

**Modelo de Gestión TI Basado en el Military Standard (MIL-STD), Usando  
Técnicas de Realidad Aumentada Aplicadas a Tareas de Entrenamiento,  
Diagnóstico, Reparación y Mantenimiento Aeronáutico.**

César Augusto Peña Calle

Asesor:

Dr. Javier Medina Cruz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI.

Maestría en Gestión de Tecnología de la Información

2022

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

Girardot – Cundinamarca (13 de octubre de 2022)

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a Dios por la oportunidad de vivir y compartir conocimientos, a mi madre Laura Margarita, quien siempre fue mi apoyo y a todas las personas que han sido partícipes de este proceso educativo, se espera que la información presentada sea de amplia utilidad.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por darme la perseverancia para alcanzar mis metas.

A mi familia por el acompañamiento.

A mi director de tesis Dr. Javier Medina Cruz por su seguimiento y continua disposición a dirigir mi trabajo.

Al Ejército Nacional de Colombia, especialmente al Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación y al Centro de Desarrollo Tecnológico de la Brigada de Aviación No 32 por la oportunidad de integrar la Gestión de la Tecnología de la Información en los procedimientos de mantenimiento aeronáuticos en el aérea aeroespacial del país.

Al Suboficial en uso de buen retiro, Sargento Primero Gonzalo Aníbal Lopera Salazar, quien, desde su especialidad como técnico aeronáutico, tripulante y artillero de las aeronaves Black Hawk del Glorioso Ejército Nacional de Colombia ha contribuido con sus ideas transformadoras y experiencia en la compilación e integración de elementos de la Tecnología de la Información aplicados a un Modelo de Gestión TI en pro de la innovación y automatización en la Aviación del Ejército Nacional.

## **Resumen**

En este proyecto de investigación aplicada se integra un modelo de gestión TI que administra la información en la nube, hace uso de bases de datos (manuales aeronáuticos de obligatorio cumplimiento, según el fabricante de cada aeronave), combina el manejo y la gestión de la seguridad en la información aeronáutica, aprovechando las disrupciones digitales y empleándolas con fines pedagógicos, al mismo tiempo que, utiliza herramientas tecnológicas aplicadas a la instrucción del personal aeronáutico. A tal efecto, se aplica el internet de las cosas en pro de un modelamiento innovador, que ahorra considerables recursos económicos y tiempo en realizar tareas de mantenimiento aeronáutico y que está sujeto a una posible comercialización, venta de productos y/o servicios al sector aeronáutico en Colombia y empresas o países que usan aeronaves pertinentes a esta implementación. Asimismo, en cuanto al protocolo o norma internacional, se siguen los lineamientos del Military Standard, de la Administración Federal de Aviación (FAA) y de la Aeronáutica civil colombiana que es el ente local que rige las operaciones aeronáuticas en Colombia.

***Palabras Clave:*** Modelo, Gestión, Digitalización, Test, Control Automático, Tecnología de la Información, Aeroespacial.

## **Abstract**

In this applied research project, an IT management model is integrated that manages information in the cloud, makes use of databases (mandatory aeronautical manuals, depending on the manufacturer of each aircraft), combines the handling and management of aeronautical information security, taking advantage of digital disruptions and using them for educational purposes, while using technological tools applied to the training of aeronautical personnel. To this end, the internet of things is applied in favor of innovative modeling, which saves considerable economic resources and time in carrying out aeronautical maintenance tasks and which is subject to a possible commercialization, sale of products and/or services to the aeronautical sector in Colombia and companies or countries that use aircraft relevant to this implementation. Likewise, regarding the protocol or international standard, the guidelines of the Military Standard, the Federal Aviation Administration (FAA) and the Colombian Civil Aeronautics, which is the local entity that governs aeronautical operations in Colombia, are followed.

***Keywords:*** Model, Management, Digitization, Test, Automatic Control, Information Technology, Aerospace.

## Tabla de Contenidos

Lista de Tablas .....	13
Lista de Figuras .....	15
Lista de Ecuaciones.....	17
Lista de Apéndices .....	18
Glosario.....	19
Lista de Símbolos y Abreviaturas .....	23
El Problema.....	25
Planteamiento del Problema.....	29
Formulación del Problema .....	40
Delimitaciones.....	40
Contenido y Áreas Relacionadas .....	40
Delimitación Espacial .....	40
Delimitación Temporal .....	41
Justificación.....	41
Objetivos .....	46
Objetivo General .....	46
Objetivos Específicos.....	46
Marco de Referencia .....	47
Estado del Arte.....	49
Marco Teórico y Conceptual.....	56
Definición Formal de Modelo.....	58
Diseño de Investigación .....	59

Enfoque de Investigación.....	61
Entornos Automatizados .....	63
Entornos Virtuales.....	64
Modelamiento de Componentes Aeronáuticos en 3D.....	65
Modelo de Gestión TI .....	66
Military Estándar (MIL-STD).....	69
Realidad Aumentada .....	70
Taller Aeronáutico .....	71
Tareas de Mantenimiento Aeronáutico .....	72
Técnicas de Procesamiento Digital .....	73
Montaje, Ensamble y Desensamble .....	74
Técnicas Inteligentes Digitales .....	77
Procesos de Inspección y Prueba .....	78
Herramientas de TI.....	79
Ámbito Aeronáutico.....	81
Metodologías y Estrategias de TI.....	82
Marco Legal Ejército Nacional de Colombia.....	85
Marco Tecnológico .....	88
Metodología de Investigación.....	90
Tipo de Investigación: Exploratoria Aplicada .....	90
Diseño de Investigación .....	94
Tipo de Enfoque: Cuantitativo .....	95
Variables .....	96

Operacionalización de las Variables .....	98
Procedimiento .....	106
Fase Inicial .....	108
Fase de Análisis .....	108
Fase Selección de Herramientas.....	109
Fase de Diseño Marco de Referencia TI.....	109
Fase de Desarrollo Marco de Referencia TI .....	110
Fase de Implementación.....	110
Fase de Realimentación.....	110
Instrumentos de Medición.....	113
Fuentes Primarias .....	113
Fuentes Secundarias .....	113
Participantes, Población .....	113
Técnicas de Recolección de Datos .....	120
Análisis Documental .....	121
Técnicas para el Procesamiento de Información.....	126
Cálculo Coeficiente Alfa Cronbach .....	127
Consideraciones Éticas.....	129
Aspectos Éticos del Proyecto de Investigación.....	129
Pertinencia y Valor Social de la Investigación .....	129
Criterios de Inclusión y Exclusión de Participantes.....	130
Procedimiento, Uso de Medios y Adherencia de los Participantes.....	130
Afectaciones y Repercusiones.....	131

Declaración Anticipada de Posibles Conflictos de Interés .....	131
Consideraciones de Confidencialidad .....	131
Investigación con Seres Humanos .....	132
Consideraciones Éticas Instrumentos de Recolección de Información.....	133
Diseño Instrumentos de Medición .....	134
Categorías Aplicadas a Cuestionamientos de Instrumentos de Medición .....	135
Categoría Descriptiva.....	135
Categoría Explicación Causal .....	136
Generalidades o Definiciones .....	136
Categoría Comprobación .....	136
Categoría Predicción .....	136
Categoría Gestión.....	137
Categoría Valoración .....	137
Clasificación de Categorías Aplicadas a Instrumentos de Medición .....	138
Análisis Diagnóstico .....	140
Tópicos Relacionados con la Identificación de la Situación Actual .....	142
Aplicación Instrumento de Medición.....	144
Resultados Aplicación Instrumento de Medición .....	144
Análisis de Fiabilidad Instrumento de Medición .....	145
Tabulación de Datos Instrumento de Medición .....	150
Estructuración Propuesta Modelo de Intervención .....	155
Selección Tecnológica .....	156
Estructura del Producto Tecnológico .....	156

Integración Diseño CAD.....	158
Criterios de Selección Software Modelado Ensamble y Desensamble en 3D .....	164
Digitalización 3D Diseño CAD .....	166
Integración Motores Gráficos de RA .....	168
Selección de Plataformas Tecnológicas Aplicables a RA.....	170
Librerías de Realidad Aumentada.....	174
Criterios de Selección Plataformas Tecnológicas Aplicables a de RA.....	177
Herramientas de Automatización y Control Aplicables al Modelo de Gestión TI. ....	179
Sistemas de Control Automáticos .....	180
Criterios Selección Plataforma Embebida de Automatización y Control.....	186
Descripción Arquitectura .....	188
Interfaz de Usuario.....	190
Diagrama de Bloques Código LabVIEW.....	193
Requerimientos Hardware.....	195
Análisis e Interpretación Final Propuesta Tecnológica .....	197
Aplicación Instrumento de Medición Posterior a la Propuesta Tecnológica. ....	197
Resultados Instrumento de Medición Posterior a la Propuesta Tecnológica .....	201
Análisis de Fiabilidad Instrumento de Medición al Integrar el Software SPSS .....	202
Tabulación y Análisis Encuesta Posterior a la Implementación Tecnológica .....	208
Conclusiones .....	213
Recomendaciones.....	216
Discusiones .....	218
Limitaciones.....	220

Trabajos Futuros .....	222
Referencias .....	224
Apéndices .....	258

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Diagnóstico para planteamiento del problema</i>	37
<b>Tabla 2</b>	<i>Tipos de investigación modelo de gestión TI</i>	93
<b>Tabla 3</b>	<i>Definición de Variables</i>	98
<b>Tabla 4</b>	<i>Matriz de operacionalización de variable independiente</i>	100
<b>Tabla 5</b>	<i>Matriz de operacionalización de variable dependiente</i>	101
<b>Tabla 6</b>	<i>Matriz de Consistencia</i>	104
<b>Tabla 7</b>	<i>Procedimiento ejecución modelo de gestión TI</i>	107
<b>Tabla 8</b>	<i>Fases diseño e implementación</i>	111
<b>Tabla 9</b>	<i>Población</i>	115
<b>Tabla 10</b>	<i>Tipos de muestreo no probabilístico</i>	117
<b>Tabla 11</b>	<i>Muestra</i>	120
<b>Tabla 12</b>	<i>Tabla de categorización aplicación instrumento</i>	139
<b>Tabla 13</b>	<i>Estadística total categorización análisis SPSS</i>	148
<b>Tabla 14</b>	<i>Resultado y análisis encuesta inicial aplicada a la población</i>	151
<b>Tabla 15</b>	<i>Comparativo software CAD modelado ensamble y desensamble en 3D</i>	161
<b>Tabla 16</b>	<i>Criterios de selección software CAD</i>	165
<b>Tabla 17</b>	<i>Herramientas diseño realidad aumentada</i>	172
<b>Tabla 18</b>	<i>Librerías realidad aumentada</i>	175
<b>Tabla 19</b>	<i>Criterios selección plataformas aplicables a la implementación en RA</i>	177
<b>Tabla 20</b>	<i>Plataformas automatización y control</i>	184
<b>Tabla 21</b>	<i>Criterios de selección plataformas embebida automatización y control</i>	186
<b>Tabla 22</b>	<i>Detalle técnico tarjetas de adquisición de datos</i>	195

<b>Tabla 23</b> <i>Identificación categorías aplicadas al instrumento de medición .....</i>	198
<b>Tabla 24</b> <i>Identificación criterios de confiabilidad.....</i>	205
<b>Tabla 25</b> <i>Estadística total categorización SPSS .....</i>	207
<b>Tabla 26</b> <i>Resultado y análisis encuesta aplicada a la población .....</i>	209
<b>Tabla 27</b> <i>Trabajos futuros.....</i>	223

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Poster de divulgación Sensorama</i> .....	26
<b>Figura 2</b>	<i>Sutherland sketchpad (1963)</i> .....	27
<b>Figura 3</b>	<i>Actuador electromecánico del sistema del estabilizador aeronaves de ala rotatoria</i> .	31
<b>Figura 4</b>	<i>Operación tareas de mantenimiento en trenes de aterrizaje usando RA</i> .....	35
<b>Figura 5</b>	<i>Esquema general fuentes de información</i> .....	125
<b>Figura 6</b>	<i>Categorías preguntas aplicadas a la medición</i> .....	138
<b>Figura 7</b>	<i>Discriminación población encuestada por rol</i> .....	145
<b>Figura 8</b>	<i>Vista de datos software SPSS</i> .....	146
<b>Figura 9</b>	<i>Vista de variables software SPSS</i> .....	147
<b>Figura 10</b>	<i>Resultado prueba fiabilidad instrumento software SPSS</i> .....	148
<b>Figura 11</b>	<i>Resultados categorización encuesta</i> .....	150
<b>Figura 12</b>	<i>Estadística rotación actuador electromecánico, datos extractados SAP</i> .....	157
<b>Figura 13</b>	<i>Diagrama diseño ensamble y desensamble en 3D de componentes aeronáuticos</i> ...	159
<b>Figura 14</b>	<i>Selección de software ensamble y desensamble 3D</i> .....	166
<b>Figura 15</b>	<i>Implementación ensamble 3D sistema conjunto de actuadores</i> .....	167
<b>Figura 16</b>	<i>Diagrama de diseño de aplicación RA</i> .....	169
<b>Figura 17</b>	<i>Selección plataformas tecnológicas aplicables a RA</i> .....	179
<b>Figura 18</b>	<i>Esquema procedimiento de inspección aeronáutico propuesta tecnológica</i> .....	182
<b>Figura 19</b>	<i>Selección de plataformas embebida automatización y control</i> .....	188
<b>Figura 20</b>	<i>Diagrama de arquitectura conformación propuesta tecnológica</i> .....	190
<b>Figura 21</b>	<i>Interfaz LabVIEW con integración tarjetas de adquisición de datos</i> .....	192
<b>Figura 22</b>	<i>Diagrama de bloques código LabVIEW</i> .....	194

<b>Figura 23</b> <i>Totalidad población encuestada posterior a la implementación tecnológica .....</i>	202
<b>Figura 24</b> <i>Vista de datos software SPSS .....</i>	203
<b>Figura 25</b> <i>Vista de variables software SPSS.....</i>	204
<b>Figura 26</b> <i>Resultado prueba fiabilidad al instrumento mediado por el software SPSS .....</i>	206
<b>Figura 27</b> <i>Resultados categorización encuesta posterior intervención tecnológica .....</i>	208

## Lista de Ecuaciones

<b>Ecuación 1</b> <i>Cómputo del coeficiente Alfa de Cronbach</i> .....	128
---	-----

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Patente por invención sistema AFCS</i> .....	258
<b>Apéndice B</b> <i>Patente modelo utilidad banco ICS</i> .....	260
<b>Apéndice C</b> <i>Patente modelo utilidad banco luces</i> .....	263
<b>Apéndice D</b> <i>Patente modelo utilidad panel de relevos</i> .....	266
<b>Apéndice E</b> <i>Patente modelo utilidad banco de diagnóstico Radaraltímetro</i> .....	269
<b>Apéndice F</b> <i>Patente modelo utilidad VOR-HSI-VSI</i> .....	272
<b>Apéndice G</b> <i>Autorización acceso a información clasificada - Consentimiento informado</i> .....	274
<b>Apéndice H</b> <i>Escáner formatos acceso información clasificada - Consentimiento informado</i> .	276
<b>Apéndice I</b> <i>Diseño instrumento de medición a partir de la prueba diagnóstica</i> .....	280
<b>Apéndice J</b> <i>Diagrama eléctrico componente propuesta tecnológica</i> .....	290
<b>Apéndice K</b> <i>Diseño instrumento de medición posterior a la propuesta de intervención</i> .....	296

## Glosario

Aeronave: “Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones de este contra la superficie de la tierra” (Aerocivil, 2019, p. 15).

Algoritmo: “Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema” (De Guevara, 2014, p. 7).

Aviónica de a bordo: “Expresión que designa todo dispositivo electrónico - y su parte eléctrica - utilizado a bordo de las aeronaves, incluyendo las instalaciones de radio, los mandos de vuelo automáticos y los sistemas de instrumentos” (Aerocivil, 2019, p. 8).

DAQ: “Es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consta de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable” (Medina, 2022, p.1).

eDrawings: Herramienta nativa de SolidWorks, utilizada en diseños 2D, 3D y RA/RV, esgrimida desde el diseño hasta la fabricación. Se utiliza para visualizar los resultados de la última etapa del proyecto, integrando simulaciones enfocadas hacia usuarios finales (Salse, 2021).

