Propuesta de fortalecimiento del programa de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia mediante metodologías innovadoras y tecnológicas para enfrentar amenazas cibernéticas y de drones.

Deimer Emiro Tapia Reyes

Mario Alberto Sandoval Martínez

Yesenia Luz Barraza Fuentes

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Administración de Empresas - MBA

Director (a):

Alex Yesid Gil Vega

Modalidad:

Monografía

Universidad EAN

Facultad de administración, finanzas y ciencias económicas

Maestría: Administración de empresas MBA

Bogotá D.C, Colombia

30/04/2026

Propuesta de fortalecimiento del programa de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia mediante metodologías innovadoras y tecnológicas para enfrentar amenazas cibernéticas y de drones.

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C., 30/04/2026

Dedicatoria

Quiero agradecer a Dios por darme la sabiduría y la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta. A Airplan S.A.S. por ser escenario principal de mi crecimiento y desarrollo profesional. A mi familia y mis hijas María Celeste y María Fátima quienes son el pilar de mi vida y el motor que me impulsa a ser mejor cada día. A mis maestros y en especial a mis compañeros Mario y Yesenia, con quienes he compartido largas jornadas de aprendizaje; gracias por su apoyo incondicional y por convertir este camino en una experiencia inolvidable. Deimer.

Como una cuerda triple que resiste toda prueba, agradezco primero a Dios por caminar a mi lado. A Deimer y Mario gracias por ser el apoyo en este camino. Mi gratitud eterna a mi familia, cuya paciencia fue la verdadera universidad de mi vida. A Airplan S.A.S., por creer en mi potencial y facilitar mi crecimiento profesional. Yesenia.

A Dios, que me da la sabiduría y el entendimiento que necesito todos los días de mi vida.

A mí esposa Karina, quien me motiva y alienta cuando he querido rendirme en momentos de dificultad.

A nuestro hijo Pablo, quien es mi mayor fuente de inspiración y la razón para perseverar sin desfallecer.

A Airplan S.A.S. por la confianza y apoyo profesional para iniciar y finalizar con éxito este MBA. Mario

Resumen

La seguridad de la aviación civil constituye un componente estratégico para la sostenibilidad del transporte aéreo y la protección de pasajeros, tripulaciones e infraestructuras críticas. En los últimos años, la digitalización de los procesos aeronáuticos ha dado lugar a amenazas emergentes como los ciberataques y el uso indebido de aeronaves no tripuladas (drones), las cuales plantean desafíos que no siempre son abordados de manera suficiente en los programas tradicionales de capacitación en seguridad aérea. En el contexto colombiano, los informes de la Aeronáutica Civil evidencian un incremento significativo de este tipo de incidentes, lo que resalta la necesidad de fortalecer la preparación del talento humano.

El objetivo general de esta investigación es formular una propuesta complementaria de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia, que incorpore metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas para mejorar la respuesta del personal ante amenazas emergentes. El estudio adopta un enfoque metodológico aplicado, de tipo transversal y con alcance descriptivo-correlacional. La población objeto de estudio está conformada por personal operativo, inspectores de seguridad y expertos en tecnologías aplicadas a la aviación, con una muestra estimada de 292 participantes seleccionados mediante muestreo estratificado proporcional.

La recolección de información se realiza a través de encuestas estructuradas, entrevistas semiestructuradas y grupos focales, mientras que el análisis combina técnicas estadísticas descriptivas y correlacionales, junto con análisis de contenido cualitativo. Como resultado del análisis realizado, se plantea el diseño de una propuesta

de capacitación complementaria que integre tecnologías como la realidad virtual, la gamificación, la inteligencia artificial y el análisis de Big Data, contribuyendo al fortalecimiento de la seguridad operacional y la Resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes del sector aeronáutico colombiano.

Palabras clave: Seguridad de la aviación civil; capacitación; gamificación; ciberseguridad; resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes; tecnologías emergentes.

Abstract

Civil aviation security is a strategic component for the sustainability of air transport and the protection of passengers, crew members, and critical infrastructure. In recent years, the digital transformation of aviation processes has led to emerging threats such as cyberattacks and the misuse of unmanned aerial vehicles (drones), which pose complex challenges that are not always adequately addressed in traditional aviation security training programs. In the Colombian context, reports from the Civil Aviation Authority indicate a significant increase in such incidents, highlighting the need to strengthen human resource preparedness.

The main objective of this research is to formulate a complementary aviation security training proposal in Colombia that incorporates innovative methodologies and technological tools to improve personnel response to emerging threats. The study follows an applied, cross-sectional methodological approach with a descriptive-correlational scope. The target population includes operational personnel, security inspectors, and experts in aviation-related technologies, with an estimated sample of 292 participants selected through proportional stratified sampling.

Data collection techniques include structured surveys, semi-structured interviews, and focus groups. Data analysis combines descriptive and correlational statistical methods with qualitative content analysis. The expected outcome is the design of a complementary training proposal integrating technologies such as virtual reality, gamification, artificial intelligence, and Big Data analytics, aimed at strengthening operational security and organizational resilience within the Colombian aviation sector.

Keywords: Civil aviation security; training; gamification; cybersecurity; organizational resilience; emerging technologies.

Contenido

Introducción **1**

Objetivos **5**

Objetivo general *5*

Objetivos específicos *5*

Justificación **6**

Marco teórico **9**

Estado del arte *9*

Nivel internacional 9

Nivel latinoamericano 11

Nivel nacional 12

Fundamentación teórica *13*

Seguridad aérea y evolución de amenazas 14

Gamificación y aprendizaje experiencial 15

Inteligencia artificial y Big Data 16

Ciberseguridad aeronáutica 17

Tecnologías inmersivas (realidad virtual y simulación) 18

Gestión del riesgo y resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes 19

Evaluación y retroalimentación continua 20

Hipótesis **24**

Variables preliminares *26*

Definición conceptual *26*

Definición operacional *28*

Diseño metodológico 37

Población *38*

Muestra *39*

Técnicas de recolección *40*

Procedimiento y técnicas de análisis de la información *41*

Aspectos éticos y gestión de datos *46*

Trabajo de campo y resultados 49

Trabajo de campo *49*

Resultados cuantitativos *50*

Diagnóstico de brechas del programa de capacitación en seguridad aérea ... *54*

Brechas tecnológicas 54

Brechas pedagógicas 55

Brechas de desempeño 56

Análisis correlacional *57*

Discusión 61

Propuesta de capacitación complementaria 67

Situación actual *67*

Oportunidades identificadas *67*

Propuesta *68*

Objetivo del programa *69*

Módulos de capacitación *70*

Módulo 1. Ciberseguridad aeronáutica 70

Módulo 2. Gestión de amenazas asociadas a drones 70

Módulo 3. Simulación operativa en escenarios de riesgo 70

Módulo 4. Analítica de datos para la seguridad operacional 70

Metodología de capacitación *70*

Evaluación del programa mediante indicadores de desempeño (KPIs) *71*

Conclusiones 73

Trabajo futuro 76

Referencias 78

ANEXOS 81

Tabla 1.Metodologías innovadoras y su aplicabilidad en el contexto colombiano 22

Tabla 2. Resumen de categorización de variables 31

Tabla 3.Distribución de participantes por grupo ocupacional 50

Tabla 4.Nivel percibido de adopción de metodologías innovadoras de capacitación 50

Tabla 5. Indicadores de desempeño del personal en seguridad aérea 52

Tabla 6. Resultados de prueba de conocimiento sobre protocolos de seguridad 53

Tabla 7. Correlación entre adopción de metodologías innovadoras y desempeño del personal 57

Tabla 8.Percepción sobre utilidad de tecnologías emergentes en capacitación 59

Tabla 9. Alcance de implementación de la propuesta de capacitación 69

Tabla 10. Indicadores de evaluación del programa de capacitación 71

Tabla 11. Relación entre diagnóstico, propuesta y evaluación 72

Ilustración 1.Modelo conceptual de la relación entre metodologías innovadoras de capacitación y desempeño del personal en seguridad aérea 25

Ilustración 2. Indicadores promedio de desempeño del personal en seguridad aérea..... 53

Introducción

La seguridad en la aviación civil constituye uno de los pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad del transporte aéreo a nivel mundial. Tras los atentados del 11 de septiembre de 2001, los organismos internacionales y las autoridades aeronáuticas reforzaron de manera significativa los marcos normativos y operativos en materia de seguridad, ampliando las estrategias de capacitación del personal y adoptando tecnologías más sofisticadas de vigilancia, control y gestión del riesgo. Este fortalecimiento se consolidó mediante la estructuración de planes globales de seguridad que buscan armonizar estándares y prácticas entre los Estados miembros (International Civil Aviation Organization, 2021). Sin embargo, en los últimos años han emergido nuevas amenazas asociadas a la digitalización de procesos aeronáuticos y al uso indebido de aeronaves no tripuladas (drones), las cuales plantean desafíos complejos que no siempre se encuentran suficientemente abordados en los programas de formación actuales (Gonzalo, 2024).

El tema de investigación se ubica dentro del campo de la seguridad operacional y la gestión del riesgo en la aviación civil, alineado con las líneas de investigación en innovación, tecnología y sostenibilidad de la Universidad EAN. La investigación se orienta a analizar cómo los programas de capacitación en seguridad pueden fortalecerse mediante la incorporación de metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas que permitan preparar al personal frente a escenarios contemporáneos caracterizados por ciberataques, uso indebido de drones y vulnerabilidades asociadas a la transformación digital en entornos aeroportuarios (Bennett, 2020).

En cuanto a la contextualización, los informes recientes de la International Civil Aviation Organization evidencian un aumento sostenido de los incidentes de interferencia ilícita en el sector aeronáutico, incluyendo ciberataques a sistemas de navegación aérea, vulneraciones a sistemas de aviónica y ataques de ransomware dirigidos a infraestructuras críticas (International Civil Aviation Organization, 2021; International Civil Aviation Organization, 2022; International Civil Aviation Organization, 2023). En América Latina se han documentado casos vinculados al narcotráfico y a actividades ilícitas que involucran el uso de drones y aeronaves no autorizadas, generando impactos directos sobre la seguridad aeroportuaria y la gestión del riesgo operacional (Latin American and Caribbean Air Transport Association, 2023). Para el caso colombiano, la Aeronáutica Civil reporta un incremento sostenido de los incidentes asociados a ciberataques a sistemas aeronáuticos y eventos relacionados con el uso indebido de drones durante el período 2020–2022, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la capacitación del personal de seguridad frente a estas amenazas emergentes (Aeronáutica Civil de Colombia, 2023).

El planteamiento del problema radica en que, aunque el Programa Nacional de Seguridad de la Aviación Civil (PNSAC) establece lineamientos claros y se encuentra alineado con los estándares internacionales, presenta limitaciones en la formación del personal en el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Big Data, la simulación inmersiva y la gamificación. Autores como Bennett (2020) y Gonzalo (2024) advierten que la brecha entre las competencias actuales del personal y las demandas operativas derivadas de la transformación digital dificulta la anticipación de riesgos complejos, incrementando la vulnerabilidad de la aviación civil. Esta situación se evidencia en Colombia, donde, pese a los avances normativos y de infraestructura en materia de seguridad aeronáutica, persisten desafíos relacionados con la preparación del

recurso humano para mitigar amenazas cibernéticas y tecnológicas, especialmente en contextos de transformación digital del sector (Aeronáutica Civil de Colombia, 2022).

A partir de lo anterior, se evidencia que, si bien el sector aeronáutico ha avanzado en la implementación de medidas de seguridad, persisten limitaciones en los programas de capacitación del personal, especialmente en lo relacionado con la incorporación de metodologías innovadoras y tecnologías emergentes. Estas limitaciones afectan la capacidad de respuesta frente a amenazas cada vez más complejas, lo que hace necesario replantear los enfoques formativos actuales.

En este contexto, la investigación plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera una propuesta complementaria de capacitación en seguridad de la aviación civil, que incorpore metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas, puede fortalecer la preparación del personal en Colombia y mejorar su respuesta ante amenazas emergentes como los ciberataques y el uso indebido de drones?

El objetivo general de este trabajo es formular una propuesta complementaria de capacitación en seguridad de la aviación civil que se articule con el programa vigente, incorporando innovaciones tecnológicas orientadas a fortalecer la preparación del personal frente a amenazas emergentes. Este propósito se justifica por su conveniencia académica, en tanto genera un aporte metodológico sobre la integración de tecnologías en los procesos formativos en seguridad (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2014); por su pertinencia institucional, al apoyar los lineamientos de la Aeronáutica Civil de Colombia; y por su impacto social, al contribuir a la protección de pasajeros, tripulaciones e infraestructuras críticas del transporte aéreo.

El estudio se delimita al contexto de aeropuertos colombianos con operaciones comerciales de mediana y alta complejidad, particularmente en áreas relacionadas con la seguridad aeroportuaria. La población objeto de análisis corresponde a personal

operativo de seguridad, incluyendo inspectores, supervisores y profesionales vinculados a funciones de control y prevención de amenazas en la aviación civil. En este contexto, la investigación se centra en entornos con alta exposición a riesgos tecnológicos y digitales, donde la necesidad de fortalecer las capacidades del talento humano resulta más crítica.

En este contexto, la investigación se orienta a analizar las brechas existentes en los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia y a formular una propuesta complementaria basada en metodologías innovadoras y tecnologías emergentes, con el propósito de fortalecer la preparación del personal frente a amenazas contemporáneas.

Finalmente, en cuanto a la estructura del documento, este informe se organiza en varios capítulos. El Capítulo 1 desarrolla el planteamiento del problema, los antecedentes y la pregunta de investigación. El Capítulo 2 presenta la justificación, los objetivos y la hipótesis del estudio. El Capítulo 3 describe la metodología, incluyendo el diseño de investigación, las fuentes de información y las técnicas de análisis. El Capítulo 4 expone el estado del arte y el marco conceptual que sustentan teóricamente la propuesta. El Capítulo 5 desarrolla la propuesta complementaria de capacitación con base en los hallazgos del estudio. Finalmente, el Capítulo 6 presenta las conclusiones, contribuciones y recomendaciones derivadas de la investigación.

Objetivos

Objetivo general

Formular una propuesta de capacitación complementaria al programa de seguridad de la aviación civil en Colombia, que incorpore metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas actualizadas.

Objetivos específicos

- ✓ Diagnosticar las brechas y necesidades de formación del programa actual de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia, con énfasis en el desempeño del personal, la respuesta operativa ante incidentes y la preparación frente a ciberataques y uso indebido de drones.
- ✓ Examinar metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas implementadas a nivel internacional en programas de seguridad aérea, con el propósito de identificar prácticas que contribuyan al fortalecimiento del desempeño, la resiliencia organizacional y la capacidad de respuesta del personal en el contexto colombiano.
- ✓ Diseñar una propuesta complementaria de capacitación orientada a mejorar el desempeño del personal en seguridad aérea, optimizar la respuesta operativa ante amenazas emergentes y fortalecer la resiliencia organizacional frente a riesgos tecnológicos y digitales.

Los objetivos específicos planteados se articulan con las variables del estudio, permitiendo analizar la relación entre la adopción de metodologías innovadoras de capacitación (variable independiente) y el desempeño del personal en seguridad de la aviación civil (variables dependientes), en coherencia con la hipótesis de investigación.

Justificación

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), la conveniencia de una investigación se evalúa a partir de su relevancia y utilidad para abordar problemas específicos en contextos sociales, académicos y profesionales. En este sentido, el presente trabajo resulta pertinente porque aborda una problemática emergente en la seguridad de la aviación civil, asociada al incremento de los ciberataques y al uso indebido de aeronaves no tripuladas (drones), identificados por la International Civil Aviation Organization (2023) y la European Union Aviation Safety Agency (2023) como amenazas prioritarias para la seguridad operacional.

Desde la perspectiva sectorial, la Aeronáutica Civil de Colombia ha reportado un aumento significativo en los incidentes relacionados con ciberseguridad y eventos asociados al uso indebido de drones durante el período 2020–2022 (Aeronáutica Civil de Colombia, 2022; Aeronáutica Civil de Colombia, 2023). Estos antecedentes evidencian la necesidad de fortalecer los programas de capacitación del personal operativo mediante la incorporación de metodologías innovadoras que permitan anticipar, mitigar y responder de manera eficaz a este tipo de amenazas. En este marco, la propuesta no busca sustituir el Programa Nacional de Seguridad de la Aviación Civil (PNSAC), sino complementarlo con estrategias tecnológicas que incrementen su efectividad y pertinencia en el contexto colombiano.

