de listas de chequeo	El instructor ejerce el rol de técnico tripulante en tierra para colacionar instrucciones dadas en la ejecución de listas de chequeo. También asume rol de controlador de tránsito aéreo	Misión enfocada en procedimientos de emergencia, instructor genera desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No observado	Identificación de fallas de técnicas, y aplicación de criterios de aterrizaje	Control del avión y adición de tránsito aéreo	Control del avión y comunicaciones aeronáuticas	No observado	Misión de emergencias: briefing, emergencias, debriefing Duración: 03:00 Seguimiento de hoja de evaluación, no hay espacios a preguntas. Realimentación hasta el final de la misión.
10	03/11/2023	Media	Media	Seguimiento a listas de chequeo para todos los procedimientos de vuelo.	Instructor toma rol de técnico tripulantes	No observado	No observado	Fase de aproximación con variaciones de condiciones ambientales.	Control de la aeronave, no se incluyen componentes adicionales del entorno	Solo control del avión	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos normales: despegue, crucero, aterrizaje - Debriefing Duración 02:00 horas Durante la misión el alumno no efectúa ningún tipo de preguntas solo se sigue hoja de calificación. Realimentación al final de la misión

11	28/09/2023	Alta	Media	Seguimiento de listas de chequeo	Instructor rol de control de tránsito aéreo	misión de entrenamiento de emergencias, el instructor manipula el simulador para generar desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No observado	Situaciones de emergencia	Control de aeronave, no se involucran factores externos	Control de aeronave	No observado	Misión de emergencias: briefing, procedimientos de emergencia, debriefing Duración 03:00 Instructor sigue hoja de calificación, no hay espacios abiertos a preguntas. Realimentación al final.
12	03/11/2023	Media	Alta	Seguimiento a listas de chequeo	Instructor asume rol de técnico tripulante en tierra	Variación de condiciones ambientales en fase de aproximación para que el alumno identifique desviaciones en el control del avión	No observado	Fase de aproximación con variaciones que llevan al alumno a reconfigurar parámetros.	Solo control de aeronave	Solo control de aeronave	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos normales: despegue, crucero, aterrizaje - Debriefing Duración 02:00 Alumno efectúa 03 preguntas técnicas al instructor, instructor responde dando claridad al alumno. Realimentación al final de la misión.
13	08/11/2023	Alta	Baja	Seguimiento a listas de chequeo	No observado	No observado	No observado	Ejecución de procedimientos de emergencia	No observado	Control de la aeronave	No observado	Misión adicional: Misión en la que el alumno practica con el instructor diferentes maniobras que fueron calificadas como insatisfactorias en una misión previa. Hay repetición de tareas. Se efectúa realimentación inmediata tras cada procedimiento. Duración 02:00 horas
14	09/11/2023	Media	Baja	Seguimiento a listas de chequeo	Instructor asume rol de técnico tripulante en tierra y de control de tránsito aéreo	Misión de entrenamiento de emergencias, el instructor manipula el simulador para generar desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No observado	Identificación de fallas, y criterios de decisión para aterrizar.	Control de aeronave y adición de aeronaves en el área	Control de aeronave y comunicaciones aeronáuticas	No observado	Desarrollo: Briefing - Procedimientos normales: despegue, crucero, aterrizaje - Debriefing Duración 03:00 Instructor sigue hoja de calificación, se observa énfasis en las comunicaciones aeronáuticas. Realimentación al final de la misión.
15	10/11/2023	Alta	Baja	Seguimiento de listas de chequeo	Instructor con rol de técnico de mantenimiento y control de tránsito aéreo	misión de entrenamiento de emergencias, el instructor manipula el simulador para generar desviaciones que deben ser identificadas y controladas por el alumno.	No observado	Identificación de fallas, aplicación de criterios para aterrizar aeronave	Control de aeronave y espacio aéreo	Control de aeronave	No observado	Misión de emergencias: Briefing - procedimientos - debriefing Duración 03:00 Instructor sigue hoja de calificación, no hay interacción académica. Realimentación al final de la misión

Gráficos obtenidos de la observación

3. Experiencia del instructor

[More Details](#)

[Insights](#)

- Alta > 1000 hrs 10
- Media >400 y <1000 hrs 5
- Baja <400 hrs 0



4. Experiencia del alumno

[More Details](#)

[Insights](#)

- Alta > 1000 hrs 4
- Media >400 y <1000 hrs 6
- Baja <400 hrs 5



Codificación de datos - Nubes semánticas



Liderazgo y trabajo en equipo

responsabilidades briefing emergencia **tripulación** alumno
 misión interacción
 tareas instrucciones posibles situaciones

Resolución de problemas y toma de decisiones

parametros parametros ambientales instructor aeronave variaciones
 criterios fase Ejecución **fallas alumno** procedimientos
 emergencia Fase aterrizaje
 Situaciones aplicación aproximación decisión Identificación
 fallas técnicas

Conciencia situacional

estado Solo control área actitud factores externos algo
 Solo **Control control** tránsito aéreo
 aeronave evaluación
 espacio aéreo alumno adición instructor avión misión elementos
 otros aviones


Gestión de cargas de trabajo

tres prioridades Instructor alumno instructor comunicaciones aeronáuticas
 avión
 momentos **aeronave Control control** Misión
 torre cargas adicionales Solo Solo control positivo
 llamados determinados énfasis comunicaciones aeronáuticas


Control de la envolvente operacional

No se observa la aplicación de ninguna práctica en aras de entrenar esta competencia.