ERP: “Enterprise Resource Planning; es definido como las siglas de Planificación de Recursos Empresariales. Definiéndose como: un software (sistemas de información) que consiente unión de las operaciones de una compañía como las de producción, logística, y finanzas” (Hidalgo, 2019, p. 18).

Estructura aeronáutica: “Cualquier clase de fuselaje, con sus componentes (largueros, barquillas, cabotaje, carenados, láminas de recubrimiento), las superficies aerodinámicas, incluyendo rotores; pero excluyendo motores, hélices y planos aerodinámicos rotativos de motores y trenes de aterrizaje con sus accesorios y comandos” (Aerocivil, 2019, p. 57).

Inspección periódica: “Revisión general final de la aeronave de acuerdo con una guía de inspección después de un determinado número de horas de vuelo, días calendario o periodo de funcionamiento, como requisito para garantizar su condición mecánica, funcional y estructural” (Vega, 2016, p. 13).

Inspector: “Es aquella persona que por su idoneidad y experiencia reúne los requisitos necesarios en el campo del mantenimiento, así mismo es el encargado de dar el reliz de las aeronaves cuando estas se encuentran en un mantenimiento imprevisto o programado” (Vega, 2016, p. 14).

Inteligencia Artificial: “Campo científico de la informática que se centra en la creación de programas y mecanismos que pueden mostrar comportamientos considerados inteligentes” (Porcelli, 2020, p. 56).

Interfaz de usuario: “Es el vínculo entre el usuario y el sistema computacional. Una interfaz es un conjunto de comandos o menús a través de los cuales el usuario se comunica con el sistema” (Romero y Sosa, 2017, p. 364).

LabVIEW: “(Acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas con un lenguaje de programación visual gráfico” (Negrín, 2018, p. 43).

Marcador: Constituye un desencadenador de la realidad aumentada que generalmente está constituido por un código QR, un objeto físico o una imagen, entre otros (Cabero y Barroso, 2016).

Mantenimiento: “Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas:

reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación” (Márquez, 2020, p. 18).

Realidad Aumentada: “Realidad aumentada: experiencia que permite la interacción entre objetos/gráficos virtuales y el entorno real. Se permite la extracción de información por parte del usuario y modificar estos objetos como si pertenecieran en la realidad” (J. Ramos, 2019, p. 20).

Realidad Virtual: “Tecnología que permite al usuario sumergirse en una simulación gráfica 3D generada por computador, navegar e interactuar en ella en tiempo real, desde una perspectiva centrada en el usuario” (Hernandez et al., 2020, p. 40).

SAP: El acrónimo representa las siglas de Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos, en tanto: “Es definido como un software informático que ayuda a las empresas a administrar y controlar sus recursos: financieros, contables, humanos, logísticos y otros” (Hidalgo, 2019, p. 33).

Serviciable: “Condición de todo producto, material, parte, componente, accesorio o dispositivo aeronáutico que se encuentra aeronavegable y en consecuencia apto para ser instalado y dado al servicio en una aeronave, por cumplir con todos sus requerimientos técnicos y tener en regla los documentos pertinentes” (Aerocivil, 2019, p. 97).

SDK: “Kit de desarrollo de software que generalmente está formado por un conjunto de herramientas de desarrollo de software que le permite al programador crear aplicaciones para un sistema concreto” (C. García, 2015, p. 5).

Sistema embebido: “Equipos electrónicos que incluyen procesamiento de datos, ... los sistemas embebidos se diseñan para satisfacer una función específica, un sistema embebido es un sistema electrónico contenido (embebido) dentro de un equipo completo es decir la unión de hardware y software” (Como se citó en Arévalo, 2019, p. 19).

Visión por computador: También acreditada como visión artificial, “combina el análisis de imágenes y las técnicas de aprendizaje automático para proporcionar una inspección automatizada” (Bajaña y Paladines, 2021, p. 21).

Vuforia: “Plataforma de realidad aumentada compatible con Unity, que permite la creación de apps en RA mediante el reconocimiento de marcadores (imágenes o patrones) en el entorno real” (J. Ramos, 2019, p. 31).

Unity: “Se describe a sí misma como “una plataforma de desarrollo 3D en tiempo real”, y que, además, permite el desarrollo de aplicaciones en RA y RV. Fundada en Dinamarca en el año 2004, su inversión ha ido en auge debido a las múltiples prestaciones que ofrece” (J. Ramos, 2019, p. 27).

## Lista de Símbolos y Abreviaturas

ADM	Modelo de Desarrollo Arquitectura.
ADs	Directivas de aeronavegabilidad.
AR	Augmented Reality.
CAD	Diseño Asistido por Ordenador.
CEDET	Centro de Desarrollo Tecnológico Brigada de Aviación No 32.
DCS	Distributed Control System (Sistema de Control Distribuido).
EASM	eDrawings Assembly.
ERT	Enterprise Resource Planning.
FAA	Administración Federal de Aviación.
GPIB	Bus de instrumentos de propósito general.
IEA	Ingeniero Especialista Aeronáutico.
IIoT	Industrial Internet of Things (Internet Industrial de las Cosas).
ISO	International Organization for Standardization.
MINTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
MRO	Mantenimiento, reparación y operación.
LAR	Reglamentos Aeronáuticos Latinoamericanos.
OMA	Organización de mantenimiento aprobada.
RA	Realidad Aumentada.
RAC	Reglamento Aeronáutico Colombiano.
RV	Realidad Virtual.
SAP	Systems, Applications, Products in Data Processing.
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences.

SOA	Service Oriented Architecture (Arquitectura Orientada a Servicios).
TI	Tecnología de Información.
TIC	Tecnología de la Información y Comunicaciones.
TOGAF	The Open Group Architecture Framework.
UAEAC	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil o Aeronáutica Civil.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (Vehículo aéreo no tripulado).
VI	Virtual Instrument (Instrumento Virtual).
2D	Dos Dimensiones.
3D	Tres Dimensiones.

## **El Problema**

El diseño industrial y la instrumentación virtual se encuentran a la vanguardia de la tecnología comercial, militar y aeroespacial, como señalan Martínez et al. (2017): “Una alternativa frecuente utilizada para el desarrollo de dichas tareas es el software de instrumentación virtual LabVIEW, el cual también puede ser útil en el monitoreo y control de sistemas compensados” (p. 424), en tanto, el uso de dicha instrumentación ha avanzado tan rápidamente, que en muchos casos supera la frecuencia y resolución de los instrumentos convencionales, empujando los límites de la tecnología digital, incursionado de manera asertiva en el mantenimiento aeronáutico (Solano et al., 2021).

Por ello, es significativo apreciar que el hardware por sí solo no permite una medición de las variables de interés, es así como, en los sistemas de medición industriales es el software, el corazón de cada sistema de medición y al ser creado para operar en entornos comerciales y automatizados, la interfaz de usuario embebida en TI y las técnicas de RA permiten, realizar una verdadera integración entre hardware y software. Mientras tanto, se plantea alcanzar un efectivo poder operativo dentro de un modelo de gestión TI, embebido en sistemas de medición automáticos, que dan valor a esta investigación y a su aplicación en ambientes de trabajo aeronáuticos.

En consecuencia, el desarrollo avanzado y las nuevas tecnologías digitales, aplicadas a los sistemas de radio comunicación, navegación, instrumentos y radar en el área militar y aeroespacial, exige la creación de nuevos y modernos laboratorios que combinen la flexibilidad de los lenguajes de programación con el poder de las herramientas de ingeniería avanzada para adquirir, analizar, presentar mediciones y señales en tiempo real. Como lo hace notar Carrión (2018) al sugerir que la RA: “Es una tecnología emergente que avanza de una manera

sorprendente” (p. 19), esto se debe en gran medida, al vasto campo de aplicaciones y posibilidades que ofrece.

Vinculado a esto, se propone integrar técnicas de realidad aumentada desde un enfoque pedagógico y más aún desde la práctica, con rutinas de prueba automáticas a procesos de diagnóstico y caza fallas en componentes aeronáuticos, en efecto los temidos RA y RV están en boga, pero sus inicios se remontan a la década de los 60`, al respecto, Villegas (2015) informa que: “ En el año 1962, Morton Heilig, director de fotografía, creó un simulador de moto que fue llamado "Sensorama", uno de los primeros ejemplos conocidos como inmersión multisensorial” (p. 18), dicho diseño, se incorpora en la Figura 1, donde se contempló movimiento, sonidos y olores, integrando una primera aproximación a la RV.

## Figura 1

*Poster de divulgación Sensorama*



*Nota.* La figura ilustra el simulador de moto llamado "Sensorama", uno de los primeros ejemplos conocidos como inmersión multisensorial. Tomado de Realidade Virtual Imersiva para Reproducción Cinematográfica (p. 2), por Carvalho y Xavier, 2020, Latin.Science.

No obstante, Caviedes y Durán (2017) advierten que: “En 1963, Iván Sutherland, informático, pionero de internet y padre de la realidad virtual, creó el blog de dibujo Sutherland” (p. 25), considerado como el primer prototipo de gafas de realidad aumentada, tal como se observa en la Figura 2. Entonces, proponía la simulación de mundos virtuales a través de escenas que visualizaba el usuario por medio de una interfaz artificial. En efecto, la realidad aumentada es una derivación de la realidad virtual, citando a Arboleda (2017): “sumerge por completo al individuo en un entorno virtual y aislado de la realidad” (p. 327), en donde el usuario con sus cinco sentidos está inmerso en una realidad artificial.

## **Figura 2**

*Sutherland sketchpad (1963)*



*Nota.* La figura muestra el blog de dibujo Sutherland, considerado como el primer prototipo de gafas de realidad aumentada. Tomado de la Animación Experimental: Un género de posibilidades infinitas para innovar en el campo de la Realidad Virtual (p. 25), por Caviedes y Durán, 2017, Pontificia Universidad Javeriana.

En ese mismo contexto, Águila et al. (2018) sugieren que: “La Realidad Aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real” (p. 2). Es así como, se toman elementos diseñados artificialmente, sobreponiéndolos al mundo real, utilizando sonidos y video que interaccionan con el mundo existente, mostrando así, información que da valor al usuario y que se complementa con la realidad.

Al respecto, existen diversas definiciones del término realidad aumentada, Pallarés (2016), sostiene que la RA: “En concreto, se refiere a la inclusión en tiempo real, de elementos virtuales dentro del universo físico” (p. 9), en tal sentido, otras definiciones especifican que el concepto se utiliza para precisar una visión a través de un dispositivo tecnológico o un elemento disruptivo, directa o indirectamente, en un entorno físico del mundo real, por lo tanto, los componentes se combinan con elementos virtuales, generados artificialmente, en formato multimedia, creando una realidad mixta en tiempo real, que enriquece los entornos de interés (Caguana, 2015).

En efecto, se asiste a una visión artificial del mundo físico, conocida como realidad aumentada, que se ha ido refinando y reescribiendo, desde los juguetes para niños, hasta diseños intrincados y robustos, aprovechados en el comercio, en la investigación y la medicina a manera de herramientas estratégicas (De la Fuente y Mazaeda, 2017). Es así como, la realidad aumentada, considerada como una sobreposición de elementos virtuales a la realidad, integra información valiosa que, en el ámbito aeroespacial, el especialista puede aplicar al momento de realizar pruebas e inspecciones. En efecto, se da valor a la inclusión de estrategias de Tecnología de la Información en el mantenimiento aeronáutico colombiano, utilizando herramientas de realidad aumentada.

## **Planteamiento del Problema**

En el ámbito aeronáutico, existen problemáticas relativas a los procesos requeridos para efectuar mantenimiento, pruebas y diagnóstico a componentes de las aeronaves. Es por este motivo que, se emplea una gran cantidad de recursos humanos y materiales, con el fin de evitar la posibilidad de fallos que podrían desencadenar en una catástrofe aeronáutica (Huaman, 2021). Aunado a esto, una de la principales dificultades tiene que ver con la degradación de los componentes y su rendimiento en el tiempo, el cual se supervisa por medio de revisiones periódicas para efectuar correcciones y restablecer los componentes a un estado de óptimo servicio que no afecte la seguridad de la aeronave (Aerocivil, 2019).

De acuerdo con lo anterior, se estima que el mantenimiento aeronáutico implica una alta complejidad y que debe seguir estándares de los más altos en seguridad y calidad (Ordoñez, 2021), es por dicha razón que, éste se enfoca en controlar y solucionar problemas de la máquina para asegurar un vuelo seguro (B. Flores, 2017). De las evidencias anteriores, se concluye que, es pertinente obtener información detallada de los componentes aeronáuticos durante su operación, para generar programas basados en confiabilidad y seguridad (Muñoz y Sorzano, 2017). Por lo tanto, se estudian las funciones de los sistemas y de las partes que los componen y se monitorean las condiciones en diferentes intervalos de tiempo, mediante un mantenimiento programado, donde se realizan labores de inspección, lubricación y tareas de servicio, por medio de registros visuales y funcionales, descartando averías (G. Mora, 2020).

Vinculado a esto, existe también un mantenimiento no programado, en el que se hacen tareas de reparación evidenciadas en el mantenimiento programado, se rectifican piezas por mal funcionamiento, por modificaciones o por AD directivas de aeronavegabilidad (Vega, 2016). No obstante, el objetivo principal y obligatorio del mantenimiento, es lograr la aeronavegabilidad

de las maquinas, lo cual se alcanza, si la aeronave tiene condiciones seguras para volar, maximizando la seguridad en el vuelo, asegurando un buen nivel de rendimiento y optimizando su disponibilidad (Aerocivil, 2019).

Aunado a esto, se refieren otros tipos de prácticas obligatorias, como el mantenimiento denominado preventivo, que busca conservar en los elementos aeronáuticos la situación de material en servicio, que incluye el mantenimiento programado y predictivo. Por otro lado, existe el mantenimiento denominado restaurativo, donde se implementan acciones de mantenimiento para elementos que se encuentran inoperativos y se pretende devolverlos al servicio mediante cambios en su diseño, dicho mantenimiento, implica variaciones en la conformación de los componentes para mejorar su eficiencia y modificar su capacidad original (Mira et al., 2017).

A partir de estas afirmaciones se sugiere que, en el mediano y corto plazo, la problemática aeronáutica y el control de una posible solución se está formulando mediante un modelo de gestión TI, basado en técnicas de realidad aumentada (RA) y herramientas de automatización industrial, que asistan la inspección aeronáutica, aplicando métodos de la Tecnología de la Información (TI), dando valor al mantenimiento, mejorando procedimientos que se integren en los manuales aeronáuticos, como lo informan Ceruti et al. (2019), indicando que es posible: “esperar una reducción de la carga de trabajo y del tiempo requerido para completar las tareas, y un aumento en la confiabilidad, consecuencia de la reducción de errores que se cometen utilizando los manuales de mantenimiento aumentados de AR” (p. 526). Es por este motivo que en estudios previos se informa que:

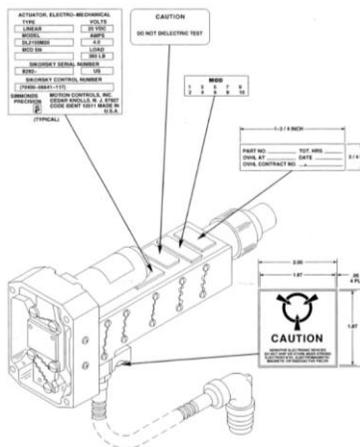
La madurez de los dispositivos de realidad aumentada y virtual ha crecido considerablemente recientemente. Como los procesos en la industria de la aviación son

propensos a errores y requieren mucho tiempo, se hacen esfuerzos para implementar estas tecnologías para apoyar a los trabajadores humanos durante la inspección y el mantenimiento. (Eschen et al., 2018, p. 1)

En efecto, se investiga la implementación de técnicas digitales, análisis de datos, inteligencia artificial, IIoT y RA, en los procesos de inspección y prueba del conjunto de actuadores electromecánicos del sistema del estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria (helicópteros), diseño esquemático que se ilustra en la Figura 3. Así mismo, en estudios previos, se informa que los catálogos de piezas ilustrados basados en RA, los manuales de mantenimiento, las herramientas de software de mantenimiento remoto, las operaciones de ensamblaje y desensamblaje compatibles con RA, son una lista no incluyente de todas las operaciones que pueden beneficiarse de la realidad aumentada (Ceruti et al., 2019).