En el ámbito académico, la investigación se alinea con las líneas de gestión, innovación y tecnología del programa de Maestría en Administración de Empresas de la Universidad EAN. El estudio integra enfoques de aprendizaje experiencial (Kolb, 1984), metodologías de gamificación y diseño de experiencias formativas digitales (Deterding,

Dixon, Khaled, & Nacke, 2011), así como el uso de herramientas analíticas y sistemas de información para fortalecer los procesos de prevención y toma de decisiones en seguridad aérea (Federal Aviation Administration, 2023). De esta manera, aporta al desarrollo teórico y metodológico sobre la evolución de los procesos de formación en seguridad frente a amenazas de carácter digital.

Desde la perspectiva organizacional, la propuesta contribuye al fortalecimiento de la gestión de la seguridad en las entidades aeronáuticas, al optimizar la preparación del talento humano y reducir la exposición a incidentes que puedan afectar la operación y la reputación institucional. La incorporación de metodologías innovadoras en los programas de capacitación favorece el desarrollo de una cultura de seguridad más adaptativa y coherente con las dinámicas tecnológicas y los nuevos escenarios de riesgo.

En cuanto a su impacto práctico y social, la investigación aporta al fortalecimiento de la resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes del sector aeronáutico colombiano, al promover el desarrollo de competencias técnicas y cognitivas que permiten una respuesta más oportuna y eficaz ante situaciones de crisis (Klein, 1998; Weick & Sutcliffe, 2015). Esto repercute positivamente en la protección de pasajeros, tripulaciones e infraestructuras críticas, así como en el fortalecimiento de la confianza de los usuarios en el sistema de transporte aéreo.

En términos de viabilidad, el estudio cuenta con acceso a fuentes documentales confiables y con los recursos humanos, técnicos y temporales necesarios para su desarrollo dentro de los alcances del trabajo de grado. Asimismo, la propuesta de capacitación complementaria resulta costo-efectiva, al priorizar el uso de tecnologías digitales como simuladores virtuales y plataformas de aprendizaje en línea que contribuyen a la optimización de recursos operativos y a la reducción del impacto ambiental.

Finalmente, el proyecto se enmarca en el campo de Gestión, dentro del Grupo de Emprendimiento, Innovación y Sostenibilidad, y en la línea de investigación de Tecnología, Innovación y Seguridad de la Universidad EAN, aportando tanto a la solución de una necesidad real del sector aeronáutico como al fortalecimiento de la producción académica institucional.

En este sentido, la presente investigación materializa su aporte académico y práctico a través del desarrollo de sus objetivos específicos, los cuales permiten, en primer lugar, diagnosticar las brechas existentes en los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia; en segundo lugar, analizar metodologías innovadoras y tecnologías emergentes aplicables al contexto nacional; y, finalmente, diseñar una propuesta complementaria orientada al fortalecimiento del desempeño del personal, la respuesta operativa y la resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes. De esta manera, la investigación no solo aborda la problemática identificada, sino que ofrece una solución estructurada y aplicable, alineada con las necesidades actuales del sector aeronáutico colombiano.

Marco teórico

Estado del arte

El presente estado del arte constituye un componente esencial de la investigación, en tanto permite identificar los avances y vacíos existentes en la literatura académica, técnica y normativa sobre la seguridad en la aviación civil. Su propósito es reconocer metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas aplicadas a la capacitación, con énfasis en la atención a amenazas emergentes como los ciberataques y el uso indebido de drones. En este sentido, la revisión bibliográfica no se orienta hacia un rediseño del Programa Nacional de Seguridad de la Aviación Civil (PNSAC), sino hacia la identificación de referentes internacionales y académicos que fundamenten una propuesta complementaria de fortalecimiento, alineada con los lineamientos de la ICAO, la EASA y la Aeronáutica Civil de Colombia.

Nivel internacional

La seguridad de la aviación civil ha experimentado una transformación significativa en las últimas dos décadas. Tras los atentados del 11 de septiembre de 2001, se implementaron estándares más estrictos de seguridad aeroportuaria que evolucionaron hacia enfoques proactivos de gestión del riesgo y la incorporación progresiva de tecnologías avanzadas (Price, Practical aviation security: Predicting and preventing future threats (3rd ed.), 2019).

Chen, Wang y Zhang (2021) evidencian que la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial mejora de manera sustancial la detección de amenazas en la aviación civil, aunque subrayan desafíos éticos asociados al uso de datos Ukwandu et al., (2021). De

forma complementaria, Ibrahim y Othman (2022) demostraron que el uso de blockchain fortalece la trazabilidad y la seguridad de la información aeroportuaria. Asimismo, rechazar enfoques formativos tradicionales y promover la formación digitalizada es un tema identificado en la literatura contemporánea sobre retos y prácticas en seguridad aeronáutica.

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (2023), refuerza esta perspectiva al destacar el valor del Big Data para la identificación temprana de patrones de riesgo, mientras que la International Civil Aviation Organization (2023) documenta el crecimiento sostenido de amenazas cibernéticas y la necesidad de fortalecer las competencias técnicas del personal de seguridad aérea.

En el ámbito educativo, la transformación digital aplicada a la formación aeronáutica ha redefinido los procesos de capacitación mediante la integración de herramientas basadas en TIC, simulación avanzada y tecnologías inmersivas. Gonzalo (2024) sostiene que esta digitalización de la educación aeronáutica exige el desarrollo de competencias analíticas y adaptativas en el talento humano, condición indispensable para garantizar la efectividad de los sistemas de seguridad en entornos altamente tecnificados.

En conjunto, estos antecedentes internacionales evidencian que la adopción de tecnologías emergentes requiere procesos de capacitación estructurados, orientados al desarrollo de competencias técnicas y digitales. En términos operativos, estos planteamientos se vinculan directamente con la variable independiente “Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación” y con la variable dependiente “Desempeño del personal en seguridad aérea”, definidas y operacionalizadas en la Tabla 2.

Nivel latinoamericano

En América Latina, la seguridad de la aviación civil enfrenta desafíos asociados a la implementación desigual de estándares internacionales y a limitaciones estructurales en infraestructura tecnológica y formación especializada. Pereira, Silva y Costa (2020) identificaron brechas significativas en la gestión de la seguridad entre aeropuertos certificados y no certificados por la International Civil Aviation Organization (ICAO), particularmente en los procesos de control y screening, evidenciando diferencias sustanciales en la estandarización operativa.

Desde la perspectiva tecnológica, diversos estudios han demostrado que la incorporación de simulación avanzada y entornos inmersivos en los programas de entrenamiento mejora significativamente el desempeño operativo y reduce la probabilidad de incidentes en contextos de alta complejidad. Salas et al. (2012) evidencian que los programas formativos estructurados, basados en simulación y entrenamiento experiencial, generan mejoras sostenibles en la transferencia del aprendizaje y en la reducción de errores operativos. Estos resultados sugieren que la modernización tecnológica debe ir acompañada de procesos sistemáticos de capacitación para garantizar su efectividad.

Asimismo, Bartulović (2023) validó un enfoque de análisis predictivo aplicado al desempeño de seguridad en un aeropuerto europeo, demostrando cómo los modelos de predicción de indicadores operativos pueden anticipar eventos adversos y apoyar la toma de decisiones de gestión. No obstante, el autor subraya que el éxito de estas herramientas depende directamente del nivel de formación analítica del personal encargado de su implementación y supervisión, pues la tecnología por sí sola no garantiza mejoras sostenibles en seguridad operacional.

En conjunto, la evidencia latinoamericana demuestra que la adopción de tecnologías emergentes exige procesos formativos orientados al fortalecimiento de competencias técnicas y digitales. En términos operativos, estos antecedentes se articulan con la variable independiente “Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación” y con la variable dependiente “Desempeño del personal en seguridad aérea”, particularmente en los indicadores de tiempo de respuesta, cumplimiento de protocolos críticos y percepción de autoeficacia, definidos en la Tabla 2.

Nivel nacional

En Colombia, investigaciones académicas recientes han identificado desafíos estructurales en la formación especializada y en la integración de tecnologías emergentes dentro de los sistemas de seguridad operacional. Estudios sobre investigación formativa en el ámbito aeronáutico colombiano evidencian brechas entre la capacitación técnica del personal y las demandas tecnológicas actuales del sector, lo que resalta la necesidad de fortalecer las competencias digitales y analíticas del talento humano encargado de la gestión de riesgos (Ramírez Segura, Ariza Ariza, & Pava, 2023).

Asimismo, informes institucionales recientes destacan la implementación progresiva de estrategias de capacitación apoyadas en tecnologías digitales y procesos de monitoreo continuo, subrayando la importancia de evaluar sistemáticamente los programas formativos para garantizar su alineación con los estándares nacionales e internacionales de seguridad aérea.

Estos hallazgos confirman que la integración de tecnologías emergentes y mecanismos de evaluación continua en la capacitación del personal constituye un

elemento clave para fortalecer la seguridad aérea en el contexto colombiano, lo cual se articula con las variables relacionadas con la eficacia de la formación y la mejora continua. En términos operativos, esta articulación se concreta en la variable independiente “Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación” y en las variables dependientes asociadas al desempeño, la retención de protocolos críticos y la Resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes del personal, tal como se encuentran definidas y operacionalizadas en la Tabla 2.

Fundamentación teórica

El presente apartado desarrolla la fundamentación teórica que sustenta la propuesta de fortalecimiento del programa de capacitación en seguridad de la aviación civil, integrando dimensiones técnicas, pedagógicas y organizacionales. Para ello, se abordan siete dimensiones centrales que articulan tanto los aspectos técnicos como pedagógicos de la propuesta: (1) seguridad aérea y evolución de amenazas, (2) gamificación y aprendizaje experiencial, (3) inteligencia artificial y Big Data, (4) ciberseguridad aeronáutica, (5) tecnologías inmersivas, (6) gestión del riesgo y resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes, y (7) evaluación y retroalimentación continua.

Cada dimensión se fundamenta en aportes teóricos, modelos conceptuales y resultados de investigaciones previas, tanto internacionales como nacionales, que respaldan la pertinencia de una propuesta complementaria de capacitación y descartan la necesidad de un rediseño normativo.

Seguridad aérea y evolución de amenazas

En relación con la seguridad de la aviación civil, esta ha transitado de un enfoque centrado principalmente en amenazas físicas como secuestros y sabotajes hacia un paradigma caracterizado por la creciente incidencia de riesgos tecnológicos y digitales. (Price, 2019) sostiene que la aviación civil contemporánea experimenta un cambio estructural en su modelo de protección: mientras que históricamente la seguridad se fundamentaba en protocolos físicos y controles manuales, en la actualidad los principales riesgos se asocian con ciberataques a sistemas de navegación y control, uso indebido de aeronaves no tripuladas (drones) y vulnerabilidades derivadas de la manipulación de datos digitales.

La International Civil Aviation Organization (International Civil Aviation Organization, 2022) advierte que los programas de capacitación en seguridad deben actualizarse de manera permanente, dado que las amenazas evolucionan con rapidez, especialmente aquellas asociadas a tecnologías de doble uso y entornos digitales. Bennett (2020) complementa esta perspectiva al señalar que los sistemas de seguridad que no incorporan mecanismos sistemáticos de actualización pedagógica y tecnológica tienden a volverse obsoletos en períodos relativamente cortos, afectando su capacidad de respuesta ante riesgos emergentes.

En este marco, los modelos contemporáneos de gestión han evolucionado desde el enfoque tradicional de *Safety Management Systems* (SMS) hacia esquemas más integrales como los *Security Management Systems* (SecMS), que articulan la seguridad operacional con la protección frente a amenazas deliberadas y tecnológicas (Peterson, 2020). Esta transición conceptual evidencia la necesidad de orientar la formación del personal de seguridad hacia el desarrollo de competencias adaptativas, analíticas y

digitales. En términos operativos, dicha evolución sustenta la medición del desempeño del personal en seguridad aérea, la retención y aplicación de protocolos críticos y la resiliencia organizacional frente a amenazas tecnológicas, variables dependientes definidas y operacionalizadas en la Tabla1.

Gamificación y aprendizaje experiencial

Por otro lado, la pedagogía en seguridad de la aviación civil ha estado tradicionalmente centrada en enfoques instruccionales basados en manuales y ejercicios presenciales. No obstante, la literatura académica evidencia que metodologías innovadoras como la gamificación y el aprendizaje experiencial pueden incrementar significativamente la motivación, la retención del conocimiento y la adherencia a protocolos complejos.

Deterding, Dixon, Khaled y Nacke (2011), en su artículo seminal *From Game Design Elements to Gamefulness*, conceptualizan la gamificación como la incorporación de elementos propios del diseño de juegos en contextos no lúdicos con el fin de aumentar la motivación intrínseca y el compromiso del usuario. Este enfoque se complementa con el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb (1984), el cual describe un ciclo compuesto por cuatro fases: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa, favoreciendo una transferencia más efectiva del aprendizaje a contextos reales.

En el ámbito aeronáutico, la Federal Aviation Administration (2023) documenta experiencias de modernización del entrenamiento mediante entornos digitales e inmersivos, destacando mejoras en la consistencia procedimental y en la preparación del personal frente a escenarios simulados. De manera similar, la Aeronáutica Civil de Colombia (2023) ha reportado avances en programas piloto de capacitación apoyados en

tecnologías de simulación virtual, evidenciando el potencial de estas herramientas para fortalecer la detección y respuesta ante situaciones críticas.

En términos generales, la gamificación y el aprendizaje experiencial constituyen marcos pedagógicos estratégicos para el diseño de propuestas complementarias de capacitación orientadas al fortalecimiento de la retención de protocolos críticos, la toma de decisiones bajo presión y el desempeño del personal de seguridad aérea. Operativamente, esta dimensión se vincula con la variable independiente “Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación”, cuyos indicadores incluyen la integración de simulaciones inmersivas, la aplicación de estrategias gamificadas y la contextualización de contenidos en escenarios de riesgo definidos en la Tabla 2.

Inteligencia artificial y Big Data

Así mismo la inteligencia artificial (IA) y el Big Data han transformado de manera significativa la seguridad aérea, particularmente en la detección de amenazas y la predicción de riesgos operacionales. Chen, Wang y Zhang (2021) demuestran, a partir de una revisión sistemática publicada en *Journal of Air Transport Management*, que los algoritmos de *machine learning* mejoran la precisión en la identificación de amenazas en comparación con métodos tradicionales de inspección.

Asimismo, estudios sobre automatización en sistemas de inspección aeroportuaria evidencian que la aplicación de IA en el escaneo de equipajes puede reducir los falsos positivos y optimizar los tiempos de respuesta en aeropuertos de alto tráfico (Wells & Young, 2021). No obstante, la literatura especializada advierte que una adopción tecnológica sin una formación adecuada puede generar una percepción de “falsa seguridad”, dado que el personal requiere competencias analíticas para interpretar

correctamente los resultados producidos por sistemas automatizados (Ukwandu, y otros, 2021).

En paralelo, el Big Data permite analizar grandes volúmenes de datos operacionales en tiempo real para identificar patrones de comportamiento y anticipar riesgos. La European Union Aviation Safety Agency (2023) destaca que el análisis avanzado de datos contribuye a la identificación temprana de tendencias de riesgo y a la toma de decisiones proactiva en materia de seguridad aérea. Estudios recientes sobre análisis predictivo aplicado a aeropuertos también demuestran que los modelos basados en datos históricos permiten anticipar escenarios adversos y optimizar la gestión de la seguridad (Bartulović, 2023).

En consecuencia, la IA y el Big Data no solo representan avances tecnológicos, sino que exigen una articulación con procesos estructurados de capacitación que fortalezcan las competencias digitales y analíticas del personal. Operativamente, esta dimensión se relaciona con la variable independiente “Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación”, cuyos indicadores incluyen la integración de tecnologías emergentes, el análisis de datos en escenarios simulados y la toma de decisiones informada, tal como se define en la Tabla 2.

No obstante, aunque la inteligencia artificial mejora la detección de amenazas, algunos autores advierten que su implementación sin una adecuada formación del personal puede generar dependencia tecnológica y errores en la interpretación de los datos en contextos críticos.

Ciberseguridad aeronáutica

No siendo menos importante la ciberseguridad constituye actualmente uno de los ejes estratégicos de la aviación civil contemporánea. Harris (2022) advierte que un

ataque dirigido a sistemas CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management) podría generar disrupciones regionales significativas, con efectos directos sobre la seguridad operacional, la continuidad del servicio y la economía nacional.