Anexo 4.2.2 Resultados matriz de análisis documental – Proceso de formación pilotos ARP

 UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA							Matriz de análisis			
Denominación del trabajo							Estrategia didáctica digital para el entrenamiento de factores humanos en los pilotos de ARP de la FAC			
Etapa de investigación							Fase 2. Establecer el proceso de construcción de una estrategia didáctica digital para el diseño de aprendizajes en sistemas de ARP			
Tema							Proceso de formación pilotos de ARP			
Datos Bibliométricos							Aspectos Relevantes			
Tipo de texto	Referencia APA	URL	País	Año	Palabras clave	Resumen	Curso de tierra	Simulador	Vuelo	Otros
Malla curricular	FAC (2024). <i>Programa de instrucción y entrenamiento ARP ScanEagle</i> . Décimo séptima edición.	No aplica	Colombia	2024	Curriculo, programa de instrucción y entrenamiento o, silabos	Establece los lineamientos, contenidos, intensidad horaria y fases de los programas de instrucción y entrenamiento, necesarios para desarrollar las competencias y obtener una autonomía como tripulante de vuelo del equipo ARP ScanEagle o una certificación de conocimiento en el mismo.	<p>Requisito: Certificar conocimiento aeronáuticos.</p> <p>Duración: 64 horas.</p> <p>Estructura modular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Generalidades y sistemas. - Operación de vuelo. - Emergencias. - Doctrina de empleo. - Uso del sistema. <p>En relación con la investigación se observa 4 horas catedras dedicadas a la seguridad operacional. Sin embargo, se trata de clases magistrales sobre conceptos teóricos, programas de prevención, CRM.</p>	<p>Dividido en 2 fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Básico: Procedimientos normales (despegar, crucero, aterrizar), 04 misiones y un chequeo de evaluación. 2 horas por misión - Progreso: Procedimientos de emergencias. 09 misiones y un chequeo de evaluación. 02 horas por misión. <p>En general las misiones se enfocan en el desarrollo de tareas técnicas para volar el avión.</p>	<p>03 misiones reales y un chequeo final. 01 hora por misión.</p> <p>Misiones cotidianas donde se practican los procedimientos normales. No se ejecutan emergencias a menos de que sean reales.</p>	<p>De manera general establece los criterios de evaluación de los módulos del curso de tierra de los diferentes programadas académicos.</p> <p>Establece límites en cuanto a cantidad de misiones por día que puede efectuar un alumno y un instructor.</p> <p>Formación con enfoque en competencias: saber, hacer, ser, convivir.</p> <p>Al finalizar el curso de piloto de ARP el alumno pasa a un periodo de supervisión operacional de 6 misiones y 20 horas de vuelo mínimo y máximo 50 de acuerdo a desempeño.</p> <p>Se contempla un curso de repaso anual.</p>