### Figura 3

*Actuador electromecánico del sistema del estabilizador aeronaves de ala rotatoria*



*Nota.* El gráfico representa la configuración típica del sistema conjunto de actuador electromecánico. Tomado de DMWR 1-1680-332 STAB Linear Actuator (p. 19), por US Army Aviation, 2002, Newport Aeronautical Sales.

Es necesario resaltar que el ente de control, que regula los procedimientos de inspección y prueba de componentes aeronáuticos, es la Aeronáutica Civil de Colombia, esta es la organización local encargada de emitir regulaciones, dado que el mantenimiento aeronáutico implica la inspección, revisión, reparación, conservación y cambio de partes; que permitan conservar las condiciones de aeronavegabilidad de una aeronave y/o componente de ella (Aerocivil, 2019). Mientras tanto, el reglamento aeronáutico de Colombia (RAC), informa sobre los procedimientos, políticas y buenas prácticas de mantenimiento aeronáutico en Colombia (Aerocivil, 2019).

Para ejemplificar, algunos esfuerzos por dar solución a las problemáticas de mantenimiento aeronáutico en el contexto internacional relacionan la Academia Básica del Aire en España, que ha utilizado la realidad aumentada para la formación de sus alumnos en un proyecto denominado REVIEN (Realidad Virtual de Entrenamiento), fruto de la integración con la empresa ITP (Industria de Turbo Propulsores), al respecto se informa que:

REVIEN es parte de la unidad de negocio de “In Service Support” (ISS) de ITP que abarca un concepto más amplio del tradicional MRO aeronáutico (mantenimiento, reparación y revisión). Su aplicación se orienta al entrenamiento y la gestión de flotas tanto civiles como militares. El reto tecnológico que se plantea es su funcionamiento vía web, lo que permite su uso en despliegues y en otras localizaciones, evitando estar condicionados a una formación presencial. En este sentido, ITP presentó en la última edición del Salón Internacional de Aeronáutica y Espacio de Le Bourget el digitalizado completo del motor turbohélice TP400. (Cortina, 2019, p. 2)

Aunado a esto, el grupo de investigación sobre Tecnologías de la Información para la digitalización 3D de objetos complejos (TIDOP), de la universidad de Salamanca, participa en

proyectos que involucran la realidad aumentada, integrados al mantenimiento aeronáutico de aviones militares, tal como Ávila sostiene:

El proyecto SICEMAM, en el que están trabajando conjuntamente la empresa ITP (Industria de Turbo Propulsores, S.A.) y la Universidad de Salamanca asesorados por el Mando del Apoyo Logístico del Ejército del Aire (MALOG) y cuyo objetivo es el diseño y desarrollo de un sistema inteligente que ayude en la toma de decisiones y sostenimiento de aeronaves militares, ya ha conseguido obtener los modelos tridimensionales de dos tareas de mantenimiento concretas (paquete de frenos y compuerta de aterrizaje) del F-18. (Como se citó en Rafidah et al., 2014, p. 1)

En ese mismo contexto, desarrollos como el de la Universidad Politécnica de Madrid, en la implementación de herramientas digitales y procesamiento de información, está revolucionando la industria, aplicando procesos automáticos de trabajo al sector del mantenimiento aeronáutico, integrando nuevas tecnologías en el proyecto DAR System, acrónimo de “Drones and Augmented Reality for Aircraft Maintenance”, que ha revolucionado los procesos de trabajo del mantenimiento de aeronaves a lo largo de la cadena de valor.

En tal sentido, se ha incorporado el uso de drones para realizar inspecciones visuales con un elevado nivel de detalle en aeronaves de gran envergadura, entre ellas el A400M, mediante la implementación de técnicas de tratamiento digital de imágenes que integran el uso de realidad aumentada en la detección de defectología, gestionando trabajos planificados y no planificados en el contexto del mantenimiento aeronáutico (Romero, 2021). Al respecto Alcaide (2020) informa que:

DAR no solo son drones: utiliza distintas tecnologías como realidad aumentada, tratamiento digital de imágenes, posicionamiento por balizas en interior de hangar, etc., y

distintos dispositivos como pueden ser gafas inteligentes, tablets o team computers. Todo ello está aplicado al mantenimiento de aeronaves, desde la detección temprana de los defectos hasta la gestión de las reparaciones para garantizar la calidad y la aeronavegabilidad después del evento de mantenimiento. (p. 22)

Al mismo tiempo, desde el año 2009 la agencia I3B en España viene desarrollando proyectos que integran la realidad aumentada en el mantenimiento aeronáutico, desde esta perspectiva, se considera que las aeronaves son máquinas complejas que integran variados sistemas, la redundancia es un factor crítico que evita la posibilidad de fallas durante el vuelo, en efecto, la inherente degradación de los elementos aeronáuticos afecta su rendimiento.

Desde este punto de vista, la inspección periódica es importante a la hora de corregir o restablecer elementos que perturben la seguridad de las aeronaves, en tanto, los sistemas de RA integrados al mantenimiento aeronáutico aportan y dan valor, mejorando significativamente la calidad del mantenimiento y reduciendo costos y tiempo, desde esta perspectiva, se considera la realidad aumentada, como una super posición de modelos en 3D que entrega al usuario final información relevante en una pantalla (computadora, tableta, gafas, etc.).

Es por este motivo que, diferentes firmas comerciales, entre ellas; Safran Landing Systems, empresa especialista en trenes de aterrizaje, tal como se ilustra en la figura 4, implementan soluciones que se utilizan para facilitar el mantenimiento aeronáutico.

## Figura 4

*Operación tareas de mantenimiento en trenes de aterrizaje usando RA*



*Nota.* La imagen ilustra el proyecto ARGO que explora el potencial de la RA, aplicada al mantenimiento del tren de aterrizaje de las aeronaves. Tomado de Realidad Aumentada: Bienvenida al Mantenimiento 4.0. (2019), (<https://www.metalmecanica.com/temas/Realidad-aumentada,-bienvenida-al-mantenimiento-40+129084>).

Por ello, con experimentos se busca demostrar las ventajas del empleo de la realidad aumentada en procedimientos de entrenamiento, pruebas y reparación de componentes aeronáuticos, al mismo tiempo, la empresa Indra, implementa soluciones específicamente en Londres, mediante técnicas de realidad aumentada y holográficamente entrena al personal en tráfico y control aéreo, reduciendo el impacto ambiental y economizando recursos.

Es así como, los esfuerzos pretenden desarrollar herramientas que faciliten el análisis de rutas de aproximación para conseguir aterrizajes y despegues seguros, limitando el consumo de combustibles y minimizando los ruidos producidos por las aeronaves en poblaciones cercanas, por lo que, se realiza un despliegue de datos en tiempo real, proporcionado por los organismos

Europeos de seguridad de la navegación aérea (Esmartcity, 2017).

En tanto, las aplicaciones citadas, hacen uso de múltiples posibilidades que ofrece la realidad aumentada, al fusionar el mundo real y virtual permitiendo la interacción entre ambos universos en tiempo real. Desde esta perspectiva, al usar algún dispositivo disruptivo, el usuario en tiempo real tiene la experiencia de ver el desempeño y operación de sistemas aeronáuticos. De este modo, con el fin de usar buenas prácticas metodológicas y redactar de manera coherente la situación problemática actual en el campo aeronáutico, se presenta la relación entre las diferentes categorías y variables considerando, aspectos tales como los síntomas, causas, pronóstico y control al pronóstico de la situación en la Tabla 1.

En consecuencia, al referirse al cuadro de diagnóstico para planteamiento del problema, Serafín y Simancas (2015), afirman que:

Básicamente se refiere a la descripción de la situación actual que caracteriza al objeto de conocimiento (síntomas, causas y efectos), lo que a la larga permite identificar situaciones futuras (pronósticos), sobre los cuales se presentan a manera de conjeturas, alternativas posibles de solución que permiten pasar de una situación actual a una situación deseada, control de pronóstico. (p. 26)

**Tabla 1***Diagnóstico para planteamiento del problema*

Síntomas	Causas	Pronóstico	Control de Pronóstico
Los procedimientos de prueba y diagnóstico a componentes aeronáuticos no hacen uso de TI, para realizar operaciones eficientes y seguras mediante la implementación de un modelo de gestión TI.	Falta concientización en el personal aeronáutico de la importancia del uso de herramientas tecnológicas en la gestión del mantenimiento aeronáutico en el marco de la revolución 4.0.	La organización en el corto plazo no aprovechará las oportunidades que ofrecen las TICs para modernizar y actualizar su gestión de mantenimiento aeronáutico, a mediano y largo plazo, tendrá que hacer una considerable inversión.	Es necesario integrar la planeación estratégica e implementación del uso de tendencias disruptivas como un compromiso en la organización, que permita hacer uso eficiente de los recursos y las herramientas tecnológicas.
El uso de los manuales aeronáuticos del fabricante es dispendioso y no se han implementado herramientas tecnológicas para mejorar los procesos en las tareas de diagnóstico y prueba de componentes aeronáuticos.	Escasez de personal capacitado en el uso de herramientas disruptivas, enmarcadas TI, que den valor al diseño de estrategias de trabajo colaborativo y generación de procedimientos de mantenimiento.	De continuar presentándose estos síntomas, la organización seguirá incurriendo en altos costos económicos y de tiempo para realizar tareas de mantenimiento, sin optimizar los procesos de mantenimiento.	El uso de herramientas de modelado en 3D e integración de tecnologías disruptivas permite la automatización de los manuales aeronáuticos, en el marco de un modelo de gestión TI.
No se han implementado técnicas digitales, análisis de datos,	Se adolece de personal entrenado y capacitado en TICs que genere	En el corto plazo los procesos se seguirán realizando de forma	Mediante la implementación de un modelo de gestión TI, en los

Síntomas	Causas	Pronóstico	Control de Pronóstico
inteligencia artificial, RA ni ninguna tendencia disruptiva, enmarcada TI, en procedimientos de inspección y prueba de componentes aeronáuticos.	estrategias innovadoras aplicadas al mantenimiento aeronáutico e integradas a los manuales técnicos del fabricante de las aeronaves.	convencional, invirtiendo tiempo y recursos valiosos, pero el coste de oportunidad en el mediano y largo plazo será muy alto, dado la revolución tecnológica y de la información.	componentes aeronáuticos, tales como, el conjunto de actuadores del sistema de estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria, se sentará un precedente en pro de la optimización del mantenimiento aeronáutico.
No se está efectuando integración de herramientas tecnológicas que agilicen los procesos de mantenimiento aeronáutico.	Uso deficiente o inexistente de herramientas tecnológicas en el marco TI.	En el corto y mediano plazo la organización no asumirá un marco de referencia sobre el cual pueda fundamentarse la revolución 4.0.	Mediante la implementación de mínimos productos viables de alta fidelidad se revelará la versatilidad del modelo de gestión TI.
En el entrenamiento del personal de alumnos y practicantes de mantenimiento aeronáutico no se han implementado modelos de gestión TI que afirmen procesos didácticos con herramientas de TI.	Se adolece de personal capacitado en el uso de herramientas tecnológicas, enmarcadas en TI, que sean multiplicadores de capacidades orientadas a la gestión del entrenamiento del personal de alumnos y practicantes.	En el corto plazo no se evidenciarán capacidades innovadoras, ni la creación de herramientas tecnológicas enmarcadas en TI, a mediano plazo, se seguirán usando estrategias convencionales sin el valor agregado que un modelamiento de gestión TI	La implementación de un modelo de gestión TI, que contribuya elementos tales como, manuales técnicos interactivos, que hagan uso de técnicas inteligentes de diseño y modelado de componentes en 3D, brindará al personal de alumnos capacidades y ventajas estratégicas en los

Síntomas	Causas	Pronóstico	Control de Pronóstico
		aportaría.	trabajos a realizar en las aeronaves.

*Nota.* Esta tabla muestra el diagnóstico inicial realizado en la organización para el planteamiento del problema, señalando los síntomas, causas, pronóstico y el control del pronóstico de la situación actual. Adaptado Learning communities and knowledge management in universities (p. 1-3), por V. Martínez y Prieto, 2021, Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingeniería del ICBI.

## **Formulación del Problema**

¿En qué medida la implementación de un modelo de gestión TI, basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada y procesamiento digital de señales, consentirá mejorar las tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico?

## **Delimitaciones**

El modelo de Gestión TI, basado en el MIL-STD, usando técnicas de realidad aumentada aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico y reparación se implementa teniendo en cuenta el contexto de los trabajos de mantenimiento aeronáutico. Con el fin de integrar la tecnología de la información en tareas de sostenimiento, buscando evaluar la adaptación de la RA, el control industrial automatizado y las disrupciones digitales presentes hoy en día, buscando optimizar los recursos y las herramientas de TI en el ámbito aeroespacial en Colombia.

## ***Contenido y Áreas Relacionadas***

Área Aeronáutica y aeroespacial: componentes aeronáuticos, específicamente el sistema de estabilizador de cola y el conjunto de actuadores de la aeronave Black Hawk UH-60 series.

Línea de investigación: Gestión de la innovación y del conocimiento.

Sublínea de investigación: Automatización y control industrial.

## ***Delimitación Espacial***

Es necesario resaltar que, la investigación aplicada se desarrolla en el laboratorio de aviónica de las instalaciones del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación de la Brigada de Apoyo y Sostenimiento del Ejército Nacional de Colombia, en Tolemaida - Nilo, Cundinamarca.

### ***Delimitación Temporal***

A partir de esto, la presente investigación aplicada se ejecutó en un año, a partir de su aprobación por parte del honorable Comité de Investigación de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Investigación de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), con el número de grupo asignado en el aula 5046.

### **Justificación.**

El modelo de gestión TI, busca beneficiar a estudiantes, talleres, empresas y en general al sector aeronáutico colombiano mediante un modelamiento que brinde soporte a los procedimientos de prueba, diagnóstico, reparación y entrenamiento del personal, que tiene poca pericia y realiza tareas de mantenimiento aeronáutico, minimizando recursos económicos y de tiempo. En consecuencia, esta investigación aplicada busca reducir costos al minimizar la dependencia tecnológica de los fabricantes de las aeronaves, la cual implica elevados precios por concepto de mantenimientos y envío de componentes al exterior. La aplicación de herramientas de TI en la consolidación de productos tecnológicos viables ahorra grandes sumas de dinero, al realizar diagnósticos, pruebas y reparaciones de manera local sin la necesidad de remitir componentes aeronáuticos a las casas fabricantes para su reparación.

En tanto, los costos que implica el mantenimiento aeronáutico son elevados, en términos de equipos, logística y tiempo que se emplea en dichas tareas, por lo que se requiere de numerosas horas hombre para realizar y seguir el paso a paso que sugiere el fabricante de la aeronave en los manuales técnicos destinados para cada tarea y la concordancia con las buenas prácticas de mantenimiento que recomiendan las autoridades aeronáuticas nacionales e internacionales (Muñoz y Sorzano, 2017).

Asimismo, se pretende enriquecer los laboratorios aeronáuticos mediante entornos

virtuales, de trabajo cooperativo, implementando estrategias de TI que agreguen valor al mantenimiento aeronáutico, modernizando los laboratorios con información virtual presente en los diagnósticos y pruebas que se hagan a componentes aeronáuticos. Es por este motivo que, siguiendo las indicaciones de los manuales del fabricante de cada aeronave, se integra un formato digital embebido en un modelo de gestión TI, evaluando la viabilidad, rentabilidad y usabilidad de herramientas disruptivas tales como, la realidad aumentada, IoT, inteligencia artificial y servicios en la nube, en el marco del mantenimiento aeronáutico.

Por consiguiente, la implementación del modelo de gestión TI en la Aviación de Ejército, genera una incursión de TI en los ambientes de trabajo aeronáuticos, laboratorios y talleres del país, contribuyendo con un ahorro importante en recursos económicos y de tiempo, pasando de diagnósticos, pruebas y caza fallas a instrumentos aeronáuticos, que cotidianamente podían tardar varias horas o incluso días, a pruebas diseñadas en un marco inteligente y con medios digitales, que minimizarán tiempos de ejecución al orden de minutos.