En el plano internacional, la International Civil Aviation Organization (2023) ha documentado un incremento sostenido de ciberataques dirigidos a infraestructuras aeronáuticas críticas, lo que ha motivado el fortalecimiento de estrategias globales de protección digital. A nivel nacional, la Aeronáutica Civil de Colombia (2023) reporta tendencias similares en el entorno colombiano, consolidando la ciberseguridad como una prioridad institucional. De manera complementaria, la Civil Aviation Authority of Singapore (2023) ha implementado esquemas de monitoreo continúo basados en analítica avanzada y técnicas de *machine learning* para la detección temprana de vulnerabilidades en sistemas aeroportuarios.

En consecuencia, cualquier propuesta complementaria de capacitación en seguridad aeronáutica debe incorporar componentes de alfabetización digital, protocolos estructurados de respuesta ante ciber incidentes y simulaciones de ataques controlados, con el fin de fortalecer las competencias técnicas y cognitivas del personal aeroportuario. Operativamente, esta dimensión respalda la medición de la capacidad de respuesta ante incidentes simulados y la aplicación correcta de protocolos críticos, indicadores contemplados en las variables dependientes definidas en la Tabla 2.

Tecnologías inmersivas (realidad virtual y simulación)

Este aspecto acerca de la capacitación mediante realidad virtual (RV) y simulación inmersiva se ha consolidado como una estrategia eficaz y costo efectiva para el entrenamiento en contextos de alto riesgo, particularmente en entornos donde la práctica real implica riesgos operacionales significativos. La Federal Aviation Administration (2023) señala que los programas de entrenamiento basados en simulación

avanzada mejoran la capacidad de detección de amenazas y reducen errores de procedimiento en comparación con esquemas tradicionales de instrucción.

Desde la perspectiva cognitiva, Klein (1998) sostiene que la exposición reiterada a escenarios simulados favorece el desarrollo de la intuición experta y la toma de decisiones rápida en situaciones críticas, dado que permite reconocer patrones bajo presión. Este planteamiento es coherente con reportes institucionales de la Aeronáutica Civil de Colombia (2023), los cuales evidencian mejoras en la preparación operativa del personal que participó en pilotos de capacitación con herramientas de simulación virtual.

En consecuencia, las tecnologías inmersivas no solo fortalecen competencias técnicas, sino que también potencian la resiliencia cognitiva y la capacidad de respuesta ante incidentes complejos. Operativamente, la implementación de simulaciones inmersivas constituye un indicador relevante de la variable independiente “Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación”, mientras que su impacto se evalúa a través de indicadores como tiempo de respuesta, nivel de cumplimiento de protocolos críticos y percepción de autoeficacia, definidos en la Tabla 2.

Gestión del riesgo y resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes

No podía faltar la gestión del riesgo en la aviación civil se fundamenta en marcos estructurados orientados a la identificación, evaluación y mitigación sistemática de amenazas antes de su materialización. Modelos como el *Risk Management Framework* (RMF) permiten integrar procesos de análisis preventivo y control continuo dentro de los sistemas de seguridad organizacional (Peterson, 2020). No obstante, la literatura contemporánea enfatiza que la gestión técnica del riesgo debe complementarse con el fortalecimiento de la resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes.

Weick y Sutcliffe (2015) sostienen que la resiliencia organizacional no depende de respuestas improvisadas o heroicas, sino de la preparación sistemática, la atención plena organizacional (*mindfulness*) y la capacidad de aprendizaje continuo ante escenarios de alta incertidumbre. En esta misma línea, Klein (1998) argumenta que la exposición a simulaciones realistas favorece el desarrollo de la intuición experta y mejora la toma de decisiones bajo presión, especialmente en contextos de crisis.

En consecuencia, la propuesta complementaria de capacitación debe integrar componentes explícitos de resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes, orientados a fortalecer la adaptación, la respuesta efectiva y el aprendizaje institucional. Operativamente, esta dimensión se concreta en la variable dependiente “Resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes”, cuyos indicadores comprenden la percepción de autoeficacia, la toma de decisiones bajo presión y el trabajo colaborativo en escenarios simulados, conforme a lo establecido en la Tabla 2.

Evaluación y retroalimentación continua

En complementación la literatura especializada coincide en que los programas de seguridad aeronáutica solo alcanzan niveles óptimos de efectividad cuando incorporan mecanismos sistemáticos de evaluación y retroalimentación continua. Peterson (2020) sostiene que las auditorías tradicionales deben evolucionar hacia sistemas de monitoreo dinámico sustentados en indicadores de desempeño en tiempo real, capaces de detectar desviaciones operativas de manera temprana.

En el contexto colombiano, la Revista Colombiana de Seguridad Aérea (2022) señala que los aeropuertos que implementan evaluaciones periódicas estructuradas presentan mayores niveles de cumplimiento normativo y mejora en la gestión de riesgos.

De forma complementaria, la Civil Aviation Authority of Singapore (2023) documenta que los sistemas de monitoreo permanente apoyados en analítica avanzada y *machine learning* permiten anticipar vulnerabilidades antes de que se materialicen en incidentes operacionales.

En consecuencia, la propuesta complementaria de capacitación debe integrar métricas de desempeño claramente definidas, auditorías periódicas y mecanismos de actualización continua de contenidos. Operativamente, esta dimensión se vincula con los instrumentos de medición del desempeño del personal definidos en la Tabla 2, particularmente aquellos orientados a evaluar tiempos de respuesta, cumplimiento de protocolos críticos y percepción de autoeficacia como indicadores de efectividad del proceso formativo.

A partir del análisis del marco teórico, se concluye que la seguridad de la aviación civil contemporánea exige programas de capacitación flexibles, innovadores y adaptativos, sustentados en la integración de metodologías como la gamificación, el aprendizaje experiencial y el uso estratégico de tecnologías emergentes, incluyendo inteligencia artificial, Big Data y simulación inmersiva.

En este sentido, las dimensiones analizadas se articulan con las variables del estudio y proporcionan el sustento conceptual necesario para la formulación de la propuesta de capacitación complementaria, orientada al fortalecimiento de las competencias analíticas y operativas del talento humano frente a amenazas emergentes en entornos aeroportuarios.

Con el propósito de sintetizar las metodologías innovadoras analizadas en el marco teórico y su aplicabilidad en el contexto colombiano, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 1.Metodologías innovadoras y su aplicabilidad en el contexto colombiano

Metodología / Tecnología	**País o referencia internacional**	**Aplicabilidad en Colombia**
Gamificación	Estados Unidos, Reino Unido	Alta aplicabilidad en programas de capacitación para mejorar la motivación, retención del conocimiento y toma de decisiones en escenarios de seguridad aeroportuaria.
Aprendizaje experiencial (Kolb)	Estados Unidos	Aplicable mediante simulaciones operativas y entrenamiento práctico en aeropuertos, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante incidentes.
Inteligencia artificial (IA)	Estados Unidos, Unión Europea	Aplicable en sistemas de detección de amenazas, análisis de riesgos y apoyo a la toma de decisiones en seguridad aeronáutica.
Big Data y analítica avanzada	Estados Unidos, Unión Europea	Aplicable en la identificación de patrones de riesgo y análisis predictivo en entornos aeroportuarios.
Simulación inmersiva (realidad virtual/aumentada)	Canadá, Estados Unidos	Alta aplicabilidad en la recreación de escenarios críticos sin afectar la

Metodología / Tecnología	País o referencia internacional	Aplicabilidad en Colombia
		operación real, permitiendo entrenamiento seguro y controlado.
Ciberseguridad aeronáutica	Global (OACI, FAA, EASA)	Fundamental para Colombia ante el incremento de amenazas digitales; aplicable en la protección de sistemas críticos aeroportuarios.
Gestión de amenazas con drones	Estados Unidos, Israel	Aplicable en la implementación de protocolos de detección, control y respuesta ante uso indebido de drones en aeropuertos.

Nota. Elaboración propia con base en la revisión de literatura internacional y su adaptación al contexto colombiano.

La síntesis presentada evidencia que las metodologías innovadoras y tecnologías emergentes analizadas poseen un alto potencial de aplicación en el contexto colombiano, lo cual refuerza la pertinencia de su integración en la propuesta de capacitación planteada en el presente estudio.

Hipótesis

H1: Existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre el nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación (variable independiente) y el desempeño del personal en seguridad de la aviación civil (variable dependiente).

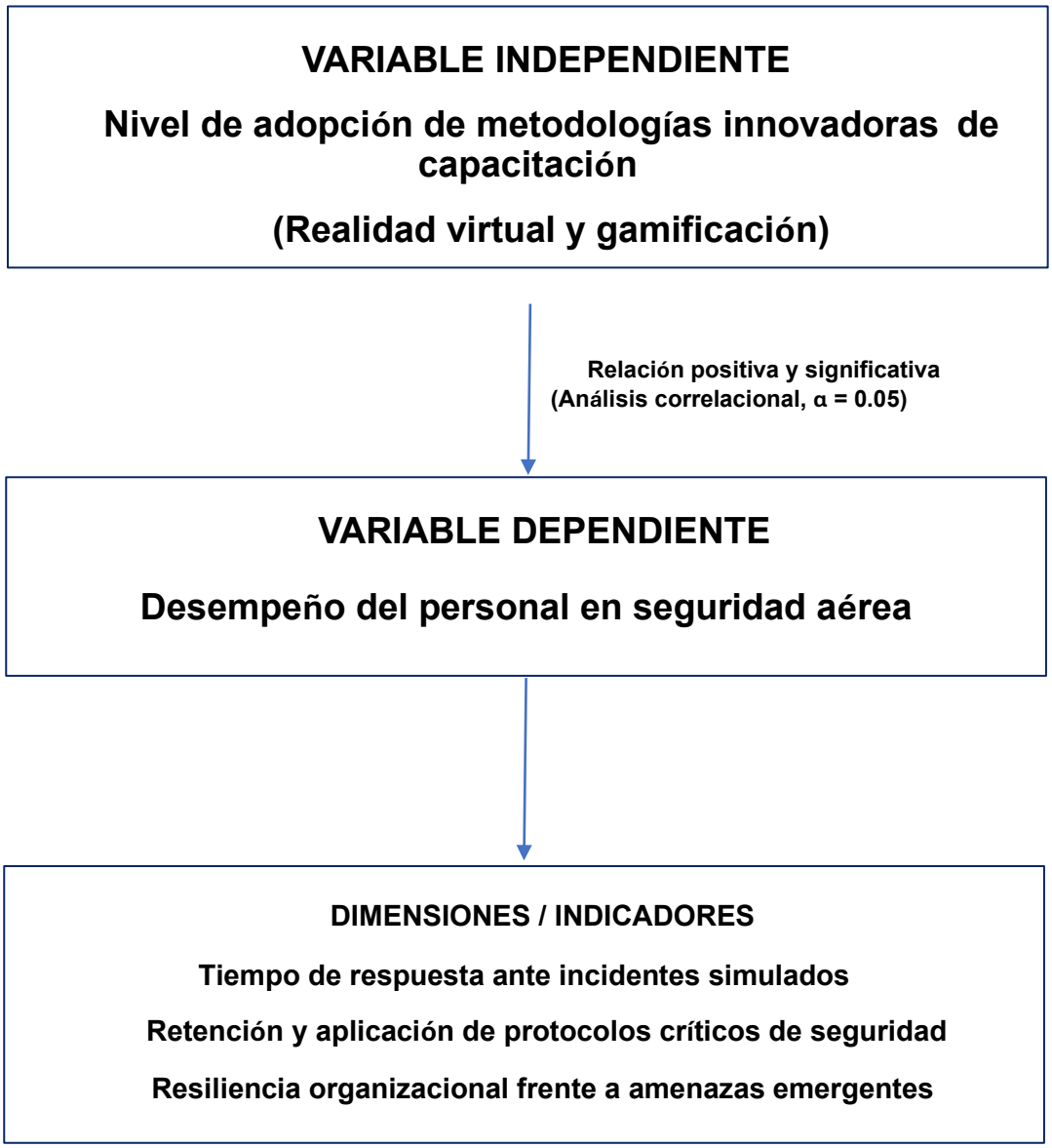
Hipótesis específicas

H1a: A mayor nivel de adopción de metodologías innovadoras, menores serán los tiempos de respuesta ante incidentes simulados.

H1b: A mayor nivel de adopción de metodologías innovadoras, mayor será la retención y correcta aplicación de protocolos críticos de seguridad.

H1c: A mayor nivel de adopción de metodologías innovadoras, mayores serán los niveles de autoeficacia y resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes.

Ilustración 1.Modelo conceptual de la relación entre metodologías innovadoras de capacitación y desempeño del personal en seguridad aérea



Fuente: Elaboración propia con base en Kolb (1984), Deterding et al. (2011) y Hernández Sampieri (2014).

Variables preliminares

En coherencia con el objetivo general y la hipótesis planteada, se definen las variables preliminares del estudio, estableciendo para cada una su definición conceptual y operacional. Estas variables se clasifican en independientes, dependientes y de control, con el propósito de garantizar claridad analítica y consistencia metodológica entre el marco teórico, la hipótesis y la matriz de operacionalización.

Definición conceptual

La variable independiente denominada **nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación** se define como el grado en que los programas formativos incorporan enfoques pedagógicos y tecnológicos que superan los esquemas tradicionales basados exclusivamente en instrucción expositiva, integrando estrategias como la gamificación, el aprendizaje experiencial y el uso de tecnologías inmersivas.

Desde el enfoque constructivista, Kolb (1984) plantea que el aprendizaje experiencial se fundamenta en la transformación de la experiencia mediante un ciclo compuesto por experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa, lo cual favorece la apropiación significativa del conocimiento. En el ámbito de la gamificación, Deterding et al. (2011) argumentan que la incorporación de elementos propios del diseño de juegos en contextos no lúdicos incrementa la motivación intrínseca y mejora la retención del aprendizaje en entornos organizacionales.

En el contexto de la seguridad aeronáutica, Bennett (2020) sostiene que la integración de metodologías innovadoras en los procesos de capacitación fortalece la preparación del personal frente a amenazas complejas, dinámicas y tecnológicamente

sofisticadas, favoreciendo respuestas más adaptativas y efectivas ante escenarios emergentes.

La variable dependiente **desempeño del personal en seguridad aérea** se define como el nivel de eficacia con el que el talento humano aplica conocimientos, procedimientos y protocolos en situaciones operativas reales o simuladas. Campbell (1990) conceptualiza el desempeño laboral como un conjunto de comportamientos observables que contribuyen directamente a los objetivos organizacionales. En entornos de alto riesgo como la aviación civil, Reason (2016) subraya que el desempeño humano constituye un factor determinante en la prevención de incidentes y en la mitigación de riesgos sistémicos.

Asimismo, se considera como variable dependiente la **retención y aplicación de protocolos críticos**, entendida como la capacidad del personal para memorizar, comprender y ejecutar adecuadamente los procedimientos establecidos en la normativa de seguridad. Bloom (1956) establece que la retención y la aplicación del conocimiento corresponden a niveles superiores del dominio cognitivo, mientras que Salas et al. (2012) evidencian que la capacitación basada en escenarios incrementa la transferencia efectiva del aprendizaje hacia el entorno operativo.

De igual manera, se incorpora como variable dependiente la **resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes**, definida como la capacidad de anticipación, adaptación y respuesta eficaz ante situaciones de crisis. Weick y Sutcliffe (2015) argumentan que la resiliencia organizacional se sustenta en la preparación sistemática, el aprendizaje continuo y la coordinación colectiva en organizaciones de alta confiabilidad. En el ámbito aeronáutico, esta capacidad resulta esencial para enfrentar amenazas tecnológicas y digitales, particularmente cuando el personal ha sido entrenado

mediante simulaciones que fortalecen la intuición experta y la toma de decisiones bajo presión (Klein, 1998).

Finalmente, se incluyen **variables de control** asociadas a características del personal que pueden influir en el desempeño y en los resultados de la capacitación, tales como años de experiencia, nivel de formación académica y tipo de cargo desempeñado. Hernández Sampieri et al. (2014) señalan que la incorporación de variables de control permite aislar el efecto de factores externos y fortalecer la validez interna en estudios de carácter aplicado.

Definición operacional

En primer lugar, la variable independiente **nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación**, clasificada como variable independiente, se medirá en **escala ordinal**. Esta variable se operacionaliza a partir del grado en que los programas formativos incorporan simulaciones inmersivas, estrategias de gamificación y contenidos alineados con escenarios reales de riesgo aeroportuario.

Los instrumentos de medición corresponden a encuestas estructuradas tipo Likert y listas de chequeo aplicadas a los programas de capacitación, cuyos ítems se presentan en el **Anexo 1**, en coherencia con los fundamentos del aprendizaje experiencial propuestos por Kolb (1984) y los aportes sobre gamificación desarrollados por Deterding et al. (2011).