Anexo 4.2.3 Resultado matriz de triangulación de instrumentos

		Matriz de triangulación				
Denominación del trabajo		Estrategia didáctica digital para el entrenamiento de factores humanos en los pilotos de ARP de la FAC				
Etapas de investigación		Fase 3. Definir un prototipo de experiencia de aprendizaje para el entrenamiento en factores humanos por parte de los pilotos de los sistemas ARP				
Hallazgos	Instrumentos		Resultados			
	Guía de observación	Matriz de análisis documental	Fase construcción de la estrategia didáctica	Categoría	Subcategoría	Aspectos a tener en cuenta dentro de la propuesta
1	No existe un programa de entrenamiento para los pilotos de ARP de la FAC enfocado en competencias no técnicas.	Definición del problema, razón y/u objetivos para creación de una estrategia didáctica. Exploración del contexto.	Fase de análisis	Didáctica digital	Contexto educativo RAE Recursos educativos	Se deben definir los objetivos de aprendizaje esperados en un programa de entrenamiento en competencias no técnicas, realizar la verificación del contexto educativo para establecer los recursos disponibles.
2	No existen escenarios establecidos para el entrenamiento de los pilotos de ARP en simulador. Cada instructor es autónomo en el cómo desarrolla cada misión, siempre y cuando cumpla con las tareas técnicas estipuladas de acuerdo a la fase de entrenamiento (procedimientos normales o de emergencias).	Seleccionar contenidos que respondan a las necesidades de los estudiantes. Contenido que sea atractivo y mejore la interacción del estudiante. Inclusión de metodologías como aprendizaje colaborativo. Diseño modular, experiencias con objetivos específicos que conduzcan a un aprendizaje	Fase de diseño	Entrenamiento en simulador	Escenarios Evaluación Roles interior tripulación	Diseñar un modelo de escenarios de entrenamiento en simulador que sean cortos y que tengan objetivos concretos en relación con las competencias no técnicas. Definir criterios de evaluación. Verificar la posibilidad de incluir en el entrenamiento a personal con diferentes roles dentro de la tripulación de los S-ARP
3	Carencia y/o bajas prácticas de instrucción que aporten al entrenamiento de las competencias denominadas liderazgo y trabajo en equipo, conciencia situacional, gestión de cargas de trabajo y control de la envolvente operacional.	Capacitar a los docentes en la metodología a utilizar. Implementación gradual - prueba piloto	Fase de implementación	Instructores		Proponer un entrenamiento previo para el personal de instructores de la EBARP en competencias no técnicas. La primera fase de implementación de la propuesta sea en las competencias que actualmente no se evidencia entrenamiento alguno: liderazgo, trabajo en equipo, conciencia situacional, gestión de cargas de trabajo y control de la envolvente operacional.
4	No existen prácticas enfocadas al empleo de fraseología y procedimientos de comunicaciones aeronáuticas estándar.	Identificar brechas de aprendizaje desde la perspectiva del saber hacer. La fraseología y comunicaciones aeronáuticas hacen parte de las asignaturas de la fase de tierra del curso de piloto de ARP.	Fase de análisis Fase de diseño	Entrenamiento en simulador	Competencias no técnicas Roles externos a la tripulación	Recomendar la generación de escenarios de entrenamiento para la competencia denominada "Comunicación" en los que se incluya obligatoriamente el empleo de prácticas estándar de acuerdo a la reglamentación aeronáutica existente.
5	Ausencia de entrenamiento en conjunto que incluya los diferentes cargos que conforman las tripulaciones de los sistemas de ARP	Empleo de metodologías como el aprendizaje colaborativo	Fase de diseño	Entrenamiento en simulador	Roles interior tripulación	Verificar la posibilidad de incluir en el entrenamiento a personal con diferentes roles dentro de la tripulación de los S-ARP
6	No se evidencia entrenamientos con un enfoque específico para cada piloto, cuando no todos presentan las mismas necesidades formativas.	Seleccionar contenidos que respondan a las necesidades de los estudiantes. Experiencias de aprendizaje que puedan ser aplicadas en la cotidianidad	Fase de implementación	Piloto ARP	EBT (Entrenamiento basado en datos comprobados)	Los escenarios que entrenaran los pilotos serán con base en los datos disponibles en la institución. (Revisión de telemetrías)
7	Amplia experiencia técnica por parte del personal de instructores de vuelo de la EBAPR.	Capacitar a los docentes en la metodología a utilizar.	Fase de implementación	Instructores		Proponer un entrenamiento previo para el personal de instructores de la EBARP en competencias no técnicas.
8	Los programas de instrucción y entrenamiento de los pilotos de ARP tienen un enfoque técnico alto, razón por lo cual se pudo evidenciar un elevado grado de cumplimiento para los indicadores de comportamiento de las competencias denominadas aplicación de procedimientos, uso de la automatización, y resolución de problemas y toma de decisiones	Implementación gradual - prueba piloto	Fase de implementación	Entrenamiento en simulador	Competencias no técnicas	La primera fase de implementación de la propuesta sea en las competencias que actualmente no se evidencia entrenamiento alguno: liderazgo, trabajo en equipo, conciencia situacional, gestión de cargas de trabajo y control de la envolvente operacional.
9	Obsolescencia tecnológica para recrear escenarios con niveles de complejidad mayor que permitan visualizar condiciones externas a la operación de la aeronave, por ejemplo, otras aeronaves y/o condiciones ambientales adversas.	Exploración del contexto	Fase de análisis Fase de diseño	Didáctica digital	Recursos educativos	Verificar el estado y utilidad de los simuladores disponibles para conocer hasta que nivel se pueden plantear los escenarios de entrenamiento.
10	Baja disponibilidad de personal de tripulantes para participar en las misiones de simulador debido a diferentes razones laborales, dificultando así un entrenamiento de equipo que permita afrontar futuras situaciones adversas durante la operación real de las ARP	Exploración del contexto Empleo de metodologías como el aprendizaje colaborativo	Fase de diseño	Entrenamiento en simulador	Roles interior tripulación	Generar alternativas para que el piloto ARP perciba el escenario de entrenamiento como si estuviese en un ambiente real de operación.