Por otra parte, en trabajos previos, que utilizan estrategias inteligentes de procesamiento automático, mediante el uso de herramientas disruptivas tales como, la realidad aumentada, que informan si hay fallas o potenciales errores al realizar una prueba, se comunica al operario de la máquina y se presentan avisos visuales con instrucciones adicionales que le permiten aprender en el trabajo, sobre la marcha, ahorrando tiempo valioso (Jayaweera et al., 2017).

En consecuencia, al tomar en consideración que el modelo de gestión integra la tecnología de la información al mejoramiento de la administración del mantenimiento aeronáutico, dicho modelo, incorpora procesos de diagnóstico y caza fallas, mediante el uso de TI, para alcanzar mayor eficiencia en la ejecución de tareas de sostenimiento, facilitando la gestión y control de los recursos aeronáuticos, brindando información objetiva que apoya en la

toma de decisiones de mantenimiento, tal como se evidencia en los resultados posteriores a la implementación de la propuesta tecnológica en este estudio.

De igual modo, las escuelas aeronáuticas se favorecerán directamente, podrán apoyar sus horas de entrenamiento cátedra, con medios multimedia y virtuales que afirmen el entrenamiento del personal y le brinden experticia a la hora de enfrentarse a componentes reales aeronáuticos. Es por esta razón que, en términos prácticos, se aporta al mantenimiento aeronáutico mediante un modelado de gestión TI, que integra componentes virtuales tridimensionales de piezas y elementos de medición que ofrecen soporte a la instrumentación digital de laboratorios aeronáuticos, disminuyendo el uso de múltiples tecnologías y equipos de medición que actualmente se requieren para realizar pruebas, diagnósticos y reparaciones.

En efecto, se espera aportar al conocimiento de la comunidad local científica, estudiantil y aeronáutica con artículos de interés en donde se expondrá el desarrollo e implementación del modelo de gestión de TI, sus alcances y aportes al conocimiento aeronáutico en la Aviación del Ejército colombiano, además se pretende en primera instancia, integrar en el mantenimiento aeronáutico mínimos productos viable que sean un soporte de valor y una herramienta estratégica para los trabajos aeronáuticos que se realice en los componentes definidos como equipos de prueba para la investigación.

A tal efecto, un modelo de gestión TI, integra tecnologías que interactúan con los entornos digitales, efectuando una transformación del universo virtual al mundo real, especificando la información, mejorando el conocimiento del entorno y permitiendo un mayor grado de comprensión de éste (Lozano, 2019). Para este fin, el modelo de gestión TI integra inicialmente, desde una perspectiva pedagógica y más aún desde una visión holística, el mantenimiento de componentes aeronáuticos supervisados por procesos automáticos,

minimizando el error humano y acrecentando la seguridad en los procesos (Ceruti et al., 2019), integrando estrategias de la tecnología de la información en medios digitales disponibles, para mejorar los procesos de mantenimiento, diagnóstico y prueba de componentes aeronáuticos.

De las evidencias anteriores, se desprende que, el entrenamiento del personal de alumnos que estudia mantenimiento aeronáutico requiere el uso de herramientas cada vez más pedagógicas, que combinen el conocimiento de materiales multimedia, bases de datos, internet de las cosas (IIoT), entre otros (Bedregal, 2017), aprovechando la disrupción digital, para generar conocimientos de valor.

Es por este motivo que, numerosos estudios sostienen, que el formato realidad aumentada, permite a los estudiantes posibilidades como; eliminar distracciones que pueda entorpecer la captación de la información significativa, por lo tanto, aumentar o enriquecer la información de la realidad para hacerla más comprensible al observar un objeto desde diferentes puntos de vista, así mismo, potenciar el aprendizaje ubicuo al crear escenarios “artificiales” seguros para el aprendizaje, además, enriquecer los materiales impresos con información adicional en diferentes plataformas y convertir al personal de alumnos en partícipes de los objetivos de aprendizaje en el formato realidad aumentada (Barroso et al., 2019; Cabero et al., 2016; Maiz et al., 2017; Roig et al., 2019).

En líneas generales, de lo considerado hasta ahora, es relevante mencionar que, el entrenamiento del personal aeronáutico es costoso y en muchas ocasiones requiere el desplazamiento a otras naciones con técnicas, métodos y equipos más avanzados, es por este motivo que, utilizando metodologías virtuales es posible dar acceso a un universo de capacidades que hacen más proactivo el aprendizaje y que admiten de manera virtual el acceso (Rodríguez, 2020).

Vinculado a esto, la realidad aumentada es una tecnología emergente que ofrece nuevas formas de educar, por esta razón, investigaciones realizadas hasta la fecha, constatan las profusas posibilidades que la realidad aumentada ofrece en el contexto educativo, abriendo un campo a explorar para la creación de un aprendizaje significativo (Barroso et al., 2019; Moreno y Pérez, 2017).

Aunado a esto, Blázquez (2017) sugiere que: “El ámbito educativo ha adoptado la realidad aumentada de manera permanente entre sus recursos tecnológicos. Son numerosas las aplicaciones educativas que tienen como base la realidad aumentada y que son utilizadas tanto en las aulas como fuera de ellas” (p. 25). Debido a esto, la realidad aumentada, trasladada al ámbito educativo, posibilita la integración al contexto real del aprendizaje de elementos u objetos tridimensional generados a través de dispositivos disruptivos, con el objetivo de ampliar y complementar los escenarios reales (Roig et al., 2019).

A partir de estas afirmaciones, se concluye que los altos costos de envío del personal para capacitación en el extranjero, al igual que, la capacidad adquirida en cuanto a entornos virtuales que se logra en la implementación de metodologías de la tecnología de la información dentro de la organización, con el uso de estrategias de realidad aumentada, no obstante, la seguridad en los procedimientos aeronáuticos alcanzada a partir de este estudio, dan valor a la propuesta de investigación.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Implementar un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados, basado en el MIL-STD.

### ***Objetivos Específicos***

Identificar estrategias inteligentes de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante mediante un modelamiento de gestión TI.

Modelar el ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales mediante el uso de herramientas de TI.

Evaluar el impacto del modelo gestión TI, usando RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI.

## Marco de Referencia

La realidad aumentada ha tomado un papel protagónico en las últimas décadas, no solo en el área lúdica y del entretenimiento, sino en múltiples espacios que van desde aplicaciones educativas, de ingeniería, arte, marketing hasta incluso estudios científicos y médicos (Ruiz, 2020). En enfoques previos, considerando los referentes bibliográficos, prevalecen antecedentes de la problemática de investigación asociada a este estudio, que arrojan hallazgos preliminares de interés, relacionados con la inclusión de la realidad aumentada, la realidad virtual, el procesamiento digital de señales, el internet de las cosas y la automatización industrial en tareas de diagnóstico, prueba y mantenimiento a componentes aeronáuticos (Bahamon y Velásquez, 2020; Bonvin et al., 2019; Mora, 2020; Quintero et al., 2021; Romero, 2021).

Aunado a esto, la realidad aumentada, es un concepto que se encuentra en exploración en este momento, dado que posibilita la inclusión de elementos virtuales en tiempo real desde entornos físicos aplicables al soporte aeronáutico y a múltiples entornos en la industria contemporánea (Romano et al., 2021). En tanto, un modelo de gestión TI, apoyado en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamientos digital de señales e imágenes, requiere una considerable inversión en tiempos de diseño y en la elaboración de modelos CAD, para efectuar aproximaciones virtuales al prototipado de componentes aeronáuticos reales en 3D, que se integren dentro de un sistema automático de prueba y diagnóstico.

Por ello, a pesar de los esfuerzos requeridos en entrenamiento y uso de tecnología, los resultados alcanzados mediante un modelo de gestión TI, de este tipo y con los alcances propuestos en este estudio, prometen ser una solución económica y sostenible en el mediano y largo plazo. Por otro lado, las operaciones militares, afrontan diversos retos en escenarios agresivos de trabajo, esta situación ha llevado a la implementación de sistemas digitales

integrados, que brinden soporte estratégico al personal militar, en el evento de enfrentar un ambiente o terreno desconocido y hostil.

Al respecto, publicaciones realizadas en la Universidad Nación de la Plata, en Buenos Aires Argentina, se ha probado en detalle la aplicabilidad de la realidad aumentada como un elemento de representación virtual, que mejora el entrenamiento del personal militar a la hora de enfrentarse a teatros reales de combate en diferentes escenarios y terrenos (Mitaritonna et al., 2020).

Si bien es cierto que, el mantenimiento aeronáutico requiere que los especialistas en el sostenimiento y la reparación de componentes sigan el paso a paso, con indicaciones detalladas, consignadas en los manuales del fabricante, es necesario resaltar que, dichas instrucciones generalmente son textos de consulta contenidos en extensos libros o en archivos con formato “.pdf”. Es así como, el modelo de gestión TI, pretende optimizar los recursos existentes y utilizar las disrupciones digitales, a las que se tiene acceso, con el fin de optimizar espacio, tiempo y recursos económicos a la hora de realizar un mantenimiento aeronáutico con los más elevados estándares de calidad (Ferreira, 2018).

Por otra parte, el diseño de sistemas de prueba y diagnóstico de equipos aeronáuticos, de fabricantes tales como: Honeywell, Lockheed Martin, Airbus, Boeing, entre otros, emplean algoritmos de alto nivel, realizados en software de desarrollo avanzado, por ello, esta investigación se vale de sistemas de prueba, utiliza equipo de adquisición de datos DAQ, fuentes de voltaje, cámaras, sensores e instrumentación con especificaciones de uso en laboratorio y militares. Es probable que, diseños de este tipo se emplazados en bancos de prueba que manipulan instrumentación virtual en plataforma de desarrollo de sistemas automáticos, tales como, LabVIEW y SolidWorks (Rivera y Gedeon, 2019; Torres, 2019).

Dicho brevemente, el modelo de gestión TI, está orientado a sistemas de prueba y diagnósticos automatizados, que admitan el uso de bases de datos, información en la nube, inteligencia artificial, automatización y control industrial, entre otros y entreguen al operario, información relevante a la hora realizar un diagnóstico y prueba. No obstante, en exploraciones previas consultadas, el enfoque fue regido por un análisis a nivel de variables locales, tales como voltaje, frecuencia y corriente, a modo de elementos principales de medida (A. Hernández, 2013), pero no se introdujeron cálculos que utilicen procesamiento digital de imágenes o estrategias de realidad aumentada para evaluar sistemas de prueba.

### **Estado del Arte**

Al realizar una exploración del estado del arte en el área específica de la realidad aumentada y su aplicación al mantenimiento aeronáutico, se reconoce que ésta ha ganado popularidad en las últimas décadas, se desarrollan múltiples proyectos y estudios que proporcionan resultados, paradigmas y criterios de comparación (Cárdenas y Jaimes, 2019; Ceruti et al., 2019; Luque, 2020; Mora, 2020; Romero, 2021). De esto se desprende que, para elaborar la actual investigación, se tuvieron en cuenta análisis previos y proyectos en entornos de realidad aumentada y realidad virtual en ambientes aeronáuticos e industriales.

En primer lugar, al consultar algunos referentes internacionales de problemáticas similares a las planteadas, se identifican posturas como la de Serván et al. (2015), quienes sugieren que:

La realidad aumentada es una tecnología que ha sufrido una gran evolución en los últimos años y su campo de aplicación es muy amplio, incluyendo a la industria y en especial a la industria aeronáutica. Airbus Defense and Space ha desarrollado algunos proyectos y obtenido algunas patentes para el uso de esta tecnología en entornos industriales

aeronáuticos, y especialmente para proporcionar soporte al montaje de aviones. (p. 1)

De la misma forma, se han realizado esfuerzos desde el 2007 con universidades y centros de investigación, para integrar la realidad aumentada dentro de los procesos de mantenimiento aeronáuticos, es así como el proyecto CALIPSOneo, que inició en 2012 representa este esfuerzo, integrando la digitalización de instrucciones técnicas en el montaje de equipamiento aeronáutico. Teniendo en cuenta a Serván et al., en el área aeronáutica los estudios de realidad aumentada se han centrado en los dispositivos, las aplicación y comunicación entre sistemas, dando valor al mantenimiento aeronáutico y a los procesos de entrenamiento del personal técnico.

Por ello, uno de los principales esfuerzos en diseño de CALIPSOneo, está orientado a la creación de una maqueta digital industrial, dicha plataforma integra la información que se genera y utiliza en el diseño de una aerestructura, en consecuencia, esta contribución es interesante, aunque adolece de comunicación en tiempo real con sistemas de prueba automáticos, que realicen procesamiento digital de señales y adquisición de datos en tiempo real.

Dentro de este marco, en publicaciones elaboradas por la Universidad del País Vasco, se informa que, desde la industria aeronáutica, compañías como Boeing y Airbus han ejecutado adelantos significativos al integrar la realidad aumentada en los procesos de mantenimiento y entrenamiento (Maiz et al., 2017).

Mientras tanto, en el segmento empresarial aeronáutico, específicamente en la empresa Boeing, Arce (2015) menciona que:

Dentro de la empresa aeronáutica Boeing un grupo de personas está desarrollando una tecnología de realidad aumentada para guiar a un técnico en la construcción de un arnés de cableado que forma parte del sistema eléctrico de un avión, guardar estas instrucciones en forma electrónica ahorra espacio y reduce los costos. Actualmente, los técnicos

utilizan grandes tableros de diseño físico para la construcción de tales arneses y Boeing requiere varios almacenes para acumular todos estos. (p. 19)

Además, desde la mecánica aeroespacial, principalmente en la fabricación de componentes aeronáuticos, se usan modelos CAD que son implementados por medio de aplicativos de software y escenarios representados en realidad aumentada y realidad virtual, al respecto, se informa en las referencias bibliográficas que, compartir contenido en 3D basados en estándares abiertos de programación y software, es una excelente oportunidad para dar a conocer los productos sin una inversión económica específica (Maiz et al., 2017), muchos de estos esfuerzos se lideran por estudiantes y grupos de investigación, mostrando prototipos funcionales, mediante representaciones virtuales de bajo costo.

De manera similar, se identifican casos de éxito innovadores, dada la comercialización masiva de drones y aeronaves pequeñas no tripuladas (UAV), en tanto con la incursión de esta tecnología en tareas de inspección visual detallada, en las superficies internas y externas de aeronaves, especialmente cuando estas son de gran tamaño, la detección de defectos mediante el procesamiento digital de imágenes y el uso de técnicas de realidad aumentada para la gestión de trabajos planificados y no planificados, permite conectividad entre el equipo colaborativo de trabajo y genera una gran agilidad en las labores de mantenimiento, sin perder de vista la calidad en los trabajos (Romero, 2021).

Así mismo, integraciones tecnológicas efectuadas por la Universidad Politécnica de Madrid, en el proyecto denominado DAR, que incluye drones y realidad aumentada, han alcanzado herramientas digitales y de procesamiento de información, que están revolucionando la industria aeronáutica, integrando nuevas tecnologías en proyectos que buscan identificar superficies aeronáuticas defectuosas, Alcaide (2020), considera que: “Dos de los retos

importantes de este proyecto son el posicionamiento en interiores para el seguimiento de las trayectorias de inspección y la detección automática de los defectos superficiales” (p. 27), obteniendo reconocimientos visuales, compatible con vuelos de drones en el interior y exterior de los hangares, con una precisión del orden de centímetros.

De igual modo, las ayudas textuales elaboradas en formatos multimedia, dirigidas a usuarios finales con información gráfica relevante, incorporan una ventaja estratégica en el ámbito operacional militar, tanto en actividades de entrenamiento y mantenimiento, así como de despliegue en el teatro de operaciones. Desde este punto de vista, un modelo de gestión TI apoyado con elementos de realidad aumentada y realidad virtual, integrarían técnicas avanzadas de presentación de información contextual, que mejora la conciencia situacional y la información externa que el personal militar requiere (Fornetti y Martello, 2019).

Por otra parte, con los avances informados y dada la incursión de la realidad aumentada en el espacio aeronáutico y aeroportuario, el sector de la aviación civil, optimiza costos y mejora la eficiencia de los servicios, integrando tecnologías disruptivas en diferentes áreas, no obstante, las torres de control de los aeropuertos están equipadas con tecnología de punta que poco a poco será actualizada, entre estas se cuentan; radares, elementos de radioayudas y comunicaciones, que en un futuro cercano concentrarán instrumentos provistos de realidad mixta, con ayudas visuales que apoyen el tráfico aéreo.