Ejemplo de ítem (Anexo 1):

“La capacitación recibida incorpora simulaciones inmersivas que replican escenarios reales de riesgo en el entorno aeroportuario” (escala de 1 a 5, desde nunca hasta siempre).

En segundo lugar, la variable dependiente **desempeño del personal en seguridad aérea** se medirá en **escala ordinal e intervalo**, dependiendo del tipo de indicador evaluado. Esta variable se analiza a partir de la capacidad del personal para responder ante incidentes simulados, cumplir adecuadamente los protocolos críticos e identificar amenazas con precisión.

Para su medición se emplearán rúbricas de evaluación del desempeño y pruebas prácticas en entornos simulados, descritas en el **Anexo 2**, siguiendo la conceptualización del desempeño como conducta observable orientada a resultados organizacionales (Campbell, 1990) y la relevancia del factor humano en la prevención de incidentes en sistemas complejos (Reason, 2016).

Ejemplo de criterio de evaluación (Anexo 2):

“Tiempo de reacción ante un escenario simulado de intrusión de dron: menor a 2 minutos (alto desempeño), entre 2 y 4 minutos (desempeño medio), mayor a 4 minutos (bajo desempeño)”.

De manera complementaria, la variable dependiente **retención y aplicación de protocolos críticos** se medirá en **escala ordinal**. Su operacionalización se realiza a partir de los resultados obtenidos en pruebas de conocimiento, la consistencia en la ejecución de procedimientos y la disminución de errores procedimentales durante simulaciones.

La medición se efectuará mediante pruebas escritas estructuradas y guías de observación incluidas en el **Anexo 3**, en coherencia con los niveles cognitivos establecidos en la taxonomía de Bloom (1956) y con la evidencia empírica sobre transferencia del aprendizaje en contextos organizacionales señalada por Salas et al. (2012).

Ejemplo de ítem (Anexo 3):

"Seleccione la secuencia correcta de acciones ante la detección de una interferencia ilícita de origen cibernético en sistemas aeroportuarios".

De igual forma, se incorpora como variable dependiente la **resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes**, la cual se medirá en **escala ordinal**. Esta dimensión se evalúa considerando la percepción de autoeficacia del personal, su capacidad para tomar decisiones bajo presión y el trabajo colaborativo en escenarios simulados.

Los instrumentos asociados corresponden a escalas de percepción tipo Likert y guías estructuradas de observación, presentadas en el **Anexo 4**, de acuerdo con los enfoques de resiliencia organizacional en organizaciones de alta confiabilidad (Weick & Sutcliffe, 2015) y los aportes sobre toma de decisiones experta en contextos de riesgo (Klein, 1998).

Ejemplo de ítem (Anexo 4):

"Me siento preparado para responder de manera efectiva ante un incidente de ciberseguridad o uso indebido de drones en el aeropuerto" (escala Likert de 1 a 5).

Finalmente, se incluyen **variables de control**, medidas en escala nominal y ordinal, que permiten considerar características individuales del personal que podrían influir en los resultados del estudio, tales como los años de experiencia laboral, el nivel de formación académica y el cargo desempeñado. Estas variables se operacionalizan mediante preguntas de caracterización incluidas en la encuesta del **Anexo 1**, con el propósito de aislar posibles efectos externos y fortalecer la validez interna de la investigación (Hernández Sampieri et al., (2014)).

Ejemplo de ítem (Anexo 1):

"Años de experiencia en funciones relacionadas con la seguridad aeroportuaria".

Tabla 2. Resumen de categorización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos de recolección
Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación (Variable independiente)	Grado en que los programas de capacitación en seguridad aérea incorporan metodologías pedagógicas innovadoras, tales como gamificación, aprendizaje experiencial y simulación inmersiva, orientadas al desarrollo de competencias	Se mide mediante la percepción del personal y la revisión de los programas de formación, considerando la frecuencia y profundidad de uso de simulaciones, gamificación y escenarios basados en riesgos reales. Escala ordinal.	• Frecuencia de uso de simulaciones inmersivas• Integración de gamificación en la capacitación• Uso de escenarios reales de riesgo	Encuesta estructurada tipo Likert y lista de chequeo de programas de capacitación (Anexo 1).

prácticas y adaptativas frente a amenazas emergentes (Kolb, 1984; Deterding et al., 2011; Salas et al., 2012).

Desempeño del personal en seguridad aérea (Variable dependiente)	Nivel de eficacia con el que el personal ejecuta procedimientos de seguridad, identifica amenazas y responde a incidentes, de acuerdo con estándares operacionales y normativos del sector aeronáutico (Campbell, 1990; Reason, 2016).	Se evalúa a través de ejercicios prácticos y simulaciones controladas, midiendo tiempos de respuesta, cumplimiento de protocolos y precisión en la identificación de amenazas. Escala ordinal e intervalo.	• Tiempo de respuesta ante incidentes simulados• Nivel de cumplimiento de protocolos• Precisión en la detección de amenazas	Rúbrica de evaluación del desempeño y pruebas prácticas en simulación (Anexo 2).

Retención y aplicación de protocolos críticos de seguridad (Variable dependiente)	Capacidad del personal para memorizar, comprender y aplicar correctamente los procedimientos y protocolos establecidos para la gestión de amenazas en la aviación civil (Bloom, 1956; Salas et al., 2012).	Se mide mediante pruebas de conocimiento y observación del desempeño en escenarios simulados, identificando errores procedimentales y consistencia en la aplicación de los protocolos. Escala ordinal.	• Resultados en pruebas de conocimiento• Número de errores procedimentales• Consistencia en la aplicación de protocolos	Prueba escrita estructurada y guía de observación (Anexo 3).

Resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes (Variable dependiente)	Capacidad individual y colectiva del personal para anticipar, adaptarse y responder eficazmente a eventos críticos, manteniendo la continuidad operacional y el aprendizaje organizacional (Weick & Sutcliffe, 2015; Klein, 2021).	Se operacionaliza mediante la medición de la percepción de autoeficacia, la toma de decisiones bajo presión y el trabajo colaborativo en escenarios simulados. Escala ordinal.	• Percepción de autoeficacia• Toma de decisiones bajo presión• Coordinación y trabajo en equipo	Escala de percepción tipo Likert y guía de observación en simulaciones (Anexo 4).

Variables de control (experiencia, nivel educativo, cargo)	Características sociodemográficas y laborales que pueden influir en el desempeño del personal y en los resultados de la capacitación (Hernández Sampieri, 2014).	Se miden mediante preguntas de caracterización incluidas en la encuesta, con el fin de controlar su efecto en el análisis de resultados. Escala nominal y ordinal.	• Años de experiencia• Nivel de formación• Cargo desempeñado	Encuesta de caracterización del personal (Anexo 1).

Nota. Elaboración propia con base en Kolb (1984), Deterding et al. (2011), Salas et al. (2012), Campbell (1990), Reason (2016), Weick y Sutcliffe (2015) y Hernández Sampieri et al. (2014).

En conjunto, las variables definidas permiten analizar de manera integral la relación entre la adopción de metodologías innovadoras y el desempeño del personal en seguridad aérea, proporcionando una base sólida para la verificación de la hipótesis y el desarrollo del análisis correlacional del estudio.

Diseño metodológico

La presente investigación se enmarca en un diseño de estudio aplicado, de corte transversal, con un alcance descriptivo correlacional y un razonamiento metodológico de carácter inductivo. En cuanto al enfoque metodológico, el estudio se desarrollará bajo un enfoque mixto, al articular procedimientos cuantitativos y cualitativos, lo cual resultará pertinente para analizar de manera integral el fortalecimiento de la capacitación en seguridad de la aviación civil. El componente cuantitativo permitirá medir el comportamiento de las variables asociadas al desempeño del personal, tales como tiempos de respuesta, memorización de protocolos y percepción de autoeficacia, mientras que el componente cualitativo facilitará la comprensión de las percepciones, experiencias y valoraciones de los participantes frente a la propuesta de capacitación complementaria. De esta forma, el enfoque mixto posibilitará una aproximación más completa al fenómeno de estudio, coherente con los objetivos planteados y la hipótesis formulada (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2014).

Por otro lado, el diseño de la investigación será aplicado, de tipo no experimental, con un alcance descriptivo correlacional y un corte transversal, dado que la recolección de la información se realizará en un único momento temporal. De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014), los estudios descriptivos permitirán caracterizar fenómenos y contextos específicos, mientras que los estudios correlacionales buscarán identificar el grado de relación entre dos o más variables sin establecer relaciones causales. En este caso, el alcance descriptivo permitirá caracterizar las condiciones actuales de la capacitación en seguridad de la aviación civil, y el componente correlacional posibilitará analizar la relación entre la incorporación de

metodologías innovadoras de capacitación y el desempeño del personal de seguridad, en coherencia con la hipótesis planteada.

Así mismo, el razonamiento metodológico será de tipo inductivo, dado que la investigación parte de la observación y análisis de datos empíricos para formular conclusiones generales aplicables al contexto estudiado. Según Bernal (2016), el enfoque inductivo permite construir conocimiento a partir de evidencias particulares, identificando patrones y regularidades que sustentan generalizaciones teóricas o propuestas de intervención. En este sentido, a partir del análisis de la información obtenida sobre los procesos de capacitación y el desempeño del personal de seguridad aérea, se derivarán conclusiones orientadas a sustentar la pertinencia y viabilidad de una propuesta complementaria de capacitación para el contexto colombiano.

Población

La población objetivo de esta investigación estará conformada por el personal involucrado en la seguridad de la aviación civil en Colombia, incluyendo: Inspectores de seguridad aeroportuaria, personal operativo de aerolíneas y aeropuertos (equipos de tierra, controladores aéreos, etc.), funcionarios de la Aeronáutica Civil Colombiana responsables de la implementación y supervisión de protocolos de seguridad; expertos en tecnologías emergentes aplicadas a la aviación (ej. ciberseguridad, inteligencia artificial).

Según datos de la Aeronáutica Civil Colombiana, esta población se estima en aproximadamente 1,200 profesionales distribuidos en los principales aeropuertos del país.

Muestra

Para seleccionar la muestra, se empleará un muestreo estratificado proporcional, considerando los siguientes criterios:

Estratos:

Grupo A: Personal operativo (60% de la muestra).

Grupo B: Inspectores y supervisores (30% de la muestra).

Grupo C: Expertos en tecnología y gestores de capacitación (10% de la muestra).

Tamaño muestral:

Utilizando la fórmula para poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, se calcula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

N=1,200N=1,200 (población total).

Z=1.96Z=1.96 (valor Z para 95% de confianza).

p=0.5p=0.5 (proporción conservadora).

E=0.05E=0.05 (margen de error).

Resultando en una muestra mínima **de 292 participantes**.

Criterios de inclusión:

Experiencia mínima de 2 años en el sector.

Participación en programas de seguridad aérea.

Disponibilidad para colaborar en encuestas y pruebas piloto.

Técnicas de recolección

Dada la naturaleza multidimensional del estudio, que integra aspectos técnicos, operativos y pedagógicos, se adoptará un enfoque mixto de recolección de datos, combinando métodos cuantitativos para medir variables objetivas (como frecuencia de incidentes o nivel de adopción tecnológica) y métodos cualitativos para profundizar en las percepciones y experiencias del personal. Esta triangulación metodológica permitirá integrar perspectivas complementarias y enriquecer el análisis del fenómeno de estudio, lo que favorecerá una comprensión más amplia y consistente de los hallazgos (Hernández Sampieri et al., (2014).

En coherencia con este enfoque, se emplearán las siguientes técnicas de recolección:

➤ **Encuestas estructuradas:** orientadas a evaluar brechas de capacitación y percepción sobre la incorporación de tecnologías emergentes en los procesos formativos.

➤ **Entrevistas semiestructuradas:** aplicadas a expertos (Grupo C) con el propósito de validar la pertinencia técnica y metodológica del modelo propuesto.

➤ **Grupos focales:** desarrollados con inspectores (Grupo B) para analizar casos prácticos y contrastar experiencias frente a escenarios de riesgo simulados.

En conjunto, este diseño permitirá contrastar información desde diferentes actores y niveles funcionales, fortaleciendo la validez del estudio y asegurando una visión integral del problema investigado.

Procedimiento y técnicas de análisis de la información

Para esta investigación, el análisis de la información se llevará a cabo siguiendo un proceso bien estructurado que garantizará la validez y confiabilidad de los resultados. Primero, una vez recolectadas las encuestas, entrevistas y registros documentales, se procederá a revisar y depurar los datos para eliminar inconsistencias, duplicidades o respuestas incompletas, siguiendo las recomendaciones de Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014), quienes destacan que la limpieza inicial de los datos será clave para mantener la calidad del análisis.

Seguidamente, los datos cuantitativos se organizarán en una base de datos en Excel; posteriormente se analizarán con ayuda del software SPSS versión 28, utilizando estadísticos descriptivos como frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar, para caracterizar las variables principales del estudio: adopción tecnológica, indicadores asociados al desempeño del personal, tiempo de respuesta y nivel de capacitación. Además, se aplicarán correlaciones de Pearson para identificar relaciones entre la adopción de tecnologías emergentes y los indicadores de seguridad operacional, tal como proponen Creswell (2014) y Field (2018) en estudios de tipo descriptivo-correlacional.

La hipótesis se contrastará mediante análisis de correlación de Pearson con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, evaluando la asociación entre la variable independiente y los indicadores de las variables dependientes.

Por otra parte, la información cualitativa proveniente de las entrevistas y los grupos focales se procesará mediante análisis de contenido temático, siguiendo las fases de codificación abierta, categorización y triangulación (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014). En esta parte, se buscarán patrones en las percepciones del personal sobre la efectividad de las metodologías de capacitación y el uso de herramientas tecnológicas para fortalecer la seguridad aérea. La triangulación se aplicará para comparar los resultados entre los tres grupos de informantes (operativos, inspectores y expertos tecnológicos), garantizando la coherencia entre las fuentes de datos, tal como sugiere Stake (2010).

Con el fin de dar mayor claridad a la estructura metodológica, el proceso investigativo se organiza en cuatro fases articuladas: diagnóstico de la situación actual, recolección de la información, análisis e interpretación de los datos y formulación de la propuesta de capacitación, las cuales se desarrollan de manera integrada a lo largo del estudio. Esta organización permite estructurar de manera lógica y sistemática el proceso investigativo, en concordancia con los lineamientos metodológicos para estudios de enfoque aplicado y no experimental propuestos por Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014). Estas fases se reflejan en los distintos apartados del documento, particularmente en el análisis de resultados (diagnóstico), el diseño metodológico (recolección), el procesamiento de la información (análisis) y el capítulo de propuesta, garantizando la coherencia entre el enfoque metodológico, los objetivos de la investigación y los resultados obtenidos.

En una primera fase denominada ***Diseño y validación de instrumentos***, se diseñarán y validarán los instrumentos de recolección de información, garantizando su correspondencia con la variable independiente, relacionada con el nivel de adopción de

metodologías innovadoras de capacitación, y con las variables dependientes asociadas al desempeño del personal de seguridad de la aviación civil. De acuerdo con Bernal (2016), esta fase será fundamental para asegurar la validez de contenido y la coherencia entre los instrumentos, los objetivos del estudio y las variables a medir.

En esta etapa se obtendrán datos preliminares sobre el grado de incorporación de tecnologías inmersivas y metodologías experienciales en los procesos formativos, en coherencia con el objetivo específico orientado a analizar las estrategias actuales de capacitación.

Con el fin de garantizar la validez de contenido de los instrumentos diseñados (encuesta estructurada, rúbrica de desempeño, prueba de conocimiento y escala de resiliencia organizacional), se aplicará un proceso de validación mediante juicio de expertos, siguiendo el método propuesto por Lawshe (1975). Para ello, se convocará un panel conformado por entre tres (3) y cinco (5) expertos con experiencia en seguridad de la aviación civil, metodologías de investigación aplicada o diseño de programas de capacitación organizacional.

Cada experto evaluará los ítems conforme a su nivel de esencialidad, clasificándolos en tres categorías: no esencial, útil pero no esencial y esencial. El análisis cuantitativo de la validez de contenido se realizará mediante el cálculo del Content Validity Ratio (CVR), utilizando la fórmula:

$$CVR = \frac{n_e - (N/2)}{N/2}$$

donde $n_e$corresponde al número de expertos que consideran el ítem como esencial y Nal número total de expertos participantes. Los valores obtenidos serán contrastados con los valores críticos establecidos por Lawshe (1975) y los ajustes

posteriores propuestos por Tristán (2008). Los ítems que no alcancen el valor mínimo aceptable serán reformulados o eliminados, conforme a las observaciones cualitativas realizadas por los expertos.

Posteriormente, se calculará el Índice de Validez de Contenido global (IVC) como el promedio de los CVR aceptados, con el propósito de determinar la consistencia general de los instrumentos. Este procedimiento permitirá asegurar la coherencia entre los ítems, los indicadores y las variables definidas en la matriz de operacionalización, fortaleciendo la validez interna del estudio y garantizando que los datos obtenidos en la fase cuantitativa sean pertinentes para evaluar la hipótesis planteada.

La confiabilidad de los instrumentos se evaluará mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, considerando valores iguales o superiores a 0.70 como aceptables para garantizar la consistencia interna de las escalas utilizadas.

Adicionalmente, una vez aplicados los instrumentos en la fase cuantitativa, se evaluará su consistencia interna mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, con el propósito de estimar el grado de fiabilidad de las escalas utilizadas. De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), valores iguales o superiores a 0.70 serán considerados indicativos de adecuada consistencia interna para estudios de carácter aplicado. Este análisis permitirá determinar la estabilidad y coherencia de los ítems que componen cada variable, particularmente aquellas asociadas al desempeño del personal en seguridad aérea y a la resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes.

En una segunda fase denominada ***Recolección de información cuantitativa***, se aplicarán las encuestas al personal de seguridad de la aviación civil que se seleccione en la muestra, con el fin de recolectar información cuantitativa asociada a los objetivos específicos relacionados con la medición del desempeño del personal. Según Hernández

Sampieri et al. (2014), el uso de encuestas estructuradas permitirá obtener datos comparables y medibles sobre percepciones, prácticas y resultados.

A través de esta fase se obtendrán datos sobre indicadores como la efectividad en la respuesta ante incidentes, la memorización y aplicación de protocolos críticos, los tiempos de respuesta y la percepción de autoeficacia frente a amenazas emergentes, lo cual permitirá medir las variables dependientes y analizar su relación con la variable independiente, aportando evidencia para la evaluación de la hipótesis.

Una tercera Fase 3 denominada. ***Recolección de información cualitativa***, a través de la cual, de manera complementaria, se realizarán entrevistas semiestructuradas y grupos focales, orientados a profundizar en las percepciones, experiencias y valoraciones del personal respecto a los programas de capacitación vigentes y al uso de metodologías innovadoras. De acuerdo con Flick (2015), las técnicas cualitativas permiten comprender el significado que los participantes atribuyen a sus prácticas y contextos laborales.

La información que se obtenga en esta fase se vinculará con los objetivos específicos relacionados con la identificación de brechas formativas y la valoración de la pertinencia de una propuesta complementaria de capacitación, la cual aportará elementos interpretativos que complementen los resultados cuantitativos.

Como Cuarta Fase denominada ***Análisis e integración de la información***, los datos cuantitativos que se recolecten se analizarán mediante técnicas estadísticas descriptivas y correlacionales, con el propósito de identificar patrones y relaciones entre la variable independiente y las variables dependientes. Según Hair et al. (2019) el análisis correlacional permitirá evaluar la asociación entre variables sin establecer relaciones causales, lo cual resulta coherente con el diseño no experimental del estudio.

Paralelamente, la información cualitativa se analizará mediante técnicas de análisis de contenido, siguiendo criterios de categorización y triangulación, tal como lo plantean Miles, Huberman y Saldaña (2014). Este análisis permitirá fortalecer la interpretación de los resultados y evaluar de manera integral la hipótesis planteada.

Por último, la Quinta Fase, denominada ***Síntesis y formulación de la propuesta*** donde finalmente, los resultados que se obtengan se integrarán y sistematizarán con el fin de establecer el grado de cumplimiento de los objetivos específicos y valorar el alcance de la propuesta complementaria de capacitación. Esta fase permitirá mostrar de manera clara cómo los datos recolectados sustentarán la validación de la hipótesis y servirán de base empírica para el diseño de una propuesta aplicable al contexto de la seguridad de la aviación civil en Colombia, en coherencia con lo señalado por Yin (2018) sobre investigaciones aplicadas orientadas a la solución de problemas reales.

Aspectos éticos y gestión de datos

La presente investigación se desarrollará bajo principios éticos ampliamente reconocidos en la investigación científica, garantizando el respeto por la dignidad, los derechos y el bienestar de los participantes. En este sentido, el estudio se regirá por los lineamientos establecidos en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013), las pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud humana del CIOMS (2016), así como por la normativa colombiana vigente en materia de protección de datos personales, en particular la (Ley 1581 de 2012) y el (Decreto 1377 de 2013).

De acuerdo con la clasificación nacional del riesgo en investigación establecida por la (Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia), el estudio se

categoriza como una investigación de riesgo mínimo, dado que empleará técnicas de recolección de información como encuestas, entrevistas y grupos focales, sin intervención directa sobre los participantes ni manipulación de variables biológicas, físicas o psicológicas. En virtud de esta clasificación, no se requerirá la intervención de un comité de ética externo, aunque el proyecto se acogerá a los procedimientos y lineamientos éticos institucionales establecidos por la Universidad EAN para trabajos de grado.

En relación con la participación de los sujetos de estudio, se solicitará consentimiento informado previo, el cual explicará de manera clara y comprensible los objetivos de la investigación, el carácter voluntario de la participación, la posibilidad de retirarse en cualquier momento sin consecuencias, así como el uso exclusivamente académico de la información recolectada. Este procedimiento garantiza la autonomía de los participantes y cumple con los principios de respeto y transparencia recomendados por Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014).

En cuanto a la gestión y protección de los datos, la información recolectada será tratada bajo criterios de confidencialidad y anonimización. Los instrumentos no incluirán datos personales sensibles ni información que permita la identificación directa de los participantes. A cada registro se le asignará un código alfanumérico, con el fin de asegurar el anonimato durante el proceso de análisis y presentación de resultados. Los datos digitales serán almacenados en dispositivos protegidos con contraseña y acceso restringido exclusivamente al investigador, garantizando su custodia y seguridad.

Asimismo, los datos obtenidos serán utilizados únicamente con fines académicos y de investigación, en coherencia con los objetivos del estudio y sin ser compartidos con terceros. Una vez finalizado el proceso investigativo y cumplidos los plazos

institucionales establecidos, la información será conservada o eliminada conforme a las políticas de gestión documental y protección de datos de la Universidad EAN.

En conjunto, estos lineamientos éticos y de gestión de datos aseguran que la investigación se desarrollará conforme a estándares nacionales e internacionales, minimizando riesgos para los participantes y fortaleciendo la validez, confiabilidad y legitimidad académica del estudio.

En este sentido, el diseño metodológico adoptado garantiza la coherencia entre los objetivos, las variables y las técnicas de análisis empleadas, permitiendo obtener resultados válidos y confiables que sustentan el desarrollo de la propuesta de capacitación planteada en la investigación.

Trabajo de campo y resultados

Trabajo de campo

Con el fin de obtener evidencia empírica sobre las brechas existentes en los procesos de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia, se aplicaron los instrumentos de recolección de información definidos en el diseño metodológico. La recolección de datos se realizó mediante encuestas estructuradas, entrevistas semiestructuradas y grupos focales dirigidos a personal vinculado con la seguridad aeroportuaria.

La aplicación de los instrumentos se llevó a cabo durante el período comprendido entre marzo de 2025 y enero 2026, con la participación de personal operativo, inspectores de seguridad y especialistas en tecnologías aplicadas al sector aeronáutico. En total se obtuvieron **292 respuestas válidas**, correspondientes al tamaño de muestra calculado mediante el muestreo estratificado proporcional.

La distribución de los participantes se organizó de acuerdo con los tres estratos definidos en la investigación:

- Grupo A: Personal operativo aeroportuario
- Grupo B: Inspectores y supervisores de seguridad
- Grupo C: Expertos en tecnologías aplicadas a la aviación

Esta estructura permitió obtener una visión integral de las necesidades formativas y de las capacidades actuales del personal frente a amenazas emergentes como los ciberataques y el uso indebido de drones.

Tabla 3.Distribución de participantes por grupo ocupacional

Grupo	Tipo de participante	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Grupo A	Personal operativo aeroportuario	175	59.9 %
Grupo B	Inspectores y supervisores de seguridad	88	30.1 %
Grupo C	Expertos en tecnologías aplicadas a la aviación	29	10.0 %
Total		**292**	**100 %**

Nota. Elaboración propia con base en la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

Como se observa en la Tabla 3, la mayor proporción de participantes corresponde al personal operativo aeroportuario, lo que resulta coherente con la estructura del sector aeronáutico y permite obtener una visión representativa del proceso de capacitación.

Resultados cuantitativos

El análisis de los datos cuantitativos se realizó mediante el software SPSS versión 28, utilizando estadísticos descriptivos y correlacionales. En primer lugar, se examinaron las frecuencias y porcentajes asociados a los indicadores de adopción de metodologías innovadoras de capacitación.

Tabla 4.Nivel percibido de adopción de metodologías innovadoras de capacitación

Nivel de adopción	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	94	32.2 %

Nivel de adopción	Frecuencia	Porcentaje
Medio	138	47.3 %
Alto	60	20.5 %
Total	**292**	**100 %**

Nota. Elaboración propia con base en la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

Los resultados evidencian que el **47.3 % del personal percibe un nivel medio de adopción de metodologías innovadoras de capacitación**, mientras que un **32.2 % considera que el nivel de incorporación tecnológica en los procesos formativos es bajo**, y un porcentaje menor identifica un nivel alto de integración de herramientas innovadoras en la capacitación del sector.

La distribución de los resultados sugiere que los programas actuales de capacitación en seguridad de la aviación civil se encuentran en una **etapa intermedia de incorporación de metodologías innovadoras**. Si bien una proporción importante del personal reconoce avances en la integración de herramientas tecnológicas, aún persiste un porcentaje significativo que percibe niveles bajos de adopción.

Este hallazgo resulta relevante para el contexto del estudio, ya que evidencia la existencia de **brechas formativas** que pueden afectar la preparación del personal frente a amenazas emergentes. En particular, la limitada incorporación de tecnologías como **simulación inmersiva, análisis de datos y metodologías gamificadas** podría reducir la efectividad del entrenamiento frente a escenarios de riesgo complejos.

En términos organizacionales, estos resultados sugieren la necesidad de **fortalecer los procesos de modernización pedagógica dentro de los programas de capacitación en seguridad aeronáutica**, incorporando contenidos relacionados con la

ciberseguridad aeronáutica, la gestión de amenazas tecnológicas y el uso de herramientas digitales para el análisis de riesgos.

Asimismo, los resultados asociados al desempeño del personal en seguridad aérea muestran diferencias en indicadores como el **tiempo de respuesta ante incidentes simulados y la retención de protocolos críticos**, lo que sugiere que la preparación del personal puede verse influenciada por el nivel de innovación presente en los procesos formativos.

Tabla 5. Indicadores de desempeño del personal en seguridad aérea

Indicador	Media	Desviación estándar
Tiempo de respuesta ante incidentes simulados	3.62	0.74
Cumplimiento de protocolos críticos	3.85	0.68
Identificación de amenazas	3.54	0.81
Percepción de autoeficacia	3.71	0.76

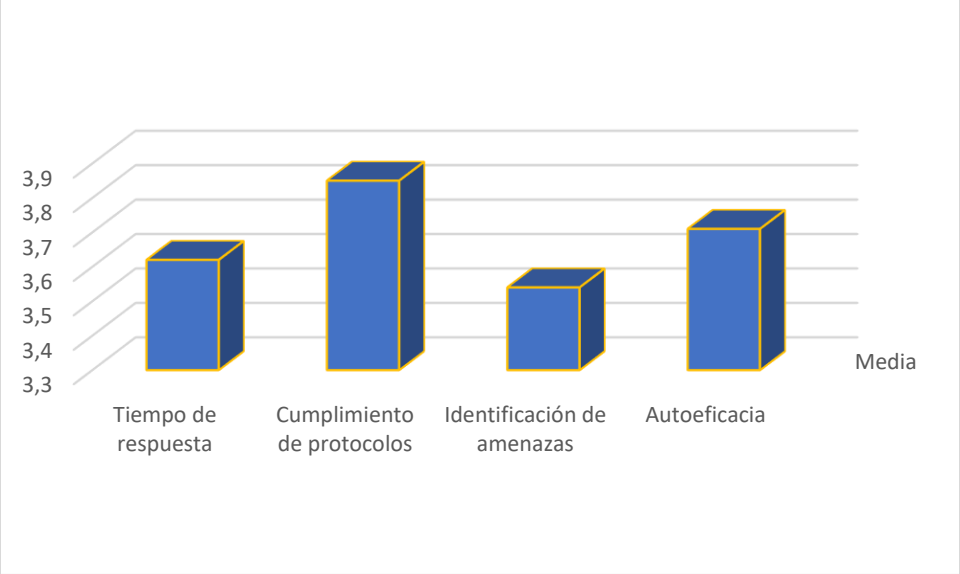
Nota. Elaboración propia con base en la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

Escala Likert: 1 = Muy bajo, 5 = Muy alto.

Los resultados presentados en la Tabla 5 muestran **niveles moderados de desempeño en los indicadores analizados**, destacándose el **cumplimiento de protocolos críticos** como el indicador con mayor valoración entre los participantes.

Por su parte, los indicadores relacionados con el **tiempo de respuesta ante incidentes simulados y la identificación de amenazas** presentan una mayor variabilidad en las respuestas, lo que evidencia diferencias en la percepción del nivel de preparación operativa del personal.

Ilustración 2. Indicadores promedio de desempeño del personal en seguridad aérea



Nota: Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

Estos resultados sugieren la necesidad de **fortalecer los procesos de entrenamiento práctico y simulación operativa**, con el fin de mejorar la capacidad de respuesta del personal frente a escenarios de riesgo y fortalecer las competencias asociadas a la detección temprana de amenazas en el entorno aeroportuario.

Tabla 6. Resultados de prueba de conocimiento sobre protocolos de seguridad

Nivel de desempeño	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	63	21.6 %
Medio	156	53.4 %
Alto	73	25.0 %

Nivel de desempeño	Frecuencia	Porcentaje
Total	**292**	**100 %**

Nota. Elaboración propia con base en la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

La tabulación presentada en la Tabla 6 muestra que **el 53.4 % de los participantes presenta un nivel medio de retención de protocolos críticos**, mientras que los demás se distribuyen entre niveles bajos y altos de dominio de los procedimientos establecidos para la seguridad de la aviación civil.

Este resultado indica que los programas actuales de capacitación permiten que el personal alcance **una comprensión general de los protocolos operativos**, aunque el nivel de dominio no es homogéneo entre los participantes.

Desde una perspectiva organizacional, este hallazgo sugiere la necesidad de **fortalecer las estrategias de entrenamiento orientadas a la aplicación práctica de los protocolos críticos**, especialmente mediante metodologías de aprendizaje experiencial y simulaciones operativas que faciliten la transferencia efectiva del conocimiento al entorno real de trabajo.

Diagnóstico de brechas del programa de capacitación en seguridad aérea

A partir del análisis de la información recolectada, se identifican brechas relevantes en los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil, las cuales pueden clasificarse en tres categorías principales:

Brechas tecnológicas

Los resultados evidencian una **incorporación parcial de tecnologías emergentes** en los procesos de capacitación. De acuerdo con la Tabla 4, un porcentaje significativo del

personal percibe un **nivel medio (47.3 %) y bajo (32.2 %)** de adopción de metodologías innovadoras, lo que indica que la integración de herramientas tecnológicas aún no es homogénea ni sistemática en el sector.

Esta situación sugiere que, si bien existen avances en la incorporación de soluciones digitales, **persisten limitaciones en el uso de tecnologías como simulación inmersiva, plataformas de aprendizaje virtual, analítica de datos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones**. La ausencia o uso limitado de estas tecnologías reduce la capacidad de los programas formativos para recrear escenarios complejos de riesgo, especialmente aquellos asociados a amenazas emergentes como ciberataques o el uso indebido de drones.

En consecuencia, esta brecha tecnológica impacta directamente la efectividad de la capacitación, al limitar la posibilidad de desarrollar competencias prácticas en entornos simulados y restringir el acceso a metodologías de entrenamiento más dinámicas, interactivas y adaptativas.

Brechas pedagógicas

En el ámbito pedagógico, los resultados permiten identificar que los programas actuales de capacitación continúan apoyándose, en gran medida, en **enfoques tradicionales de enseñanza**, lo cual puede afectar la efectividad del aprendizaje en contextos operativos complejos.