Por tanto, se trata de herramientas contemporáneas en las que la realidad aumentada y la holografía cobrarán importancia frente a los artefactos y ordenadores típicos, integrando la información del mundo virtual y real (García, 2017). Desde esta perspectiva, en el ámbito nacional, referentes que aborden problemáticas equivalentes a que las que se plantean en esta investigación, apuntan a estudios que pretenden determinar la aplicabilidad de herramientas tales

como, la realidad aumentada y virtual, en la evaluación de la interacción visual, auditiva y sensorial a la que están expuestos los pilotos de aeronaves no tripuladas (UAV), durante las diferentes misiones en la Fuerza Aérea Colombiana (Cárdenas y Jaimes, 2019), así mismo, se pretende evaluar, las habilidades motoras y psicológicas en la toma de decisiones, en operaciones militares.

En pocas palabras, los objetivos del análisis de Cárdenas y Jaimes son determinar la aplicabilidad de las tecnologías de realidad aumentada y virtual, en el entrenamiento de pilotos, analizar la permeabilidad de estas tecnologías en el ejercicio aeronáutico, realizar análisis metodológicos y determinar la posible reducción de costos mediante la adopción tecnológica, para el entrenamiento del personal. De las evidencias anteriores, los autores concluyen que; aunque hay una resistencia del personal a la aceptación de nuevas tecnologías, en general hay asentimiento a la combinación de herramientas disruptivas para fines de entrenamiento y simulación aeronáuticos.

En síntesis, iniciativas como las señaladas hasta el momento, implican un ahorro económico considerable y un factor a favor de la independencia tecnológica de las casas fabricantes. En tanto, la adopción de estas tecnologías beneficia a las fuerzas armadas y optimiza los recursos del estado (Bahamon y Velásquez, 2020). Simultáneamente, desde la Universidad Militar Nueva Granada, se han evaluado alternativas, tales como, simuladores de vuelo integrando realidad aumentada, haciendo énfasis en el contexto regional y dadas las regulaciones aéreas latinoamericanas (Cárdenas y Jaimes, 2019).

De la misma forma, los simuladores de vuelo, que se usan actualmente en la aviación, se han convertido en un paradigma internacional cotidiano, que constituye una práctica indispensable en el entrenamiento de la tripulación y en el aprendizaje (López, 2019), no solo en

nuestra región, sino también en el contexto internacional. Citando a Otalora (2013):

La simulación por medio de la tecnología de la realidad virtual es una herramienta útil para desarrollar en un usuario una serie de habilidades físicas y mentales por medio de la estimulación de los sentidos. Es entonces como desde el punto de vista de la educación, los simuladores de vuelo tienen un componente lúdico importante que permiten prácticas de tipo análogo, donde las experiencias en entrenamientos simulados no se quedan solo en la virtualidad, sino que debido a la manipulación del sujeto existe una transferencia de habilidades objeto del entrenamiento. (p. 12)

Debido a esto, la Armada Nacional de Colombia, consiente de la permeabilidad de las tecnologías emergentes aplicadas al entrenamiento del personal, como herramientas tales que favorecen el proceso educativo, ha integrado contenidos multimedia con elementos de realidad aumentada, para instruir a los alumnos en el reconocimiento de los diferentes componentes de la estructura de las naves con que cuenta (H. Álvarez, 2019).

En sondeos preliminares, referentes a la utilización de sistemas de prueba automáticos en la aeronáutica, en un trabajo de pregrado titulado: Automatización del banco de prueba y precaución, Test Bench correspondiente al panel de advertencia y aviso de fallas de los Helicópteros Black Hawk Uh-60L, se implementó un software con fines académicos, aprovechando la plataforma de programación LabVIEW (A. Hernández, 2013), dicho esfuerzo, abordó el problema del procesamiento de datos aeronáuticos, aunque no incorporó herramientas de tecnología de la información en la presentación y análisis de datos obtenidos.

En resumen, los resultados obtenidos en esta investigación incluían, un software elaborado en LabVIEW con una interfaz gráfica que pretendía realizar mediciones de voltaje y corriente en las cápsulas del Panel de Precaución y Advertencia de la aeronave UH60-L del

Ejército Nacional de Colombia, al igual que en el Máster Warning Panel. Dichas mediciones, se ejecutaron aisladamente y no fueron embebidas en un sistema automático de pruebas, que beneficie en la toma de decisiones o el uso de inteligencia artificial. En efecto, no se facilitó una asistencia en temas de diagramación de piezas y componentes modelados en 3D con el fin de localizar fallas en el módulo electrónico del dispositivo aeronáutico.

Es posible condensar lo dicho hasta aquí, informando que, en los casos de estudio mencionados, en el ámbito regional, nacional e internacional se evidencia que no hay precedentes de modelos de gestión TI, que integren el alcance del producto que se pretende generar, los resultados previos se aprovechan y son tenidos en cuenta. Por tanto, el producto a ser generado no tiene antecedentes en la literatura consultada y constituye una propuesta de valor frente a los casos de estudio analizados.

Se admite por el momento que, en la búsqueda de antecedentes directos a nivel nacional e internacional, se han comprobado múltiples publicaciones con afinidad a temáticas tales como, la realidad aumentada y virtual (Cárdenas y Jaimes, 2019; Cuertán, 2021; Macana y Quiroga, 2019; Mitaritonna, 2019; Serván et al., 2015). En contraste con lo expuesto, se observan pocas divulgaciones relacionadas con la incursión de realidad aumentada en el mantenimiento aeronáutico colombiano y aún menos con relación a un acercamiento de un modelo de gestión TI que aborde problemáticas de este tipo. A tal conclusión se llegó, luego de realizar una exploración bibliográfica en fuentes científicas tales como: Virtual LRC.com, HighBeam, Academia.edu, Google académico, Journ, RefSeek, Springer, Base, Eric, entre otras.

A partir de estas afirmaciones se sugiere que, el modelo de gestión TI, propone incorporar sistemas automáticos de prueba, embebidos en lazos de control cerrados, mediante algoritmos diseñados en LabVIEW, que conciben el uso de inteligencia artificial, para adquisición de

información, acondicionamiento de señales, transformaciones de indicaciones análogas a digitales, escalamiento y presentación de datos. De manera similar, con la aplicación de instrumentación de laboratorio, de diversos fabricantes y el protocolo de comunicación estándar GPIB, utilizando el software LabVIEW, se pretende controlar y administrar variables de entrada y salida de sistemas automáticos (D. Torres, 2019), haciendo uso de herramientas diversas de la tecnología de la información.

A priori, al análisis bibliográfico disponible sobre el tema, a nivel nacional, se corrobora la existencia real de un vacío en el conocimiento, basado en dos premisas; la primera, que los desarrollos precedentes en cuanto a modelos de gestión TI para componentes aeronáuticos son escasos y hay pocas opciones a la hora de adquirir sistemas de prueba que cumplan las especificaciones técnicas del fabricante de las aeronaves. En segundo lugar, la compra de un sistema de análisis y control es costosa y aún más, si está diseñado en entornos automatizados empleando tecnologías disruptivas y herramientas de TI.

### **Marco Teórico y Conceptual**

La instrumentación virtual se encuentra a la vanguardia de la tecnología comercial, militar y aeroespacial, ésta ha avanzado tan rápidamente que en muchos casos supera la frecuencia y resolución de los instrumentos convencionales, empujando los límites de la tecnología digital (Rovira y Peres, 2022). Dentro de este marco, es importante tener en cuenta que el hardware por sí solo no permite una medición, es el software el corazón de cada sistema de medición y al ser creado para operar en entornos comerciales, la interfaz de usuario embebida en la TI, permite realizar la integración entre hardware y software para alcanzar un verdadero poder operativo en aras de un aumento significativo de productividad (Lozano, 2022).

En efecto, el desarrollo avanzado y las nuevas tecnologías digitales aplicadas a los

sistemas de radioayudas, navegación, instrumentos y radar en el área militar y aeroespacial exigen la creación de novedosos y modernos laboratorios, que combinen la flexibilidad de los lenguajes de programación con el poder de herramientas de ingeniería avanzada para adquirir, analizar, presentar mediciones y señales en tiempo real (Villacreses, 2021).

En paralelo, se propone integrar técnicas de realidad aumentada desde un enfoque pedagógico y más aún desde rutinas de prueba automáticas a procesos de diagnóstico y caza fallas en componentes aeronáuticos. De acuerdo al estudio realizado por Eschen et al. (2018), se destaca que: “El avance técnico ha llevado a la disponibilidad de sistemas potentes y de precio razonable, en la realidad aumentada (RA) y los dispositivos de realidad virtual (RV) para el uso en el mercado de consumo” (p. 156). De esto se desprende que, los términos realidad aumentada y realidad virtual son muy utilizados en la actualidad, pero sus usos originarios se remontan a inicios de 1956, donde se empleó una primera aproximación a la RV por parte de Morton Heide, en un simulador de una motocicleta (Sanchis, 2019).

Luego, fue hasta 1968 cuando Iván Sutherland diseñó su primer prototipo de gafas de RA que incluían elementos de audio y de visión (Solano, 2014). No obstante, la realidad aumentada es una derivación de la realidad virtual (VR), la cual sumerge por completo al individuo en un entorno virtual y aislado de la realidad (I. Basco et al., 2018), por otro lado la realidad aumentada, toma elementos diseñados artificialmente y los sobrepone al mundo real, enriqueciendo la información mediante una superposición híbrida de elementos en 2D y/o 3D (Fornetti y Martello, 2019), manipulando sonidos y video que interaccionan con el mundo real, mostrando información relevante de variables reales que intervienen al momento de hacer uso de ella. A continuación, dentro del marco conceptual, se precisan percepciones rectoras que guían el actual estudio.

### ***Definición Formal de Modelo***

En la definición del concepto de modelo, se parte de las consideraciones de Espitia (2017), quien postula que: “Un Modelo es un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo” (p. 3), en tanto, desde el punto de vista metodológico, el modelo es un conjunto de técnicas que guían una investigación o desarrollo empleando consideraciones, medidas, definiciones, etc. (Marciszack et al., 2019). Vinculado a esto, se entiende el modelamiento como una guía para la implementación de los diferentes procesos de ingeniería, tecnología de la información y procesamiento digital de señales e imágenes, enmarcado en el uso de herramientas disruptivas que dan valor a la gestión del conocimiento.

Aunado a esto, Durán et al. (2019), argumentan que: “Se usan modelos para representar tanto los sistemas, como los propios artefactos de software” (p. 9), desde esta perspectiva, los modelos tratan aspectos definidos del sistema, que se especifican en conceptos más elevados y abstractos de forma independiente a la tecnología con que se está llevando a cabo la implementación (Santiesteba, 2018). Por otro lado, Piattini y Garzás (2015) agregan que: “Cada modelo trata un aspecto del sistema, que puede ser específico a un nivel más elevado de abstracción y de forma independiente de la tecnología sobre la que se implanta... Los modelos son los verdaderos artífices de su funcionamiento final” (p. 117).

Lo anteriormente expuesto sugiere que, luego de definir un modelo, no es necesario empezar desde cero cada vez que se quiere plantear un nuevo proyecto a realizar, por ende, el mantenimiento a los artefactos se simplifica en gran medida de manera sencilla. Al respecto, es posible definir un modelo, como la abstracción simplificada de un concepto traído del mundo real (Piattini y Garzás, 2015). En líneas generales, en el contexto de TI se considera un modelo, como la descripción de un objeto o sistema concreto, al discurrir que se trata de una

especificación o representación de ese, desde un determinado punto de vista, expresado en un lenguaje bien definido y con un propósito determinado (Durán et al., 2019).

Así mismo, estimado como una representación de una parte funcional de un sistema, el modelo se erige desde un punto de vista estructural y se expresa con la finalidad de analizar la naturaleza del sistema que representa, se apoya en hipótesis o supuestos basados en fenómenos reales (Lazarte, 2016). De la misma forma, los modelos describen aspectos únicos y particulares de un sistema, especificando su propósito, en niveles de abstracción adecuados en tanto, su representación puede ser gráfica o textual, usualmente en la descripción de modelos se utilizan lenguajes con un nivel de ensimismamiento elevado, estos manejan conceptos más cercanos al dominio de la aplicación en su implementación (Jácome y Lara, 2019).

Por último, entre las características más importantes, que miden la eficiencia y eficacia de un modelo se cuenta, el nivel de abstracción, que deja ver y destaca los detalles más esenciales, el ser comprensible y entendible para los usuarios finales, toda vez que es preciso, al reflejar correctamente las características de interés del sistema (Jiménez y García, 2019). Así mismo, se determinan por ser susceptibles a la evolución, ser económicos, predictivos y adaptables, sin dejar de lado la calidad (Callejas et al., 2017; Durán et al., 2019; Zumba, 2018).

### ***Diseño de Investigación***

En términos generales, la investigación es definida como: “El conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema con el resultado (o el objetivo) de ampliar su conocimiento. Esta concepción se aplica por igual a los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto” (Sampieri y Mendoza, 2018, p.39). Al respecto, Morales (2014) afirma que: “Desde el punto de vista puramente científico, la investigación es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas,

mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes” (p. 1).

En resumen, numerosos inconvenientes especificados en una investigación, radican en la dificultad para seleccionar el diseño con el que se busca dar respuesta a la problemática de estudio, para evitar desencadenar esfuerzos vanos a la hora de abordar y resolver un problema, la selección del mejor diseño depende en gran medida de la pregunta de investigación, los objetivos y las hipótesis a contrastar (Suárez et al., 2016). Debido a esto, el diseño de investigación es una planificación que guía los diversos métodos y técnicas empleadas coordinadamente, para lograr los objetivos del estudio (González y Hernández, 2017), por ello es de suma importancia la planeación estratégica a la hora de abordar un paradigma enfocado al diseño investigativo.

En este contexto, desde la perspectiva estadística, proponen Flores et al. (2018) que:

El apartado de análisis estadístico es básico en el protocolo de investigación, por lo que siempre debe estar presente. Este apartado se puede dividir en dos grandes componentes: el análisis descriptivo y el análisis inferencial. Si bien el análisis estadístico sirve al investigador para la comprobación de sus hipótesis, debe ser utilizado de manera apropiada de acuerdo con los objetivos y el diseño del estudio. (p. 365)

A partir de estas afirmaciones se sugiere que, ambos análisis, tanto el descriptivo como el inferencial, son el resultado de la revisión de los datos obtenidos a partir de una muestra, es así como, se tendrá que extraer un prototipo de la población y plantear si en último término el estudio se va a limitar a describir o conocer elementos que conforman dicho modelo (Lafuente y Egoscozábal, 2008). De manera semejante, una inferencia es la elaboración de conclusiones a partir de pruebas que se realizan con los datos obtenidos de una muestra (Flores et al., 2017).

De igual forma, las pruebas estadísticas tienen como finalidad establecer la probabilidad de que una conclusión obtenida a partir de una muestra sea aplicable a una población, empleando las palabras de Gamboa (2017): “Existen reglas básicas para el diseño de los modelos estadísticos. Entre ellas destaca el hecho de lograr la representatividad de la muestra seleccionada en función del contexto y la finalidad de la investigación" (p. 6).

Sin embargo, elegir la prueba estadística adecuada representa un reto para la investigación, en términos generales se deben tener en cuenta; el diseño de la investigación, el número de mediciones y la escala de medición de las variables (Florez et al., 2017).

### ***Enfoque de Investigación***

El quehacer investigativo es un proceso riguroso, reflexivo, sistemático, controlado y crítico que tiene como finalidad, investigar un fenómeno y dar solución a una problemática (Hurtado, 2020). Es necesario resaltar que este proceso es metódico, organizado y garantiza la generación de juicios lógicos de valor y posibles soluciones viables encaminadas a generar y producir conocimiento (Otero, 2018). Además, es decisivo definir un método que permita dirigir esfuerzos de manera adecuada y eficiente para alcanzar los objetivos, debido a esto, surge el concepto de enfoque de investigación, que sirve de ruta para lograr los objetivos propuestos en un estudio (Camacho et al., 2019).