Aunque la Tabla 6 muestra que el **53.4 % de los participantes presenta un nivel medio de retención de protocolos críticos**, este resultado evidencia que el aprendizaje logrado es **parcial y no completamente consolidado**, lo que sugiere debilidades en la transferencia del conocimiento al entorno real de trabajo.

Esta situación puede estar asociada a una **limitada aplicación de metodologías activas**, tales como el aprendizaje experiencial, la gamificación y el entrenamiento

basado en simulación, las cuales son fundamentales para fortalecer la toma de decisiones en escenarios de riesgo. La falta de estrategias pedagógicas innovadoras dificulta la apropiación del conocimiento y reduce la capacidad del personal para responder de manera efectiva ante situaciones críticas.

Por tanto, la brecha pedagógica se manifiesta en la necesidad de **modernizar los enfoques formativos**, incorporando metodologías centradas en el aprendizaje activo, la práctica contextualizada y la retroalimentación continua, que permitan mejorar la retención y aplicación de los protocolos de seguridad.

Brechas de desempeño

En relación con el desempeño del personal, los resultados de la Tabla 5 evidencian **niveles moderados en los indicadores analizados**, con variaciones particularmente en el **tiempo de respuesta ante incidentes simulados y la identificación de amenazas**.

Si bien el cumplimiento de protocolos presenta una valoración relativamente alta, las diferencias observadas en otros indicadores sugieren que **no todos los participantes alcanzan el mismo nivel de preparación operativa**, lo que refleja una brecha en la consolidación de competencias clave para la seguridad aeronáutica.

Estas variaciones en el desempeño pueden estar directamente relacionadas con las brechas tecnológicas y pedagógicas previamente identificadas, ya que la limitada incorporación de metodologías innovadoras y tecnologías de entrenamiento reduce las oportunidades de práctica en escenarios realistas y dificulta el desarrollo de habilidades críticas.

En este sentido, la brecha de desempeño se traduce en la necesidad de **fortalecer las competencias operativas del personal**, especialmente en lo relacionado con la capacidad de reacción, la toma de decisiones bajo presión y la identificación oportuna de

amenazas emergentes, aspectos fundamentales para garantizar la seguridad de la aviación civil.

En conjunto, las brechas identificadas evidencian la necesidad de fortalecer los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil mediante la integración de tecnologías emergentes y metodologías innovadoras, orientadas a mejorar el desempeño del personal frente a escenarios de riesgo complejos. Este diagnóstico constituye la base para la formulación de una propuesta complementaria de capacitación que responda a las exigencias actuales del entorno aeronáutico.

Análisis correlacional

Con el propósito de evaluar la relación entre la adopción de metodologías innovadoras de capacitación y el desempeño del personal en seguridad aérea, se aplicó un análisis de correlación de Pearson con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Tabla 7. Correlación entre adopción de metodologías innovadoras y desempeño del personal

Variables	r de Pearson	Significancia (p)
Metodologías innovadoras – Tiempo de respuesta	0.41	0.002
Metodologías innovadoras – Cumplimiento de protocolos	0.48	0.001
Metodologías innovadoras – Identificación de amenazas	0.39	0.004
Metodologías innovadoras – Autoeficacia	0.44	0.002

Nota. Elaboración propia con base en la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

Los resultados del análisis de correlación de Pearson presentados en la Tabla 7 evidencian **relaciones positivas y estadísticamente significativas entre el nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación y los indicadores de desempeño del personal**, con valores de significancia inferiores al nivel establecido de **α = 0.05**. Estas asociaciones se observan particularmente en variables relacionadas con:

• el tiempo de respuesta ante incidentes simulados

• la aplicación de protocolos críticos

• la percepción de autoeficacia frente a amenazas emergentes

La existencia de estas correlaciones indica que **un mayor nivel de incorporación de metodologías innovadoras de capacitación se asocia con mejores indicadores de desempeño del personal en seguridad aérea**, especialmente en competencias operativas relacionadas con la respuesta ante incidentes y la aplicación de procedimientos críticos.

Desde una perspectiva organizacional, estos resultados sugieren que la integración de tecnologías como **simulación virtual, gamificación y herramientas de análisis de datos** puede contribuir al fortalecimiento de las capacidades del personal en contextos de riesgo aeronáutico. En conjunto, la evidencia empírica obtenida **respalda la hipótesis de investigación**, indicando que una mayor incorporación de metodologías innovadoras se relaciona con mejores niveles de preparación del personal frente a amenazas emergentes en el sector aeronáutico.

Los resultados del análisis de correlación permiten contrastar las hipótesis específicas planteadas (H1a, H1b y H1c), evidenciando relaciones positivas entre el nivel de

adopción de metodologías innovadoras y los indicadores de desempeño del personal, lo cual respalda la hipótesis general de la investigación.

Tabla 8.Percepción sobre utilidad de tecnologías emergentes en capacitación

Tecnología	Media	Desviación estándar
Simulación virtual	4.32	0.61
Gamificación	3.98	0.72
Inteligencia artificial	3.76	0.83
Big Data	3.64	0.79

Nota. Elaboración propia con base en la encuesta aplicada al personal de seguridad de la aviación civil.

Los resultados presentados en la Tabla 8 muestran que **las tecnologías mejor valoradas por los participantes son la simulación virtual y la gamificación**, seguidas por otras herramientas digitales orientadas al apoyo de los procesos formativos en seguridad aeronáutica.

La valoración positiva de estas tecnologías indica que los participantes perciben que las herramientas basadas en **entornos simulados y dinámicas de aprendizaje interactivo** pueden mejorar la comprensión de los procedimientos de seguridad y facilitar el entrenamiento en escenarios complejos.

Desde una perspectiva organizacional, este resultado sugiere que la incorporación de tecnologías como **simulación virtual y gamificación** puede contribuir a fortalecer la efectividad de los programas de capacitación en seguridad aérea, al permitir recrear escenarios de riesgo de forma controlada y mejorar la retención del aprendizaje en el personal encargado de las operaciones de seguridad.

Como síntesis, todos los resultados obtenidos permiten identificar tres hallazgos principales. ***En primer lugar***, se evidencian brechas en la adopción de metodologías innovadoras de capacitación, dado que una parte importante de los participantes percibe que los programas actuales continúan sustentándose en enfoques tradicionales. ***En segundo lugar***, los indicadores de desempeño del personal muestran niveles moderados, especialmente en variables asociadas al tiempo de respuesta, la identificación de amenazas y la retención de protocolos críticos. ***En tercer lugar***, el análisis correlacional confirma una relación positiva y estadísticamente significativa entre la adopción de metodologías innovadoras y el desempeño del personal en seguridad aérea. Finalmente, la simulación virtual y la gamificación fueron valoradas como las tecnologías con mayor potencial para fortalecer los procesos formativos en el sector aeronáutico.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian la existencia de brechas en la incorporación de metodologías innovadoras y tecnologías emergentes en los procesos de capacitación, así como su relación con el desempeño del personal, proporcionando evidencia empírica para la contrastación de la hipótesis y la formulación de la propuesta de intervención.

Discusión

Los resultados presentados en el capítulo anterior permiten identificar tendencias relevantes en relación con la adopción de metodologías innovadoras de capacitación y su relación con el desempeño del personal en seguridad de la aviación civil. En particular, se evidenciaron brechas en la incorporación de tecnologías emergentes en los procesos formativos, así como relaciones positivas entre el uso de metodologías innovadoras y variables asociadas al desempeño operativo, tales como el tiempo de respuesta ante incidentes simulados, la aplicación de protocolos críticos y la percepción de autoeficacia frente a amenazas emergentes.

Los resultados obtenidos permiten confirmar la pertinencia de incorporar metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas en los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil. En particular, los hallazgos evidencian que las brechas identificadas en la formación del personal se relacionan con la limitada integración de tecnologías emergentes en los procesos formativos.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Bennett (2020), quien advierte que los programas de capacitación que no integran mecanismos de actualización pedagógica y tecnológica tienden a quedar rezagados frente a la evolución de las amenazas en el sector aeronáutico. De igual manera, los hallazgos se alinean con los planteamientos de Kolb (1984) y Deterding et al. (2011), quienes destacan el potencial del aprendizaje experiencial y la gamificación para fortalecer la retención del conocimiento y la toma de decisiones en entornos complejos.

En el contexto específico de la seguridad aérea, la evidencia obtenida sugiere que el fortalecimiento de las competencias digitales y analíticas del personal constituye un factor clave para mejorar la capacidad de respuesta ante incidentes asociados a ciberataques y uso indebido de drones.

Desde una perspectiva organizacional, estos resultados también refuerzan los planteamientos de Weick y Sutcliffe (2015), quienes señalan que la resiliencia organizacional depende en gran medida de la preparación sistemática del talento humano y de la capacidad institucional para aprender y adaptarse frente a escenarios de riesgo emergentes.

Desde una perspectiva gerencial, estos resultados sugieren la necesidad de orientar la toma de decisiones hacia la inversión en programas de capacitación basados en tecnologías emergentes.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentra su carácter transversal, lo cual impide analizar la evolución de las variables en el tiempo. Asimismo, la no implementación de la propuesta limita la posibilidad de evaluar empíricamente su impacto en contextos operativos reales.

En conjunto, los resultados analizados y su contraste con la literatura especializada permiten afirmar que la incorporación de metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas en los procesos de capacitación representa un elemento clave para fortalecer la preparación del personal en seguridad de la aviación civil. La evidencia empírica obtenida en esta investigación sugiere que el fortalecimiento de las competencias digitales, analíticas y operativas del talento humano puede contribuir a mejorar la capacidad de respuesta frente a amenazas emergentes, como los ciberataques y el uso indebido de drones. En este sentido, los hallazgos obtenidos no solo respaldan la hipótesis planteada en el estudio, sino que también orientan la formulación de recomendaciones y conclusiones orientadas a modernizar los programas de capacitación en el contexto del sector aeronáutico colombiano.

Desde una perspectiva gerencial, estos resultados evidencian la necesidad de que las organizaciones del sector aeronáutico prioricen la inversión en programas de

capacitación basados en tecnologías emergentes, no solo como un componente operativo, sino como un elemento estratégico para la gestión del riesgo y la sostenibilidad del sistema de seguridad aérea.

En cuanto a la relación con la literatura especializada, los resultados del estudio coinciden con los planteamientos de Bennett (2020), Kolb (1984) y Deterding et al. (2011), al evidenciar que la incorporación de metodologías innovadoras como la gamificación y el aprendizaje experiencial contribuye significativamente al fortalecimiento del desempeño del personal en contextos complejos. Asimismo, los hallazgos respaldan lo expuesto por Weick y Sutcliffe (2015) en relación con la importancia de la preparación sistemática del talento humano para el desarrollo de la resiliencia organizacional.

No obstante, se identifican elementos que matizan o amplían lo planteado en la literatura, particularmente en relación con la brecha existente entre la disponibilidad de tecnologías emergentes y su efectiva incorporación en los procesos de capacitación. Mientras algunos enfoques teóricos asumen una adopción progresiva de estas herramientas, los resultados evidencian que en el contexto colombiano dicha integración aún es limitada, lo que sugiere desafíos adicionales en términos de implementación organizacional y apropiación tecnológica.

En lo referente a las limitaciones del estudio, además de su carácter transversal, se reconoce que la información recolectada se basa en percepciones del personal, lo cual puede introducir sesgos subjetivos en la evaluación de las variables analizadas. Asimismo, la no implementación de la propuesta de capacitación impide validar empíricamente su impacto en contextos operativos reales, lo que limita la posibilidad de establecer relaciones causales.

Estas condiciones pueden incidir en el alcance de los resultados, en la medida en que los hallazgos reflejan una aproximación diagnóstica y correlacional, más que una

evaluación experimental de intervención, por lo que se recomienda que futuras investigaciones incorporen diseños longitudinales o cuasi-experimentales que permitan medir el impacto real de las metodologías innovadoras en el desempeño del personal.

En síntesis, los hallazgos del estudio confirman la relevancia de incorporar metodologías innovadoras y tecnologías emergentes en los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil, no solo desde una perspectiva operativa, sino también como un componente estratégico para fortalecer la capacidad institucional frente a amenazas emergentes.

Propuesta de capacitación complementaria

Situación actual

El análisis de los resultados evidencia que los programas actuales de capacitación en seguridad de la aviación civil presentan **brechas tecnológicas, pedagógicas y de desempeño**. En el plano tecnológico, la adopción de metodologías innovadoras es percibida mayoritariamente como media o baja, lo que indica una integración limitada de herramientas como simulación inmersiva, analítica de datos y plataformas digitales.

En el ámbito pedagógico, se identifican **debilidades en la transferencia del conocimiento**, reflejadas en niveles medios de retención de protocolos críticos, lo cual sugiere predominio de enfoques tradicionales de enseñanza.

Finalmente, en términos de desempeño, se observan **variaciones en indicadores clave** como el tiempo de respuesta y la identificación de amenazas, lo que evidencia la necesidad de fortalecer las competencias operativas del personal frente a escenarios de riesgo emergentes.

Oportunidades identificadas

A partir del diagnóstico, se identifican oportunidades estratégicas para el fortalecimiento de los programas de capacitación:

- ✓ Integración de **tecnologías emergentes** (simulación virtual, analítica de datos, plataformas digitales).
- ✓ Implementación de **metodologías activas de aprendizaje**, como gamificación y aprendizaje experiencial.
- ✓ Fortalecimiento de competencias en **ciberseguridad aeronáutica y gestión de amenazas tecnológicas**.
- ✓ Desarrollo de programas formativos orientados a mejorar la **toma de decisiones bajo presión y la capacidad de respuesta operativa**.
- ✓ Alineación de la capacitación con escenarios reales de riesgo mediante **simulación de eventos críticos**.

Propuesta

Con el propósito de facilitar la implementación de la propuesta en el contexto del sector aeronáutico colombiano, se establece una diferenciación entre los componentes de aplicación inmediata y aquellos que requieren un desarrollo progresivo. En el corto plazo, la propuesta contempla la implementación de módulos de capacitación enfocados en ciberseguridad aeronáutica, gestión de amenazas asociadas a drones y fortalecimiento del desempeño operativo mediante metodologías activas como la gamificación y el aprendizaje experiencial.

Por otra parte, en el mediano y largo plazo, se proyecta la incorporación progresiva de tecnologías emergentes como simulación inmersiva avanzada, analítica de datos basada en inteligencia artificial y sistemas de monitoreo en tiempo real, cuya implementación dependerá de la disponibilidad de recursos tecnológicos, capacidades institucionales y procesos de adaptación organizacional.

Esta diferenciación permite clarificar el alcance operativo de la propuesta, facilitando su adopción gradual y asegurando su viabilidad en el contexto colombiano.

Por tanto, se propone el diseño de un **programa de capacitación complementaria** orientado a fortalecer la preparación del personal en seguridad de la aviación civil, mediante la integración de tecnologías emergentes y metodologías innovadoras que permitan mejorar el desempeño frente a amenazas cibernéticas y operacionales.

Con el propósito de facilitar la comprensión y viabilidad de la propuesta de capacitación complementaria, se presenta a continuación una síntesis de su alcance de implementación, diferenciando los componentes que pueden ser desarrollados en el corto plazo de aquellos que requieren una implementación progresiva. Esta clasificación permite establecer una ruta clara para la adopción de la propuesta en el contexto del sector aeronáutico colombiano.

Tabla 9. Alcance de implementación de la propuesta de capacitación

Fase	Componentes	Horizonte
Inmediata	Módulos, gamificación, formación	Corto plazo
Progresiva	IA, simulación avanzada, analítica	Mediano / largo

Nota. Elaboración propia con base en los resultados del diagnóstico de brechas y el análisis de metodologías innovadoras en capacitación en seguridad de la aviación civil.

Como se observa en la Tabla 9, la propuesta se estructura en dos niveles de implementación. En primer lugar, los componentes de aplicación inmediata están orientados al fortalecimiento del desempeño del personal mediante la incorporación de metodologías activas de aprendizaje y contenidos clave relacionados con la ciberseguridad aeronáutica y la gestión de amenazas tecnológicas.

En segundo lugar, los componentes de desarrollo progresivo contemplan la integración de tecnologías emergentes de mayor complejidad, tales como simulación inmersiva avanzada y herramientas de analítica de datos, cuya implementación dependerá de las capacidades institucionales y la disponibilidad de recursos.

Esta diferenciación no solo mejora la claridad operativa de la propuesta, sino que también permite su adopción gradual, facilitando la toma de decisiones estratégicas y asegurando su sostenibilidad en el contexto del sector aeronáutico colombiano.

Objetivo del programa

Fortalecer las competencias técnicas, operativas y analíticas del personal de seguridad de la aviación civil, mediante la implementación de un programa de capacitación basado en metodologías innovadoras y tecnologías emergentes, orientado a

mejorar la capacidad de respuesta frente a amenazas cibernéticas y uso indebido de drones.