Vinculado a esto, se debe considerar el enfoque cuantitativo, sus orígenes se remontan a los imperios griegos y romanos, que apoyaron sus premisas y observación con descripciones numéricas, para empezar, en el siglo XV y XVI, con el nacimiento de la ciencia moderna, las mediciones de los fenómenos naturales se sustentaron con un detallado y riguroso análisis numérico, dejando de lado la subjetividad, precisando los hechos observables de manera concreta (Hernández y González, 2020). Después, el renacimiento, el positivismo y neopositivismo,

aportaron fuertes herramientas en el diseño del enfoque cuantitativo para la investigación (Corona, 2016), por ende, el conocido método científico tiene sus bases en el enfoque cuantitativo de la investigación (Azüero, 2019).

Por otro lado, los estudios bajo el enfoque cuantitativo, se denomina así por su referente a fenómenos que son medibles y admiten la posibilidad de utilizar técnicas estadísticas para su análisis y unificación, a juicio de Sánchez (2019):

Su propósito más importante radica en la descripción, explicación, predicción y control objetivo de sus causas y la predicción de su ocurrencia a partir del desvelamiento de las mismas, fundamentando sus conclusiones sobre el uso riguroso de la métrica o cuantificación, tanto de la recolección de sus resultados como de su procesamiento, análisis e interpretación, a través del método hipotético-deductivo. (p. 104)

En este mismo contexto, la población, el sujeto y la muestra son los instrumentos utilizados por la investigación cuantitativa (Tacillo, 2016), en tanto, la metodología cuantitativa, cuenta con varios pasos para inferir resultados, estandarizar procesos y evitar sesgos, tentativamente estos pasos son el problema, diseño, recolección, análisis, interpretación y diseminación (Durán, 2019). De igual modo, el método y las técnicas empleadas por el enfoque cuantitativo incluyen, la selección de metodología de investigación, las tecnologías y herramientas de recolección, el análisis de la información y la manipulación de las preguntas de investigación para convertirlas en variables que posteriormente harán parte del muestreo (Galeano, 2020).

Es probable que, en el modelo de gestión TI, basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, se implementen modelos de aceptación tecnológico con

el fin de recolectar información de una muestra significativa de técnicos, inspectores, especialistas aeronáuticos y estudiantes, respecto a la experiencia en el uso de modelos de realidad aumentada, considerados en el mantenimiento de las aeronaves, a partir de esto, se analizan diversas variables, tales como, la facilidad percibida, la utilidad, la actitud hacia el uso y el ahorro en tiempo para realizar dichas tareas.

### ***Entornos Automatizados***

Los entornos automatizados son cada día más utilizados en la industria, poseen la capacidad de procesar grandes volúmenes de información e integrarla en un sistema, de manera semejante, ejercen control sobre el tráfico de información en entornos interactivos, diseñados para controlar y crear un flujo de datos, mediante una interfaz hombre–maquina, de manera local o remota, controlando y operando los procesos en tiempo real (Bohórquez et al., 2021). Es por ello por lo que, una característica de los sistemas de control es la redundancia que llevan implícitos en su diseño, dicha característica los dota de robustez y fiabilidad (Rivera y Gedeon, 2019).

Entonces, mediante el uso de máquinas, los entornos automatizados, implementan operaciones ordenadas según un flujo programado, con el uso de dispositivos y sistemas que controlan las variables del proceso, en tanto, en las técnicas de automatización, convergen generalmente la mecánica, el procesamiento digital de señales y la tecnología de la información, entre otros, para la optimización de procesos (Carrera, 2021).

Es así como los métodos innovadores implican estrategias que requieren un aprendizaje tecnológico por parte del área de ingeniería, las industrias requieren automatizar y enfatizar en la integración para ofrecer una solución de valor e integral (De La Espriella, 2020).

## *Entornos Virtuales*

Los entornos virtuales implican ámbitos de estudio relacionados con la comunicación hombre-máquina, encaminados a las interacciones que pueden realizar los individuos al operar dispositivos, videojuegos, plataformas, entre otros. Si bien es cierto que, dichos ambientes virtuales cada día toman mayor importancia (Berenguel et al., 2018), por tal razón, variados estudios se centran en los distintos tipos de interacciones que se pueden producir entre el usuario y el entorno virtual, es posible evidenciar ambientes virtuales generados desde plataformas de bajo costo, especialmente en dispositivos tipo Smartphone o Tablet (Selzer et al., 2018).

Sin embargo, para otros autores, el concepto de entorno virtual, se utiliza al definir una visión a través de dispositivos digitales tecnológicos, de una manera directa o indirecta, en el mundo real (Berrios, 2020), no obstante, hay una combinación de elementos reales y virtuales que generan una realidad mixta en tiempo real (Martín, 2019). Dicho de otro modo, los entornos virtuales sobrepunen datos virtuales en el mundo real, por tanto, la realidad aumentada permite combinar elementos físicos reales con información presente en entornos virtuales (Rigueros, 2017).

Es así como, la realidad virtual genera inmersión total en el entorno artificial, al respecto, el termino inmersión se utiliza en la industria cinematográfica y significa introducirse por completo en un mundo artificial, desde la posición de Bockholt (2017):

En el contexto de la realidad virtual, la inmersión se produce cuando el usuario se olvida de que está en un mundo artificial; es decir, lo vive con los cinco sentidos y, a diferencia de la inmersión cinematográfica, interactúa con el entorno virtual. (p. 2)

### ***Modelamiento de Componentes Aeronáuticos en 3D***

En la construcción de modelos tridimensionales realistas, aplicables a implementaciones en realidad aumentada, se usan paquetes de simulación y parametrización, bajo los cuales, se somete un componente aeronáutico a análisis (Escobar y García, 2016), por otra parte, plataformas como SolidWorks, proporciona herramientas de modelamiento integral, visualización, diseño de ensamble y desensamble, simulación de fatiga en sistemas compuestos, al igual que herramientas de integración de aplicaciones mecánicas con software de automatización y control como LabVIEW (Asqui, 2020). De igual manera, otros autores han argumentado que:

SolidWorks es un software CAD (diseño asistido por ordenador) para el modelado mecánico en 2D y 3D, cuya primera versión fue lanzada en 1995 con el objetivo de acercar la tecnología CAD al usuario.

Este programa permite el modelado de piezas, conjuntos y la extracción de ellos de planos técnicos y otro tipo de información necesaria para la producción, por lo que hoy en día es fundamental en el mundo de la ingeniería. (Juárez, 2017, p. 11)

De manera semejante, en el modelamiento de componentes aeronáuticos en 3D se implementan diseños en SolidWorks, aplicaciones de automatización de diseño mecánico, que permite croquizar ideas y diseños con rapidez, experimentar operaciones, definir cotas y producir modelos y dibujos detallados en 2D y 3D (Bermúdez, 2019).

Adicionalmente, para realizar el modelamiento de componentes se establecen herramientas como eDrawings, de acuerdo con Queiroz y Simão (2021), dicha herramienta funciona como un visor de documentos sólidos en 3D, permitiendo determinar las diferentes

piezas que conforman un modelo, a la vez que, cuenta con herramientas de realidad aumentada y virtual embebidas.

No obstante, se aborda en este estudio la usabilidad de mecanismos simulados en SolidWorks, partiendo del diseño de componentes aeronáuticos que ya han sido creados previamente por el fabricante de la aeronave, simulando el ensamble de estos a partir del manual del fabricante de las aeronaves pertinentes. Al mismo tiempo, se integran en librerías de diseñado en eDrawings, dicho de otro modo, los ensambles de componentes aeronáuticos dan una aproximación real a los elementos que conforman el diseño (García y Restrepo, 2019), en tanto, aportan y dan valor en la instrucción, a partir de la operación de los modelos reales, en estos se puede apreciar y diferenciar correctamente las piezas mediante simulaciones con movimiento (Peña y Vélez, 2019).

### ***Modelo de Gestión TI***

El término modelo, proviene del concepto italiano de “modello”, esta palabra suele usarse en distintos ámbitos y con diversos significados (Vallejo et al., 2017), por otro lado, en los años ochenta se generó la fuerte conciencia de la dependencia de la informática y de las necesidades de contar con servicios informáticos de calidad (Gallego, 2018), por lo cual en las últimas décadas se han venido desarrollando metodologías con el fin de estandarizar y garantizar una entrega eficiente de los servicios de TI, buscando siempre gestionar las competencias y recursos para entregar servicios de óptima calidad.

Mientras tanto, el concepto de gestión viene del latín "gestio", hace referencia a la acción o efecto de administrar o gestionar (Vallejo et al., 2017), versa sobre la necesidad de orientar los esfuerzos al logro de los objetivos de un negocio, en tanto, las operaciones en las organizaciones a nivel global, dependen de los sistemas tecnológicos cuya gestión adquiere una connotación de

gran importancia a nivel de gerencia estratégica, por ende, la organización no solo debe velar por el negocio como tal, sino también, por el mantenimiento y operación de las tecnologías de la información y comunicaciones.

Dicho brevemente, la gestión es la base de un marco de referencia que establece lineamientos para la dirección, planeación, ejecución, seguimiento y control en los procesos de una organización (Almanza y Quiñones, 2020), aunque dicho marco de referencia posee sistemas con múltiples aristas e interacciones. Por lo tanto, está conformado por un conjunto estandarizado de prácticas que establecen sistemáticamente la cultura organizacional, permite mantener su competitividad en un mundo cada vez más globalizado y hace uso de herramientas tecnológicas de última generación, para transformar y comunicar la visión, la misión, vinculando objetivos e indicadores estratégicos en una cultura de la seguridad operacional aeronáutica (Lésmes, 2021).

De manera semejante, el modelo de gestión TI, pretende participar en la mejora continua de la calidad de los servicios ofrecidos por el área de TI, tanto desde la perspectiva del cliente como desde la óptica organizacional aeronáutica (L. Quintero, 2020). Es posible condensar lo dicho hasta aquí aseverando, que la buena marcha de las organizaciones, depende en gran medida, de los sistemas tecnológicos, cuya gestión adquiere una importancia vital, debido a esto, los responsables de las organizaciones, no solo deben proponer el tema de los negocios, sino que también deben distinguir temas vinculados a la TI (Villar, 2020).

Es así como, desarrollar competencias y habilidades en temas de gestión de proyectos de TI es de suma importancia para cualquier organización en medio del entorno agresivo de competitividad, en tanto, el no asimilar los marcos de referencia de gestión de TI, puede constituir una desventaja estratégica para la organización (Calderon, 2020). En otras palabras,

un modelo de gestión comprende, un conjunto integrado de procesos dentro de una organización, diseñados para agenciar y desarrollar buenas prácticas, esta habilidad se basa en la obtención de mejores resultados con ejecución de estrategias colaborativas en pro de alcanzar las metas organizacionales.

En última instancia, el modelo de gestión busca recabar y organizar el conocimiento existente, integrando buenas prácticas de gestión TI (Arteaga y Pazmiño, 2018), para alcanzar un mejor desempeño del negocio mediante la innovación, la generación de procesos de mejora continua, la contribución al desarrollo profesional de las personas, la organización y la toma de decisiones de forma objetiva (Cabrera et al., 2020).

Aunado a esto, las políticas de gobierno digital que competen al Ejército Nacional de Colombia se cimentan en el marco legal descrito en el decreto 1008 del 2018, tal como expresa JEMPP (2022):

El Plan Estratégico de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (PETIC), permite expresar la estrategia de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) del Ejército Nacional para el cuatrienio 2019-2022 que contempla el presente documento, utilizando el Marco de Referencia de Arquitectura Empresarial (MRAE) que define el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), para el cumplimiento de la Política de Gobierno Digital, de acuerdo al Decreto 1008 del 14 de junio de 2018 “Por el cual se establecen los lineamientos generales de la política de Gobierno Digital y se subroga el capítulo 1 del título 9 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1078 de 2015, Decreto Único Reglamentario del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”. (p. 8)

En este contexto, la creación del plan estratégico de telecomunicación permite cumplir con las metas de la política digital mediante el incremento y la eficiencia de los procesos del Ejército Nacional, favoreciendo el cumplimiento de su visión y misión, optimizando los procesos de gestión de TICs en la institución a partir del diagnóstico del estado actual al interior de la organización.

### ***Military Estándar (MIL-STD)***

Las normas Military Standard se originaron a partir de la aceptación de productos que se elaboraban para el ejército de Estados Unidos en la segunda guerra mundial, luego dichas normas fueron revisadas y mejoradas para ser utilizadas como reglas estándar en los ejércitos de otros países. Entonces, el estándar militar 105E (MIL STD 105E) se basa, por ejemplo, en especificar un nivel de calidad aceptable en la adquisición de productos (Mendoza y Zea, 2019). En efecto, una de las características más destacables de estas normas es convertirse en universalmente conocida y utilizada, reconocida como referente en los contratos de suministros a nivel mundial.

Asimismo, los planes de muestreo que propone este modelo tienen en cuenta el historial del proveedor, de forma tal que, cuando la entrega de productos sistemáticamente está bien al menos en seis productos, se inspecciona menos que a las que no son tan fiables. De esto se desprende que, el desarrollo de este estándar se convino, dada la necesidad de garantizar la calidad en los insumos militares durante producción en lotes. Debido a esto, esta norma es el sistema de inspección y aceptación más difundido a nivel mundial, teniendo en cuenta a Mallqui (2017) quien manifiesta que el Military Estándar:

Es un sistema de inspección de aceptación por atributos porque es una colección de esquemas de muestreo que a su vez comprende planes de muestreo. Su amplia aceptación

en el control de calidad motivó que fuera adoptado por la ISO (International Standardization Organization – Organización Internacional de Estandarización) en la norma ISO 2859. (p. 31)

Es por este motivo que los fabricantes de aeronaves militares usan el MIL-STD-1553 en las definiciones, planos e integraciones de componentes aeronáuticos, este es el estándar militar publicado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, que define las características mecánicas, eléctricas y funcionales de un bus de datos en serie (Moreno, 2019). A partir de esto, tiene dos versiones, la 1553 A desarrollada en 1975 y la 1553 B en 1978, es por esta razón que, al identificar componentes eléctricos, electrónicos y circuitos presentes en cualquier aplicación aeronáutica de componentes militares, se debe tener en cuenta el estándar MIL-STD-1553 a la hora de realizar cualquier tipo de implementación (Moreno, 2019).

### ***Realidad Aumentada***

La realidad aumentada, conocida como RA, se emplea para definir una visión a través de dispositivos tecnológicos, por lo tanto, consiste en una superposición visual de elementos virtuales, directa o indirectamente en un entorno del mundo real (Araujo, 2021). Por consiguiente, sus compendios se ajustan con elementos implícitos, enriqueciendo la información disponible para el usuario, permitiendo ajustar en un solo plano características e información del mundo real y virtual (Arrepol, 2020; Del Rio, 2016; López et al., 2016).

En primera instancia, no se pueden confundir los conceptos de realidad aumentada y realidad virtual, el primero, consiste en superponer capas digitales al mundo real por medio de un dispositivo disruptivo tecnológico (Varela et al., 2018), el segundo, consiste en una inmersión completa del sujeto con sus cinco sentidos en un mundo virtual (Puente, 2019). Al mismo tiempo, la visualización de las escenas resultantes, está disponible para el usuario por medio de

dispositivos digitales, tales como, gafas de realidad aumentada, dispositivos móviles, etc., que permiten interactuar con elementos del mundo virtual en el mundo real (Marotta et al., 2020).

Además, es una particularidad de la RA, la capacidad de generar escenarios tridimensionales (3D), con la presencia de información virtual integrada, el reconocimiento de objetos, la geolocalización y la posibilidad de interactuar con la información derivada (Mitaritonna et al., 2020).

De esto se desprende que, las características de la RA son aprovechadas en gran cantidad de aplicaciones en el ámbito de la ingeniería, como caso particular en el campo aeronáutico, al mismo tiempo, las ayudas visuales disponibles para técnicos de mantenimiento y la proyección de información contextual acerca de tareas específicas de mantenimiento que provee, permite evitar la necesidad de voluminosos manuales de instrucciones, reduciendo drásticamente los tiempos de ejecución de las tareas (Luque, 2020).

### ***Taller Aeronáutico***

A partir de la aceptación de la normatividad del Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC), el taller aeronáutico (taller de reparación), es definido como el establecimiento compuesto por instalaciones, con las capacidades para mantener, realizar reparaciones o alterar elementos tales como aeronaves, plantas motrices, estructuras, hélices o componentes con autorización de operación y funcionamiento otorgado por la UAEAC (Aerocivil, 2019). A partir de esta definición, son requisitos, consignados en el RAC, que los talleres aeronáuticos cuenten con personal certificado, dentro de los que se incluyen inspectores, técnicos e IEA, que puedan ejecutar y realizar las diferentes tareas de supervisión, inspección, diagnóstico y reparación. No obstante, dicho personal debe cumplir con los lineamientos descritos por la autoridad aeronáutica colombiana, estar certificados y acreditados (Rojas, 2016).

De este modo, Colombia en concordancia con los convenios de aviación civil internacional y teniendo en cuenta los reglamentos aeronáuticos latinoamericanos (LAR), debe armonizar su estatuto RAC con los estándares internacionales, estableciendo la transición de TAR (Taller Aeronáutico de Reparación) a OMA (Organizaciones de Mantenimiento Aprobados), siendo este, un requisito de aprobación y certificación de las organizaciones de mantenimiento que ofrecen, aprueban y certifican la tareas de reparación, inspección y demás servicios, acorde a lo estipulado en la normatividad vigente en el RAC 145 (Márquez, 2020).

En consecuencia, el ajuste de la normatividad es de carácter obligatorio debido a la actualización de los estándares internacionales, con lo cual uno de los cambios principales es la migración de TAR a OMA, lo que implícitamente involucra una modificación de los manuales de procedimiento e inspección correspondientes al denominado TAR, con el fin de alcanzar la certificación y permisos de funcionamiento y operación. En conclusión, si la OMA no tiene al día los respectivos certificados de funcionamiento vigentes y aprobados no podrá operar ni ofrecer servicios (Aerocivil, 2019).

### ***Tareas de Mantenimiento Aeronáutico***

Se consideran tareas de mantenimiento aeronáutico, todas aquellas que implican el control, reparación y/o modificación de material para mantener o mejorar las características y especificaciones originales y para efectos de cumplir con las regulaciones de aeronavegabilidad militar (Mira et al., 2017). Por otra parte, el mantenimiento aeronáutico dependiendo del nivel de complejidad, se clasifica en mantenimiento mayor o de tercer escalón, consistente en trabajos de gran envergadura que se desarrollan en instalaciones fijas y adecuadas para tal efecto (FAC, 2020).

En tanto, el mantenimiento menor, intermedio o de segundo escalón, consiste en trabajos de mediana complejidad que se desarrollan tanto en estaciones móviles o fijas, vinculado a esto, el mantenimiento elemental o de primer escalón, consistente en tareas simples y rutinarias, tales como inspecciones visuales, funcionales, recambio de piezas o verificación de componentes aeronáuticos de fácil acceso (Quintero et al., 2021).

Recapitulando, según el objetivo perseguido el mantenimiento se clasifica en preventivo y predictivo, el primero está constituido por las acciones de mantenimiento aplicadas sobre el material que se encuentra en servicio, con la finalidad de conservar su situación servicial, en este se incluye el mantenimiento programado. En segunda instancia, el Mantenimiento predictivo, abarca las acciones de monitoreo de parámetros materiales con el objeto de determinar la necesidad de acciones correctivas en función de la variación con respecto a los patrones estándar (Rodríguez, 2020).

Para concluir, se alude al mantenimiento restaurativo, el cual involucra las acciones aplicadas sobre el material que se encuentra fuera de servicio para devolverlo a un estado de óptima prestación, en conformidad con su diseño original (Jiménez, 2017).

### ***Técnicas de Procesamiento Digital***

En el contexto de la revolución industrial 4.0, el avance vertiginoso de las tecnologías, la automatización industrial y el procesamiento digital de señales (PDS) e imágenes (PDI), son aspectos fundamentales para la mayoría de implementaciones en la industria (Paesano y Fratini, 2021), en tanto, muchas de las actividades repetitivas que antes se llevaban a cabo de manera manual, hoy en día se realizan de manera automática, optimizando tiempos y tecnologías (Gamarra et al., 2016).

De este modo, se aporta gran precisión a los procesos mediante la integración de inteligencia artificial, redes neuronales y procesamiento digital de señales e imágenes, a modo de herramientas inteligentes que se incorporan cada vez más a la industria. Como lo hacen notar Cordero et al. (2018):

Utilizando inteligencia artificial (IA), es posible utilizar algoritmos para crear automáticamente clasificación de distintas estructuras. En la rama del aprendizaje de máquinas (machine learning) llamada aprendizaje profundo (deep learning), las características no son diseñadas por expertos humanos, sino que son aprendidas directamente de la información por Redes Neuronales Artificiales (RNAs). (p. 297)

En efecto, de acuerdo con Cordero y otros, las técnicas inteligentes de procesamiento digital, junto con la inteligencia artificial y la redes neuronales, están siendo empleadas ampliamente en los campos académicos, informáticos, industriales, aeronáuticos y médicos, entre otros, debido a la facilidad con que estos algoritmos tratan de simular el comportamiento humana, generando valor, rapidez de procesamiento y eliminación de factores de error humanos al abordar sistemas complejos de control (Rivera et al., 2020).

### ***Montaje, Ensamble y Desensamble***

En la digitalización de componentes, que conforman una estructura aeronáutica, es común realizar un bosquejo o diseño digital, que permita visualizar el modelamiento en 3D de cada uno de los elementos de un sistema en particular. En tanto, la integración de software de simulación tales como SolidWorks, Inventor, Blender y Sketchup, entre otros, permite el bosquejo de piezas. De este modo, se sigue una etapa de montaje, ensamble y desensamble, que admite una aproximación visual al estudio de movimiento y al análisis 3D mediante la simulación (Cuertán, 2021).

Es por este motivo que, en la constitución de estructuras mecánicas es usual utilizar archivos generados en formato CAD, compatibles con software que usen motores gráficos de altas prestaciones (Guzmán, 2019). De la misma forma, se crean bases de datos con herramientas tales como Unity, compiladores integrados como Vuforia y librerías ARCore, que son empleados para la construcción de aplicativos que hacen uso de la realidad aumentada y la integran en dispositivos disruptivos, facilitando el ensamble y desensamble de piezas (Lera, 2019).

Simultáneamente, en el montaje, ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos, se acude al modelado CAD, con procesos de simulación que conforman aplicativos que dan valor al entrenamiento y capacitación del personal aeronáutico, facilitando la digitalización en 3D, mediante la implementación de herramientas de software que facilitan la interacción con motores de diseño gráfico (Serra, 2019). Mientras tanto, es claro que la integración de la tecnología digital en la presentación de información relevante para el personal aeronáutico proporciona una base teórica de conocimiento que da valor e integra herramientas de TI a favor de la calidad, aportando al sostenimiento aeronáutico.

Desde esta perspectiva, se sugiere que: “Un prototipo virtual en un entorno inmersivo facilita el ensamble y desensamble del producto, verificar la facilidad de uso, incluso si esta es realizada por más de una persona” (Ruiz, 2020, p. 132). De manera similar, la generación de aplicativos que fortalezcan el entrenamiento del personal aeronáutico, mediante una base tecnológica que automatice procesos y permita la integración de elementos de las TICs, favorece los procesos de adiestramiento y contribuye a la eficiencia en el mantenimiento aeronáutico, por otra parte, proporciona el acceso a los manuales del fabricante, enriqueciendo la teoría con

herramientas multimedia, dando a los técnicos aeronáuticos herramientas que facilitan el montaje, ensamble y desensamble

Debido a esto, se disminuyen tiempos en inspección y mantenimiento, obteniendo una mejora calidad en los trabajos realizados, como plantea Ruiz, quien recomienda que:

La creación de un prototipo virtual es la columna vertebral en todo diseño de nuevos productos, al implantar un sistema de realidad virtual se logró mejorar las pruebas de ensamble, forma, ajuste y funcionalidad en un entorno inmersivo real, sin la necesidad de crear prototipos físicos en el que los ingenieros pudieran manipular e interactuar con los modelos, verificando la facilidad de uso y ergonomía, pudiendo integrar el trabajo a las herramientas de ingeniería asistida por computador (CAE) y compartiendo la experiencia en modo multiusuario. (p. 164)

De las evidencias anteriores, herramientas como SolidWorks, permiten el modelado de piezas, el ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, con detalles de alta calidad y precisión, entregando simulaciones con estudios de movimiento. Si bien es cierto que, dichos procesos se alcanzan mediante la reproducción de dibujos técnicos generados en diferentes planos que permiten una visualización realista de los componentes (Anabitarte, 2020).

Es necesario resaltar que, los procesos de modelamiento de piezas en 3D y su correspondiente ensamble y desensamble se logran mediante el empleo de motores gráficos que proporcionan herramientas de propósito general, a través del uso de aplicaciones interactivas enfocadas a la ingeniería, el modelado y simulaciones. No obstante, estos softwares gráficos, incluyen lenguajes de programación útiles al momento de crear piezas y dan una idea, del producto final esperado, antes de su construcción (Montero, 2020; Ruiz, 2020).

En última instancia, la simulación de elementos físicos mediante el empleo de herramientas CAD aportan a las soluciones de las necesidades en el mantenimiento aeronáutico, mediante el diseño de percepciones virtuales que optimizan el entrenamiento, ahorrando dinero, tiempo y aportando al análisis de la seguridad.

### ***Técnicas Inteligentes Digitales***

El uso de herramientas tecnológicas que apoyen la generación de diseños digitales, en el marco de la revolución 4.0, ha ido en aumento, la inteligencia artificial desempeña un papel fundamental en diversas áreas del conocimiento, desde la cadena de suministro, hasta aplicaciones industriales de altas prestaciones. Bien es cierto que, en muchos casos se emplea el procesamiento de datos y la integración de lenguajes de programación para alcanzar tal objetivo.

Dicho de otro modo, se apela a técnicas de aprendizaje autónomas que usan datos estructurados y que aportan en la toma de decisiones, ejemplo de estos métodos son las redes neuronales y la combinación de técnicas heurísticas (Álvarez, 2020; Ponce, 2019). No obstante, Solano et al. (2021) plantean que:

El mundo está viviendo una etapa de importantes transformaciones tecnológicas conocida como la cuarta revolución industrial. En este marco histórico, el sector industrial colombiano deberá superar los retos que supone la convergencia de sistemas virtuales y físicos para crear procesos inteligentes, flexibles, eficientes, y más competitivos. (p. 1)

Al mismo tiempo, las técnicas inteligentes digitales hacen uso de herramientas artificiales, mediante artefactos diseñados y creados por los humanos, que aportan y dan valor al procesamiento de información, una preocupación de la investigación científica es crear entornos que realicen tareas de manera inteligente.

De lo anteriormente expuesto, el desarrollo de mecanismos novedosos y aplicativos permite, en última instancia, el diseño de nuevas metodologías de trabajo e interacción con máquinas en entornos digitales aplicados al mantenimiento aeronáutico. Aunado a esto, algunos campos de aplicación que integran técnicas inteligentes digitales, son citados a continuación: machine learning, RA, RV, lógica difusa, inteligencia artificial, minería de datos, procesamiento digital de señales e imágenes, por citar algunas (García y Cadena, 2021).

### ***Procesos de Inspección y Prueba***

Con el objeto de determinar el estado de los componentes aeronáuticos, se realizan continuamente procesos de inspección y prueba, escudriñando los dispositivos y determinando la cantidad de horas de vuelo que son pertinentes, antes de ejecutar algún mantenimiento (Corbal, 2019; Mateus, 2021). En efecto, para realizar de manera apropiada el mantenimiento aeronáutico, se requiere eficiencia y rapidez, por ello la integración de herramientas de TI en dichos procesos es notable y aporta un valor estratégico.

De manera semejante, la representación digital de modelos en 3D permiten un examen riguroso, con alta calidad y de bajo costo (Macana y Quiroga, 2019). Por lo tanto, cuando se habla de inspección y prueba, uno de los principales elementos a considerar es la calidad (Eslaba, 2020). Desde esta perspectiva, empleando modelos diseñados en 3D, es posible crear representaciones visuales de bajo costo para realizar pruebas de inspección a componentes aeronáuticos (Romero, 2021), asimismo estos modelos en 3D, han evolucionado y su implementación es cada vez más común en la industria aeronáutica.

Por otro lado, los procesos de inspección y pruebas en el ámbito aeronáutico, han evolucionado a tal punto, que dadas las dificultades de acceso en la gestión de sistemas complejos como lo son las radioayudas aeroportuarias, los sistemas han migrado a

procedimientos de acceso para el monitoreo y control en estaciones remotas centralizadas, mientras tanto, permiten el acceso a sistemas de navegación de manera constante, aprovechando herramientas contemporáneas para realizar mantenimiento, inspección y prueba de calidad, garantizando la seguridad aérea de manera efectiva y confiable (J. Gómez, 2019). De esto se desprende que, en la industria aeronáutica:

Cada fabricante emite los documentos necesarios para realizar el mantenimiento de las aeronaves que fabrica, determinando la frecuencia y alcance de las inspecciones. Esta documentación es utilizada por las compañías aéreas para preservar la condición de aeronavegabilidad de las aeronaves que opera. (Bonvin et al., 2019, p. 39)

A partir de estas afirmaciones, se desprende que a las organizaciones aeronáuticas les corresponde disponer de instrumentos y herramientas que permitan predecir, medir y tomar acciones correctivas con base en procedimientos de inspección y prueba aplicados a los componentes aeronáuticos (Nevárez y Vallejo, 2021). En este mismo contexto, variados estudios versan sobre la optimización de pruebas de inspección a través de capturas, análisis y representaciones de modelos en 3D en componentes aeronáuticos, que investigan la manera de realizar procedimientos de inspección y prueba mediante el procesamiento y análisis de imágenes en componente aeronáuticos (Corbal, 2019).

### ***Herramientas de TI***

En la optimización de los procesos organizacionales, cada vez toma mayor fuerza la consolidación de un marco de referencia que se apoye en la gestión de la tecnología de la información, en tanto, en la industria en general y específicamente en entornos aeronáuticos, la marcada tendencia de la incursión de las herramientas de TI en el quehacer aeronáutico obliga a

las organizaciones a establecer políticas y delimitaciones claras en la implementación de los recursos de TI. Por otra parte, Rodríguez (2020) menciona que:

A pesar de que las actividades propias de la aviación son complejas, también requieren ser ágiles con el fin de mantenerse competitivas y al mismo tiempo deben ser altamente seguras; la comunidad aeronáutica no puede darse el lujo de omitir el acatamiento a una norma que pueda violar el mínimo estándar de seguridad. (p. 3)

Debido a esto, los procesos aeronáuticos se orientan a la eficacia, la seguridad y la optimización de la administración de los servicios tecnológicos para dar valor a la organización y garantizar la utilización de recursos de manera responsable, dentro del marco regulatorio aeronáutico nacional e internacional, al mismo tiempo a minimizar de los riesgos asociados (Rico, 2020).

A partir de estas afirmaciones se plantea que, el uso de las herramientas tecnológicas en el marco de la cuarta revolución constituye una propuesta de valor para la gestión empresarial, influyendo de manera positiva en la generación de estrategias orientadas a la consolidación de la innovación y la sostenibilidad, aprovechadas por la industria aeronáutica (A. Basco et al., 2018). En el mismo contexto, es creciente el número de organizaciones que integran herramientas de TI para soportar sus procesos tanto estratégicos como misionales y de apoyo (Gonzales, 2019).

En tanto, la incorporación de las TICs en el quehacer industrial aeronáutico tiene como objetivo propender por un incremento en la eficiencia y la productividad, además de minimizar los tiempos de ejecución en los procedimientos y optimizar los recursos invertidos. Desde esta perspectiva, las herramientas tecnológicas ágilmente han conformado un activo fijo intangible en la industria aeronáutica, generando valor diferencial y permitiendo a las organizaciones ser

competitivas en su nicho de mercado, aportando y dando valor los objetivos estratégicos del negocio (Bernal y Rodríguez, 2019).

De las evidencias anteriores, el uso de herramientas tecnológicas aplicadas al mantenimiento aeronáutico y en general a la industria aeronáutica, a lo largo de toda la cadena de valor asociada, permite una fácil y rápida interacción de los procesos tecnológicos en la actual revolución industrial. En tanto, se hace urgente identificar lineamientos, marcos de referencia y normativa que aporten y den valor a los requerimientos en la elaboración de un modelo de gestión TI alineado con los estándares de calidad internacional aeronáuticos (Bahamón y Velásquez, 2020).