Módulos de capacitación

Módulo 1. Ciberseguridad aeronáutica

Enfocado en la identificación, prevención y respuesta ante amenazas cibernéticas en sistemas aeroportuarios. Incluye análisis de vulnerabilidades, gestión de incidentes y protocolos de respuesta.

Módulo 2. Gestión de amenazas asociadas a drones

Orientado a la detección, evaluación y mitigación de riesgos relacionados con el uso indebido de drones en entornos aeroportuarios.

Módulo 3. Simulación operativa en escenarios de riesgo

Basado en el uso de entornos simulados para recrear situaciones críticas que permitan fortalecer la toma de decisiones y la respuesta operativa del personal.

Módulo 4. Analítica de datos para la seguridad operacional

Dirigido al uso de herramientas digitales para el análisis de información, identificación de patrones de riesgo y apoyo a la toma de decisiones.

Metodología de capacitación

El programa se fundamenta en un enfoque pedagógico basado en:

- ✓ **Aprendizaje experiencial**: entrenamiento a través de la práctica en escenarios simulados.
- ✓ **Gamificación**: uso de dinámicas lúdicas para mejorar la motivación y retención del conocimiento.
- ✓ **Simulación virtual**: recreación de escenarios reales de riesgo sin afectar la operación.
- ✓ **Aprendizaje basado en problemas**: resolución de casos prácticos relacionados con amenazas reales.

Este enfoque permite desarrollar competencias en contextos controlados, facilitando la transferencia efectiva del aprendizaje al entorno operativo.

Evaluación del programa mediante indicadores de desempeño (KPIs)

Con el propósito de evaluar la efectividad del programa de capacitación complementaria propuesto, se establecen indicadores de desempeño que permiten medir de manera objetiva el impacto de las metodologías innovadoras y tecnologías emergentes en la preparación del personal de seguridad de la aviación civil. Estos indicadores están orientados a evaluar tanto el fortalecimiento de las competencias operativas como la mejora en la capacidad de respuesta frente a amenazas emergentes, asegurando la trazabilidad entre los resultados del proceso formativo y su aplicación en contextos reales. En este sentido, los KPIs definidos facilitan el seguimiento, control y toma de decisiones para la mejora continua del programa.

Tabla 10. Indicadores de evaluación del programa de capacitación

Indicador	Fórmula de medición	Unidad	Meta esperada
Reducción del tiempo de respuesta ante incidentes simulados	((Tiempo inicial − Tiempo final) / Tiempo inicial) × 100	%	≥ 20% de mejora
Nivel de cumplimiento de protocolos críticos	(Número de protocolos cumplidos / Total de protocolos evaluados) × 100	%	≥ 90%
Precisión en la identificación de amenazas	(Número de aciertos / Total de escenarios evaluados) × 100	%	≥ 85%
Nivel de retención del conocimiento	(Puntaje post-capacitación / Puntaje máximo) × 100	%	≥ 80%

Indicador	Fórmula de medición	Unidad	Meta esperada
Percepción de autoeficacia del personal	Promedio de puntuación en escala Likert (1–5)	Escala	≥ 4.0
Tasa de participación y finalización del programa	(Número de participantes que finalizan / Total de inscritos) × 100	%	≥ 90%

Nota. Elaboración propia con base en los indicadores definidos para la evaluación del programa de capacitación.

Para medir la efectividad del programa, se proponen los siguientes indicadores:

- ✓ Reducción del tiempo de respuesta ante incidentes simulados (% de mejora).
- ✓ Nivel de cumplimiento de protocolos críticos (escala de evaluación).
- ✓ Precisión en la identificación de amenazas (% de aciertos).
- ✓ Nivel de retención del conocimiento (resultados en pruebas post-capacitación).
- ✓ Percepción de autoeficacia del personal (escala Likert).
- ✓ Tasa de participación y finalización del programa (% de cumplimiento).

Tabla 11. Relación entre diagnóstico, propuesta y evaluación

Diagnóstico identificado	Estrategia propuesta	Indicador (KPI)
Baja adopción de tecnologías innovadoras	Implementación de simulación virtual y plataformas digitales	% de adopción tecnológica en capacitación
Limitada retención de protocolos críticos	Aplicación de metodologías de aprendizaje experiencial y gamificación	% de retención en evaluaciones post-capacitación

Diagnóstico identificado	Estrategia propuesta	Indicador (KPI)
Variabilidad en el tiempo de respuesta	Entrenamiento en simulaciones de escenarios críticos	Reducción del tiempo de respuesta (%)
Dificultades en identificación de amenazas	Capacitación en analítica de datos y detección de riesgos	% de precisión en identificación de amenazas
Necesidad de fortalecer autoeficacia del personal	Entrenamiento práctico en entornos simulados	Nivel de autoeficacia percibida (escala Likert)

Nota. Elaboración propia con base en los resultados del diagnóstico y la propuesta de capacitación planteada en la investigación.

La implementación de esta propuesta de capacitación complementaria representa una oportunidad para modernizar los procesos formativos en el sector aeronáutico colombiano, fortaleciendo la capacidad del personal para enfrentar amenazas emergentes mediante el uso de metodologías innovadoras y tecnologías avanzadas.

La implementación de esta propuesta puede desarrollarse en fases. En una primera etapa, se prioriza la incorporación de módulos de ciberseguridad y simulación operativa, dada su alta incidencia en los resultados obtenidos. En fases posteriores, se contempla la integración progresiva de analítica de datos y tecnologías avanzadas, en función de la capacidad institucional y disponibilidad de recursos.

Conclusiones

A partir del análisis realizado en esta investigación, es posible establecer varias conclusiones relevantes para el fortalecimiento de los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia.

En primer lugar, los resultados evidencian la existencia de brechas en los procesos de capacitación del personal de seguridad aeroportuaria, particularmente en lo relacionado con la incorporación de tecnologías emergentes y metodologías innovadoras de formación. Una proporción significativa de los participantes percibe que los programas actuales continúan centrados en enfoques tradicionales, lo que limita la preparación frente a amenazas contemporáneas como los ciberataques y el uso indebido de drones.

En segundo lugar, los resultados del análisis correlacional muestran relaciones positivas y estadísticamente significativas entre el nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación y los indicadores de desempeño del personal en seguridad aérea. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de investigación, evidenciando que la integración de herramientas como la simulación virtual, la gamificación y el uso de tecnologías de análisis de datos contribuye a mejorar la capacidad de respuesta ante incidentes simulados, el cumplimiento de protocolos críticos y la percepción de autoeficacia del personal.

En tercer lugar, la investigación confirma que el fortalecimiento de las competencias digitales y analíticas del talento humano constituye un factor clave para mejorar la gestión del riesgo en el sector aeronáutico. En un entorno caracterizado por amenazas tecnológicas y digitales en constante evolución, la capacitación basada en metodologías innovadoras se convierte en un elemento estratégico para garantizar la seguridad operacional.

En cuarto lugar, desde una perspectiva organizacional, la implementación de programas de capacitación apoyados en tecnologías emergentes puede contribuir al desarrollo de una cultura de seguridad más adaptativa, fortaleciendo la resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes y mejorando la capacidad institucional para anticipar y gestionar riesgos complejos.

Finalmente, el estudio aporta evidencia empírica que respalda la pertinencia de diseñar e implementar una propuesta complementaria de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia, orientada a integrar metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas. Esta propuesta representa una alternativa viable para modernizar los procesos formativos del sector, fortalecer la preparación del personal y contribuir al desarrollo de un sistema de seguridad aeronáutica más robusto y resiliente.

Desde una perspectiva estratégica, los resultados de la investigación tienen implicaciones directas para la gestión de la seguridad en el sector aeronáutico colombiano, al evidenciar la necesidad de transformar los programas de capacitación tradicionales hacia modelos basados en metodologías innovadoras y tecnologías emergentes. En este sentido, los hallazgos permiten orientar la toma de decisiones en organismos de aviación civil y operadores aeroportuarios, particularmente en lo relacionado con la asignación de recursos, la actualización de contenidos formativos y la implementación de estrategias de entrenamiento basadas en simulación, analítica de datos y ciberseguridad. Estas decisiones resultan fundamentales para fortalecer la capacidad de respuesta del personal, reducir la vulnerabilidad frente a amenazas emergentes y consolidar un sistema de seguridad aérea más robusto, resiliente y adaptado a las dinámicas tecnológicas actuales.

En síntesis, la investigación aporta evidencia empírica y un modelo aplicable orientado al fortalecimiento de los programas de capacitación en seguridad de la aviación civil en

Colombia, integrando fundamentos teóricos, metodologías innovadoras y herramientas tecnológicas. Este aporte no solo contribuye a la mejora del desempeño del personal en contextos operativos, sino que también constituye un insumo estratégico para la toma de decisiones en el sector aeronáutico, al facilitar la modernización de los procesos formativos y el fortalecimiento de la resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes. En consecuencia, el estudio contribuye al desarrollo de un sistema de seguridad aérea más robusto, adaptativo y alineado con las exigencias del entorno aeronáutico contemporáneo.

Trabajo futuro

Si bien la presente investigación permitió realizar el diagnóstico de las brechas de capacitación existentes y formular una propuesta complementaria basada en metodologías innovadoras y tecnologías emergentes, la implementación operativa de dicha propuesta no fue desarrollada dentro del alcance temporal del presente estudio.

En consecuencia, el diseño de la intervención fue estructurado conceptual y metodológicamente como una fase posterior de aplicación, la cual incluye lineamientos pedagógicos, contenidos formativos, herramientas tecnológicas y mecanismos de evaluación del desempeño.

La ejecución piloto de esta propuesta requerirá una fase adicional de intervención institucional que permita validar empíricamente su impacto en los indicadores de desempeño del personal de seguridad aérea. Por tanto, se recomienda que investigaciones futuras desarrollen esta etapa de implementación mediante estudios cuasi-experimentales o pilotos de entrenamiento que permitan evaluar los efectos de las metodologías innovadoras en contextos operativos reales.

Como líneas de investigación futura, se recomienda ampliar el análisis mediante estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto de la implementación real de la propuesta de capacitación en el desempeño del personal de seguridad aeroportuaria.

Asimismo, futuras investigaciones podrían profundizar en la integración de tecnologías emergentes como inteligencia artificial, analítica predictiva y sistemas de simulación avanzada dentro de los programas de entrenamiento en seguridad de la aviación civil.

De igual manera, se sugiere desarrollar estudios comparativos entre distintos aeropuertos o países de la región, con el fin de identificar buenas prácticas internacionales que puedan ser adaptadas al contexto colombiano.

Finalmente, se recomienda evaluar el impacto económico y organizacional de la implementación de programas de capacitación basados en tecnologías inmersivas y metodologías innovadoras, con el propósito de fortalecer la toma de decisiones estratégicas en materia de seguridad aeronáutica.

Referencias

Aeronáutica Civil de Colombia. (2022). *Segundo informe de seguridad operacional de la aviación civil en Colombia.* Aeronáutica Civil de Colombia. Obtenido de https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/Documents/2o%20Informe%20de%20Seguridad%20Operacional%20-%20Colombia-f.pdf

Aeronáutica Civil de Colombia. (2023). *Impacto de la capacitación virtual en inspectores de seguridad de la aviación civil.* Aeronáutica Civil de Colombia.

Aeronáutica Civil de Colombia. (2023). *Informe de Seguridad de la Aviación Civil 2023.* Aeronáutica Civil de Colombia. Obtenido de https://www.aerocivil.gov.co

Bartulović, D. (2023). Predictive Analysis of Airport Safety Performance: Case Study from Split Airport. *Aerospace, 10*(3). doi:10.3390/aerospace10030303

Bennett, T. (2020). *Aviation security: Challenges and innovations.* London: Routledge.

Bernal Torres, C. A. (2016). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (4ª edición ed.). Bogotá: Pearson Educación.

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain. En *Metodología de la investigación (6ª ed.).* México: McGraw-Hill.

Campbell, J. P. (1990). Modeling the performance prediction problem in industrial and organizational psychology. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Chen, X., Wang, Y., & Zhang, Z. (2021). Machine learning applications in aviation threat detection: A systematic review. *Journal of Air Transport Management, 90*. doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101945

Civil Aviation Authority of Singapore. (2023). *Annual Report 2023.* CAAS. Obtenido de https://www.caas.gov.sg

Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012. Colombia.

Council for International Organizations of Medical Sciences. (2016). *International Ethical Guidelines for Health-Related Research Involving Humans.* Geneva: CIOMS.

Creswell, J. W. (2014). *Creswell, John W.* Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches: SAGE Publications.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, 9-15. doi:10.1145/2181037.2181040

European Union Aviation Safety Agency. (2023). *Annual Safety Review 2023.* European Union Aviation Safety Agency. Cologne: European Union Aviation Safety Agency. Recuperado el 20 de marzo de 2025, de https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/annual-safety-review-2023

Federal Aviation Administration. (2023). *Aviation Safety and Training Modernization Report.* U.S. Department of Transportation – FAA. Obtenido de https://www.faa.gov

Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th edition ed.). London: London.

Flick, U. (2015). *Flick, Uwe* (2nd edition ed.). London: London.

Gonzalo, J. O. (2024). Digital transformation in aviation education: A review of ICT tools and techniques. *American Journal of Education and Technology, 3*(3), 298–312. doi:https://doi.org/10.54536/ajet.v3i3.2988

Hair, J. F., Hair, J. F., Babin, B. J., & Babin, B. J. (2019). *Anderson, Rolph E.* (8th edition ed.). Boston: Cengage Learning.

Harris, D. (2022). *Harris, D.* London: Cybersecurity in Aviation: Protecting Critical Systems.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). México: McGraw-Hill.

Ibrahim, A., & Othman, O. (2022). Blockchain for secure aviation data sharing. *IEEE Access*. doi:10.1109/ACCESS.2022

International Civil Aviation Organization. (2021). *International Civil Aviation Organization.* Montreal. Obtenido de https://www.icao.int/security

International Civil Aviation Organization. (2022). *International Civil Aviation Organization.* Montreal. Obtenido de https://www.icao.int/security

International Civil Aviation Organization. (2023). *Aviation Security Report 2023.* Aviation Security Report 2023. Obtenido de https://www.icao.int/security

Klein, G. (1998). *Sources of power: How people make decisions.* MIT Press.

Kolb, D. (1984). *Título: Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Latin American and Caribbean Air Transport Association. (2023). *Panorama de Seguridad Operacional en América Latina.* ALTA. Obtenido de https://alta.aero

Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel Psychology, 28*(4), 563–575. doi:10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook.*

Ministerio de Salud de Colombia. (1993). Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia. Colombia.

Pereira, P., Silva, S., & Costa, M. (2020). Security management gaps in Latin American airports: A comparative study. *Journal of Air Transport Management, 85*, 101820. doi:10.1016/j.jairtraman.2020.101820

Peterson, M. (2020). *Security Management Systems in Aviation.* Boca Raton: CRC Press.

Presidencia de la República de Colombia. (2013). Decreto 1377 de 2013. Colombia.

Price, J. (2019). *Practical Aviation Security: Predicting and Preventing Future Threats* (Vol. 3rd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

Price, J. (2019). *Practical aviation security: Predicting and preventing future threats (3rd ed.).* Butterworth-Heinemann.

Ramírez Segura, B., Ariza Ariza, L., & Pava, J. (2023). Tendencias y desafíos en investigación formativa de la seguridad operacional en la Fuerza Aérea Colombiana. *Ciencia y Poder Aéreo, 18*(1), 35–46. doi:10.18667/cienciaypoderaereo.763

Reason, J. (2016). *Managing the Risks of Organizational Accidents.* London: Routledge.

Revista Colombiana de Seguridad Aérea. (2022). Revista Colombiana de Seguridad Aérea. *Revista Colombiana de Seguridad Aérea, 15*(2), 45-48.

Salas, E., Tannenbaum, S., Kraiger, K., & Smith-Jentsch, K. (2012). The science of training and development in organizations: What matters in practice. *Psychological Science in the Public Interest, 13*(2), 74–101. doi:10.1177/1529100612436661

Stake, R. E. (2010). *Qualitative Research: Studying How Things Work.* New York: New York.

Tristán López, A. (2008). Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo. *Avances en Medición, 6*, 37–48.

Ukwandu, E., Ben Farah, M. A., Hindy, H., Bures, M., Atkinson, R., & Tachtatzis, C. (2021). Cyber-Security Challenges in Aviation Industry: A Review of Current and Future Trends. *arXiv*. Obtenido de https://arxiv.org/abs/2107.04910

Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2015). *Managing the Unexpected: Sustained Performance in a Complex World (3rd ed.).* Hoboken, NJ: Wiley.

Weick, K., & Sutcliffe, K. (2015). *Managing the unexpected: Sustained performance in a complex world.* Wiley.

Wells, A. T., & Young, S. B. (2021). *Airport Planning and Management (capítulos sobre automatización y seguridad).* McGraw-Hill.

World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA, 310*(20), 2191–2194. doi:10.1001/jama.2013.281053

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th edition ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

ANEXOS

📎 ANEXO 1

Instrumento de encuesta estructurada – Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación

---

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA
Trabajo de grado

Nombre del instrumento: Encuesta estructurada sobre adopción de metodologías innovadoras de capacitación

Variable(s) evaluada(s):

- Nivel de adopción de metodologías innovadoras de capacitación (Variable independiente)
- Variables de control: experiencia, nivel educativo y cargo desempeñado

Tipo de instrumento: Encuesta estructurada tipo Likert

Escala de medición:
1 = Nunca
2 = Rara vez
3 = Algunas veces
4 = Frecuentemente
5 = Siempre

Objetivo del instrumento: Medir el grado de incorporación de metodologías innovadoras en los programas de capacitación en seguridad aérea y caracterizar el perfil del personal participante.

Instrucciones: Lea cuidadosamente cada afirmación y marque la opción que mejor represente su experiencia en el programa de capacitación recibido.

Sección A. Variables de control

1. Cargo desempeñado:
   ☐ Personal operativo
   ☐ Inspector / Supervisor
   ☐ Experto tecnológico
   ☐ Otro: _____

2. Años de experiencia en seguridad aeroportuaria:
   ☐ 2–5 años
   ☐ 6–10 años
   ☐ 11–15 años
   ☐ Más de 15 años
3. Nivel de formación académica:
   ☐ Técnico
   ☐ Tecnólogo
   ☐ Profesional
   ☐ Especialización
   ☐ Maestría
   ☐ Doctorado

Sección B. Nivel de adopción de metodologías innovadoras

1. La capacitación recibida incorpora simulaciones inmersivas que replican escenarios reales de riesgo en el entorno aeroportuario.
2. Los programas formativos incluyen estrategias de gamificación (retos, recompensas y dinámicas interactivas).
3. Se utilizan tecnologías digitales avanzadas para el entrenamiento en seguridad aérea.
4. Los contenidos formativos están alineados con amenazas tecnológicas emergentes.
5. La capacitación integra escenarios prácticos de ciberseguridad y uso indebido de drones.
6. Se actualizan periódicamente los contenidos conforme a nuevas amenazas.
7. La formación recibida fortalece la toma de decisiones en escenarios simulados.

ANEXO 2

Rúbrica de evaluación del desempeño operativo en simulaciones

---

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA
Trabajo de grado

Nombre del instrumento: Rúbrica de evaluación del desempeño en escenarios simulados

Variable evaluada: Desempeño del personal en seguridad aérea (Variable dependiente)

Tipo de instrumento: Rúbrica de evaluación práctica

Escala de medición: Alto – Medio – Bajo desempeño

Objetivo del instrumento: Evaluar el desempeño operativo del personal en escenarios simulados de seguridad aérea.

Instrucciones: El evaluador deberá registrar el desempeño observado conforme a los siguientes criterios:

Indicador 1. Tiempo de respuesta ante incidente simulado

- Alto desempeño: Respuesta menor a 2 minutos
- Desempeño medio: Respuesta entre 2 y 4 minutos
- Bajo desempeño: Respuesta superior a 4 minutos

Indicador 2. Nivel de cumplimiento de protocolos críticos

- Alto desempeño: Aplica correctamente todos los pasos establecidos
- Desempeño medio: Omite uno o dos pasos secundarios
- Bajo desempeño: Omite pasos críticos o altera el procedimiento

---

Indicador 3. Precisión en la identificación de amenazas

- Alto desempeño: Identifica correctamente todas las amenazas

- Desempeño medio: Identifica parcialmente
- Bajo desempeño: No identifica amenazas relevantes

Criterio de interpretación general

- Alto desempeño: Cumple satisfactoriamente los tres indicadores
- Desempeño medio: Presenta inconsistencias moderadas
- Bajo desempeño: Presenta fallas críticas en uno o más indicadores

ANEXO 3

Prueba de conocimiento – Retención y aplicación de protocolos críticos

---

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA
Trabajo de grado

Nombre del instrumento: Prueba estructurada de conocimiento en protocolos críticos de seguridad

Variable evaluada: Retención y aplicación de protocolos críticos de seguridad (Variable dependiente)

Tipo de instrumento: Prueba escrita estructurada y guía de observación

Escala de medición:
Correcto / Incorrecto
Alto – Medio – Bajo desempeño

Objetivo del instrumento: Evaluar la capacidad del personal para memorizar, comprender y aplicar correctamente los protocolos críticos establecidos en la normativa de seguridad de la aviación civil.

Instrucciones: Seleccione la respuesta correcta en cada caso conforme a los protocolos vigentes.

Sección A. Preguntas de selección múltiple

1. Ante la detección de una interferencia ilícita de origen cibernético, el primer procedimiento es:
   a) Informar a medios de comunicación
   b) Activar el protocolo interno de respuesta a incidentes cibernéticos
   c) Suspender operaciones sin reporte formal
   d) Reiniciar manualmente los sistemas

2. La secuencia correcta ante la intrusión de un dron en espacio aéreo restringido es:
   a) Notificación – Identificación – Activación del protocolo – Coordinación con autoridades
   b) Identificación – Suspensión inmediata – Reporte posterior
   c) Activación de alarma pública
   d) Ignorar si no hay impacto visible

3. En caso de detectar un ataque tipo ransomware en sistemas críticos:
   a) Desconectar red interna y activar protocolo de contingencia
   b) Pagar el rescate solicitado
   c) Reiniciar equipos sin reporte
   d) Desactivar antivirus y continuar operación

Sección B. Guía de observación estructurada

☐ Aplica secuencia correcta
☐ Mantiene orden lógico
☐ Cumple normativa vigente
☐ No incurre en errores procedimentales graves

Criterios de interpretación

- Alto desempeño: 90%–100% respuestas correctas
- Desempeño medio: 70%–89% respuestas correctas
- Bajo desempeño: Menor al 70%

ANEXO 4

Escala de resiliencia organizacional y percepción de autoeficacia

---

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA
Trabajo de grado

Nombre del instrumento: Escala de resiliencia organizacional en seguridad aérea

Variable evaluada: Resiliencia organizacional frente a amenazas emergentes (Variable dependiente)

Tipo de instrumento: Escala de percepción tipo Likert

Escala de medición:
1 = Totalmente en desacuerdo
2 = En desacuerdo
3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4 = De acuerdo
5 = Totalmente de acuerdo

Objetivo del instrumento: Medir el nivel de resiliencia organizacional y percepción de autoeficacia del personal frente a amenazas tecnológicas emergentes.

Instrucciones: Indique su nivel de acuerdo con cada afirmación.

---

1. Me siento preparado para responder ante un incidente de ciberseguridad.
2. Puedo tomar decisiones adecuadas bajo presión.
3. Mi equipo mantiene coordinación efectiva en escenarios críticos.
4. La capacitación recibida fortalece mi confianza operativa.
5. Me adapto rápidamente a cambios tecnológicos en seguridad aérea.
6. Puedo anticipar riesgos antes de que se materialicen.
7. La organización promueve aprendizaje continuo frente a amenazas emergentes.

ANEXO 5

Consentimiento informado para participantes

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA

Trabajo de grado

Título del proyecto: Propuesta de fortalecimiento del programa de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia mediante metodologías innovadoras y tecnológicas para enfrentar amenazas cibernéticas y de drones.

Investigador(es): Deimer Emiro Tapia Reyes - Mario Alberto Sandoval Martínez - Yesenia Luz Barraza Fuentes

Director del trabajo de grado: Alex Yesid Gil Vega

---

1. Invitación a participar

Usted ha sido invitado(a) a participar en una investigación académica desarrollada en el marco del programa de Maestría en Administración de Empresas (MBA) de la Universidad EAN. Antes de decidir su participación, es importante que lea cuidadosamente la siguiente información.

---

2. Propósito del estudio

El objetivo de esta investigación es formular una propuesta complementaria de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia, incorporando metodologías innovadoras y tecnologías emergentes, con el fin de fortalecer el desempeño del personal frente a amenazas cibernéticas y uso indebido de drones.

---

3. Procedimiento

Si acepta participar, se le solicitará:

- Responder una encuesta estructurada.
- Participar, si aplica, en pruebas de conocimiento o simulaciones.
- Participar eventualmente en entrevistas o grupos focales (según el grupo seleccionado).

La duración estimada de su participación será de aproximadamente 20 a 40 minutos.

---

4. Riesgos de la investigación

De acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, esta investigación se clasifica como de **riesgo mínimo**, ya que no implica intervención física, psicológica ni manipulación de variables biológicas.

Los riesgos asociados son equivalentes a los de responder una encuesta o participar en una actividad académica habitual.

---

5. Beneficios esperados

Su participación contribuirá al fortalecimiento de los programas de capacitación en seguridad aérea y podrá aportar insumos relevantes para mejorar la preparación del personal frente a amenazas emergentes.

No se otorgará compensación económica por su participación.

---

6. Confidencialidad y tratamiento de datos

La información recolectada será tratada conforme a:

- Ley 1581 de 2012 (Protección de Datos Personales – Colombia)

- Decreto 1377 de 2013
- Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013)
- Pautas CIOMS (2016)

Las respuestas serán anónimas.

No se recolectarán datos personales sensibles que permitan su identificación directa.

Cada participante será identificado mediante un código alfanumérico.

La información será utilizada exclusivamente con fines académicos y almacenada en medios digitales protegidos con acceso restringido a los investigadores.

---

7. Voluntariedad

Su participación es completamente voluntaria.

Puede retirarse en cualquier momento sin que esto genere consecuencias laborales, académicas o personales.

---

8. Contacto

En caso de tener preguntas o inquietudes sobre la investigación, puede comunicarse con:

Correo electrónico investigador principal: _____

Universidad EAN – Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

---

9. Declaración de consentimiento

He leído y comprendido la información anterior.

He tenido la oportunidad de hacer preguntas y estas han sido respondidas satisfactoriamente.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación.

Nombre del participante: _____

Documento de identidad: _____

Firma: _____

Fecha: ____ / ____ / _____

ANEXO 6

Matriz de validación de instrumentos por juicio de expertos

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA

Trabajo de grado

Título del proyecto: Propuesta de fortalecimiento del programa de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia mediante metodologías innovadoras y tecnológicas para enfrentar amenazas cibernéticas y de drones.

---

1. Objetivo de la validación: Evaluar la validez de contenido de los instrumentos de recolección de información (Anexos 1–4), mediante juicio de expertos en seguridad aérea, metodología de investigación y capacitación organizacional.

---

2. Perfil del experto evaluador

Nombre: _____

Formación académica: _____

Especialidad: _____

Años de experiencia profesional: _____

Institución: _____

---

3. Criterios de evaluación

Cada ítem será evaluado según los siguientes criterios:

Criterio	Definición
Pertinencia	El ítem es relevante para medir la variable definida.
Claridad	El ítem está redactado de forma comprensible y precisa.
Coherencia	Existe correspondencia entre el ítem, el indicador y la variable.
Suficiencia	El conjunto de ítems cubre adecuadamente la dimensión evaluada.

---

4. Escala de valoración

1 = No cumple

2 = Cumple parcialmente

3 = Cumple adecuadamente

4 = Cumple plenamente

---

5. Validación del Anexo 1

Encuesta – Nivel de adopción de metodologías innovadoras

Ítem	Pertinencia	Claridad	Coherencia	Observaciones
Uso de simulaciones inmersivas	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Integración de gamificación	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Actualización frente a	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____

Ítem	Pertinencia	Claridad	Coherencia	Observaciones
amenazas emergentes				

Evaluación global del instrumento:

☐ Deficiente

☐ Aceptable con ajustes

☐ Adecuado

☐ Excelente

---

6. Validación del Anexo 2

Rúbrica de desempeño operativo

Indicador	Pertinencia	Claridad	Coherencia	Observaciones
Tiempo de respuesta	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Cumplimiento de protocolos	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Identificación de amenazas	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____

Evaluación global del instrumento:

☐ Deficiente

☐ Aceptable con ajustes

☐ Adecuado

☐ Excelente

---

7. Validación del Anexo 3

Prueba de conocimiento

Ítem	Pertinencia	Claridad	Coherencia	Observaciones
Pregunta sobre ciberataque	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Pregunta sobre dron	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Pregunta sobre ransomware	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____

Evaluación global del instrumento:

☐ Deficiente

☐ Aceptable con ajustes

☐ Adecuado

☐ Excelente

---

8. Validación del Anexo 4

Escala de resiliencia organizacional

Ítem	Pertinencia	Claridad	Coherencia	Observaciones
Preparación ante ciberincidentes	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Toma de decisiones bajo presión	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____
Trabajo colaborativo	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	☐1 ☐2 ☐3 ☐4	_____

Evaluación global del instrumento:

☐ Deficiente

☐ Aceptable con ajustes

☐ Adecuado

☐ Excelente

---

9. Concepto final del experto

En su concepto técnico, los instrumentos presentan:

☐ Validez de contenido adecuada

☐ Requieren ajustes menores

☐ Requieren ajustes significativos

Observaciones generales:

Firma del experto: _____

Fecha: ____ / ____ / _____

ANEXO 7

Procedimiento para el cálculo del Índice de Validez de Contenido (IVC) – Método de Lawshe

---

Universidad EAN

Maestría en Administración de Empresas – MBA

Trabajo de grado

Título del proyecto: Propuesta de fortalecimiento del programa de capacitación en seguridad de la aviación civil en Colombia mediante metodologías innovadoras y tecnológicas para enfrentar amenazas cibernéticas y de drones.

---

1. Justificación metodológica: Con el fin de garantizar la validez de contenido de los instrumentos diseñados (Anexos 1–4), se prevé la aplicación del método propuesto por **Lawshe (1975)**, el cual permite evaluar el grado de acuerdo entre expertos respecto a la esencialidad de los ítems que componen un instrumento de medición.

Este procedimiento se desarrollará previo a la aplicación definitiva de los instrumentos en la población objeto de estudio.

---

2. Selección de expertos: Se proyecta convocar entre **tres (3) y cinco (5) expertos**, que cumplan al menos uno de los siguientes criterios:

- Experiencia mínima de cinco años en seguridad de la aviación civil.
- Experiencia en metodologías de investigación cuantitativa.
- Experiencia en diseño y evaluación de programas de capacitación organizacional.

---

3. Procedimiento de evaluación: Cada experto recibirá la matriz de validación (Anexo 6) y deberá clasificar cada ítem según su nivel de esencialidad en tres categorías:

1. No esencial
2. Útil pero no esencial
3. Esencial

Para el cálculo del índice, únicamente se considerarán los ítems clasificados como **"Esencial"**.

---

4. Fórmula del Content Validity Ratio (CVR)

El cálculo se realizará mediante la fórmula:

$$CVR = \frac{n_e - (N/2)}{N/2}$$

Donde:

- n_e= número de expertos que califican el ítem como esencial
- N= número total de expertos participantes

El valor del CVR oscila entre -1 y +1.

---

5. Criterio de aceptación: Los valores obtenidos serán contrastados con los valores críticos establecidos por Lawshe (1975) y ajustes posteriores propuestos por Tristán (2008).

Para un panel de cinco expertos (N = 5), el valor mínimo aceptable será ≥ 0.58.

Los ítems que no alcancen el valor crítico serán:

- Reformulados
- Ajustados
- O eliminados, según el análisis cualitativo de las observaciones de los expertos.

---

6. Cálculo del Índice de Validez de Contenido Global (IVC)

Una vez calculado el CVR para cada ítem, se determinará el Índice de Validez de Contenido global mediante el promedio de los CVR aceptados:

$$IVC = \frac{\sum CVR_i}{n}$$

Donde:

- CVR_icorresponde al valor obtenido para cada ítem válido
- $n$es el número total de ítems aceptados

---

7. Interpretación prevista: Un IVC global igual o superior a 0.70 será considerado indicativo de adecuada validez de contenido para estudios aplicados de nivel de maestría.

Los resultados de esta validación serán reportados en el capítulo metodológico una vez realizada la evaluación por expertos.

---

8. Consideración ética

La validación por expertos se realizará bajo principios de confidencialidad y voluntariedad, y no implicará riesgos para los participantes.