Por tal razón, las herramientas basadas en tecnología de la información son elementos primordiales para el desarrollo de la sociedad y la aprensión de conocimientos sostenibles, dichas herramientas TI son reconocidas como un importante motor de crecimiento y desarrollo de la sociedad (Cabrera et al., 2020), de eso se desprende que, su aplicación al entorno aeronáutico vislumbre un futuro provisorio.

### ***Ámbito Aeronáutico***

La aeronáutica es la disciplina que versa sobre el estudio, diseño y construcción de dispositivos mecánicos con la capacidad de elevarse en vuelo, le compete el conjunto de técnicas que admiten el control de las aeronaves (O. Gómez, 2020). Vinculado a esto, a dicho ámbito también le corresponde el estudio de la aerodinámica, que intuye el movimiento y el comportamiento del aire y el análisis del desplazamiento de un cuerpo sobre este medio, combinando las posiciones de componentes móviles tales como flaps, ten de aterrizaje, etc., que influyen en la configuración y caracterización de la aeronave (Aerocivil, 2019). No obstante, desde el aspecto lingüístico, De-Matteis (2021) destaca que:

El español adopta del inglés numerosas voces para referirse a los distintos aspectos del transporte aéreo y a diversas actividades recreativas vinculadas con el vuelo. En muchas oportunidades, estas expresiones no trascienden los usos lingüísticos propios del ámbito profesional o de los deportes aéreos, o lo hacen de manera ocasional y sin el nivel de precisión que poseen en los contextos comunicativos más específicos. (p. 2)

En tanto, el sector aeronáutico comprende todas las actividades y recursos tanto humanos, económicos y técnicos para realizar el transporte de carga y pasajeros vía aérea, en este segmento se incluye aspectos que van desde la fabricación, el mantenimiento, la gestión de repuestos y materiales, hasta la normatividad necesaria para la operación de los servicios e infraestructura aeronáutica (Torres y Díaz, 2021).

Dicho brevemente, las actividades del ámbito aeronáutico incluyen el “conjunto de tareas y operaciones, directa o indirectamente relacionadas con el empleo de aeronaves civiles” (Aerocivil, 2019, p. 13), que comprenden entre otras diligencias el servicio aéreo comercial de transporte público, las actividades de la aviación general que circunscriben la aviación privada y del estado, las operaciones de infraestructura aeronáutica y actividades de apoyo, tales como, el control de tránsito aéreo, las infraestructuras aeroportuarias y la normatividad vigente para el sector aéreo en el país en sus diferentes modalidades (Aerocivil, 2019; Sequera, 2018).

### ***Metodologías y Estrategias de TI***

Las metodologías y estrategias de TI representan insumos que añaden valor a las organizaciones que involucran profesionales de TI, están presentes en todo el ciclo de vida de los proyectos y actualmente en la industria aeronáutica, ejercen un papel protagónico (Rodríguez, 2020). En este contexto, Vilorio (2019) argumenta que:

La utilización de metodologías ágiles tienen mayor demanda en las organizaciones, el tener un rápido avance y flexibilidad en los requerimientos durante el proyecto, es una de las ventajas que ha permitido que se adapte a los proyectos en las áreas de Tecnologías de Información y las Comunicaciones. (p. 18)

De las evidencias anteriores, dichos esfuerzos van desde las actualizaciones de aplicaciones que propenden por la mejora del negocio, hasta la implementación de cambios disruptivos en la organización para optimizar sus procesos y su competitividad en el marco de la cuarta revolución industrial.

Desde esta perspectiva, la metodología y estrategias de TI constituyen el soporte a procesos de diseño, implementación y evolución de la arquitectura en las organizaciones, con el fin de lograr el alineamiento con las estrategias organizacionales (Quiroz, 2022). Es así como, Bahamón y Velásquez (2020) proponen que: “Los elementos del gobierno de TI están definidos en los estándares, marcos de referencia y buenas prácticas, los cuales contienen la metodología para hacer uso eficiente, efectivo y aceptable de las tecnologías de información” (p. 40).

De lo anteriormente expuesto, se desprende que en el desarrollo del modelo de gestión TI basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de RA aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, se busca la implementación de diferentes metodologías y estrategias de TI, que se apoyen en estándares internacionales aceptables, aplicados a la realidad actual de la industria aeronáutica en el país.

Al respecto, el aspecto metodológico busca lograr la descomposición directa de los lineamientos de alto nivel, principios, dominios, ámbitos, elementos, normatividad e instrumentos de un marco de referencia (Useche y Espinosa, 2020). A partir de esto, se pretende desde el punto de vista ontológico y más aún desde una perspectiva holística, lograr

asimilar y entender en profundidad la necesidad de la implementación de un modelo de gestión TI aplicado a los desarrollos aeronáuticos en curso, dentro de la industria nacional y considerar sus futuras proyecciones.

De esto se desprende que, la usabilidad de una metodología para catalogar diversos elementos arquitectónicos dentro de un modelo de gestión TI debe estar orientada a la evaluación continua de las capacidades de la organización (Bahamón y Velásquez, 2020), de este modo, se favorece una cultura organizacional de cambio, enmarcada en estrategias de TI que agreguen valor a las empresas aeronáuticas y aprovechen las utilidades que provee el modelo de gestión TI.

En tanto, los entornos aeronáuticos enmarcados en el presente estudio comprometen estrategia alineadas con la normatividad y los planes estratégicos institucionales de las fuerzas armadas colombianas. Es por esta razón que, Bahamón y Velásquez (2020) sostienen que:

Cada vez es mayor el número de organizaciones que incorporan herramientas tecnológicas para soportar sus procesos, motivo por el cual, con la finalidad de ser una institución innovadora en la administración organizacional y en la ejecución de sus procesos, además de ser eficiente financiera y administrativamente, la Fuerza Aérea Colombiana ha incorporado herramientas tecnológicas y sistemas de información que soportan la ejecución de todos los procesos internos. (p. 14)

Aunado a esto, es preciso considerar que los estándares de la industria aeronáutica asociados a estrategias de TI, precisan reglas o características que suministren el control de este dominio, temas a considerar son; la gestión del servicios, el gobierno y la gestión de calidad en los servicios aeronáuticos, entre otros (Bahamón y Velásquez, 2020). En pocas palabras, las metodologías y estrategias de TI constituyen mecanismos que conceden a las organizaciones

aeronáuticas la posibilidad de ejecutar acciones apoyadas en un modelo de gestión que sirva de referencia y sea base en la ejecución de mejores prácticas de TI para apoyar la arquitectura y la gestión aeronáutica (G. Mora, 2020).

En este mismo contexto, a las mejores prácticas de la industria aeronáutica les corresponde estar alineadas con el dominio de estrategias de TI, definiendo aspectos metodológicos y técnicos que permitan la implementación de elementos claves en el dominio del gobierno de TI, la gestión de servicios, el modelo de madurez y los marcos de referencia definidos mediante un modelo que apoye los procesos de mejora continua (Bahamón y Velásquez, 2020).

De las evidencias anteriores, se advierte que el modelo de gestión TI busca proporcionar directrices estratégicas de TI que se orienten con la normatividad aeronáutica vigente a nivel local, regional e internacional, direccionando los objetivos estratégicos con el fin de generar valor en el ámbito aeronáutico del país. En tanto, se identifican retos y oportunidades mediante la implementación de estrategias de RA y elementos disruptivos que optimizan los procesos de mantenimiento aeronáutico. Es necesario resaltar que, la práctica de las estrategias de TI, aportan al despliegue de proyectos estratégicos aeronáuticos y a su puesta en funcionamiento, circunscribiendo un modelo de gestión TI que proporcione una hoja de ruta a las iniciativas y proyectos aeronáuticos.

### ***Marco Legal Ejército Nacional de Colombia***

Desde los lineamientos de la Ley 1341 de 30 de julio de 2009 en su artículo 6 se precisa que: “Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (en adelante TIC), son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes” (Congreso de Colombia, 2009, p.5).

Desde esta perspectiva la presente ley considera un marco de referencia general para la formulación de un Gobierno de TI que rige el sector de las TICs en Colombia al cual el Ejército Nacional de Colombia no es ajeno. De acuerdo con Ayala (2018):

La Constitución Política de Colombia promueve el uso activo de las TIC como herramienta para reducir la brecha económica, social y digital en materia de soluciones informáticas representada en la proclamación de los principios de justicia, equidad, educación, salud, cultura y transparencia. (p. 22)

De manera similar, en la Directiva permanente No 000153 de 2018, titulada; “Organización y funcionamiento del sistema de ciencia, tecnología e innovación”, se presentan los lineamientos orientadores para los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, propios y/o en coordinación con las diferentes instituciones educativas (Barbosa et al., 2021). Es por esta razón que, la producción y difusión de los diferentes desarrollos de los programas y proyectos científicos y tecnológicos de la fuerza armada de Colombia propenden por dar respuesta a las necesidades tecnológicas en los teatros de operación del Ejército Nacional presentes y futuros.

Vinculado a esto, el propósito de esta directiva, es presentar los lineamientos en pos de promover la investigación científica, formativa y aplicada al interior de dependencias y unidades del Ejército Nacional de Colombia enmarcado en la transformación del ejército del futuro (Albornoz et al., 2020). En cuanto a la titularidad sobre los derechos de propiedad intelectual derivados de los resultados, teniendo en cuenta los roles de las partes que intervienen y sus funciones en el proyecto de investigación aplicada se siguen los lineamientos de la Directiva No. 000027 de 2019, lineamientos para la protección de la propiedad intelectual del Ejército Nacional de Colombia.

Por otra parte, la finalidad de dicha directiva es; impartir órdenes e instrucciones concernientes al conocimiento, definición, aplicación, difusión, consolidación, actualización y fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual en el Ejército nacional de Colombia. Es por este motivo que ve la imperiosa necesidad de dar a conocer las normas y directrices de propiedad intelectual, su vigencia y aplicabilidad a la transferencia tecnológica, con el fin de asesorar a las unidades operativas mayores, menores, unidades tácticas y personal de la fuerza, participantes en la protección, gestión y explotación de los resultados de sus trabajos de investigación (Directiva Permanente 000027, marzo 06 de 2019).

Asimismo, en la Directiva No. 000027 de 2019, se establecen lineamientos para la información clasificada, si bien es cierto que, la información concerniente al modelo de gestión TI, se considera clasificada, por tanto, no se deben realizar publicaciones sin el permiso explícito del Ejército Nacional de Colombia, dada la información catalogada sobre la que versa la presente directiva. Mientras tanto, se deben diligenciar formatos de confidencialidad y protección intelectual, tanto para el personal militar, civil como para las instituciones educativas que participan en este esfuerzo.

De manera similar, en dicha directiva, se establecen lineamientos de la titularidad de los derechos morales e intelectuales de la institución, sobre los activos intangibles o los proyectos en los que el Ejército Nacional o su personal adjunto participe. En efecto, la elaboración y ejecución del presente proyecto de investigación aplicada, considera implementaciones, pertinentes a entornos de mantenimiento aeronáutico de la Aviación Ejército, en tanto, se siguen estrictamente todos los lineamientos consignados en la Directiva No. 000027 de 2019 y se da cumplimiento estricto a los aspectos referentes a la propiedad intelectual del Ejército Nacional.

De esto se desprende que, en cuanto a los temas de creación e identificación de los resultados de la investigación o tecnologías promisorias, en el presente estudio, se toman en cuenta, todos los aspectos referidos en las directivas citadas que aplican al Ejército Nacional de Colombia y a la propiedad pendiente de protección intelectual o patentes por modelo de utilidad o de invención. Para tal fin en el apéndice A al F se exhiben las patentes concedidas al Ejército Nacional, donde el autor de esta investigación tiene a su nombre y en favor del Ejército Nacional de Colombia, 6 patentes debidamente registradas ante la superintendencia de Industria y Comercio, las cuales han tomado elementos constitutivos de TI enmarcados en la Maestría de Gestión de TI.

### ***Marco Tecnológico***

En las últimas décadas, los avances vertiginosos en la tecnología de la información han favorecido que experiencias tales como la RA y RV impacten los ámbitos industriales, comerciales y educativos (García y Cadena, 2021). A partir de la masificación del uso de dispositivos disruptivos que han marcado las pautas ofreciendo gran acceso y usabilidad a nuevas tecnologías e incluso a aplicaciones portátiles y versátiles que integran sensórica y tecnología de alta velocidad (A. Álvarez, 2021).

En consecuencia, las tecnologías que hacen uso de la RA, agrupan el conjunto de técnicas que permiten la superposición en tiempo real de escenas, marcadores y toda aquella información generada de manera virtual sobrepuesta al contexto real. Con ello, se da acceso a entornos informáticos que funcionan objetos virtuales con elementos reales y que entregan experiencias al usuario que le permite interactuar de manera cotidiana con información de valor generada artificialmente (Cabero y Barroso, 2016). De esto se desprende que, desde el punto de vista tecnológico se integran elementos que incorporan la realidad aumentada en entornos físicos,

algunos requerimientos incluyen: cámara, software, pantallas, conexiones a internet, marcadores, entre otros (Fornetti y Martello, 2019).

Aunado a esto, en el sector aeronáutico los elementos tecnológicos son vitales a la hora de realizar integraciones, dada la complejidad de la tecnología aeronáutica, en síntesis, Oliva et al. (2014) mencionan que: “Dicha complejidad se deriva tanto por la complejidad del producto, un avión típico tiene más de 500.000 referencias de piezas diferentes, como de la cantidad de equipos multidisciplinares que participan en el proceso de desarrollo y diseño” (p. 1).

Al mismo tiempo, se considera que la RA, está basada en el reconocimiento de formas, imágenes y aplicaciones que se ejecutan instantáneamente, enriqueciendo la realidad con imágenes, audio, videos o incluso modelos en 3D (Josal, 2020), al utilizar dispositivos tales como; teléfonos móviles, ordenadores, gafas de realidad aumentada, entre otros, para reconocer una forma determinada. De este modo, dichos elementos pueden ser visualizados mediante un marcador, un objeto o una imagen y ser identificados según su posición en un proceso de reconocimiento que añade información relevante a una escena real (Mitaritonna et al., 2020).

Es posible que, la escena sobrepuesta, este condicionada por su posición, inclinación en ejes y dispositivos utilizados, de este modo, Álvarez (2021), describe que “En la Realidad Aumentada, el usuario trae lo virtual a su mundo, se superpone información contextual a los entornos físicos inmediatos que los usuarios ven ante sus ojos, mezclando así componentes y experiencias digitales con la vida real” (p. 46). En pocas palabras, las tecnologías disponibles en dispositivos móviles integran herramientas de última generación como brújulas, acelerómetros, GPS, entre otros, que detectan posiciones, permiten orientación y entregan información en tiempo real del movimiento de objetos (J. Mora, 2019), permitiendo a los usuarios interactuar de una manera más directa con entornos virtuales.

## **Metodología de Investigación**

En este capítulo se especifica pródigamente el tipo de investigación abordada en el desarrollo del proyecto de investigación, detallando en su totalidad los procesos, desde la perspectiva del análisis de la información, con propósito de definir de manera amplia y suficiente la metodología de investigación a seguir en el modelo de gestión TI basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de RA, aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico.

### **Tipo de Investigación: Exploratoria Aplicada**

Es conveniente considerar que la problemática de estudio y los esfuerzos de investigación pueden llegar a ser sumamente amplios, variados y comprender un universo de fenómenos, a la vez que, un sin número de otras actividades y cuestiones que intervienen en los objetos de estudio a investigar. Por ello, la elección del tipo y diseño de investigación es fundamental para enfrentar y dar solución a las problemáticas de investigación, de acuerdo con Alvarez (2020):

Se deberá elegir convenientemente el diseño de investigación de los estudios ya que esto conlleva a distintas técnicas e instrumentos de recolección de datos. Se puede contar con más de un diseño en un mismo estudio, los cuales responderían distintos problemas específicos. Es fundamental que los estudios a realizar cuenten con una metodología clara desde el inicio para saber paso a paso como se desarrollará la investigación. (p. 5)

Dicho de otro modo, la investigación suele ser de varios tipos y se clasifica de variadas maneras, sin embargo, es típico catalogarla en función de su diseño, su nivel y su propósito (Ochoa et al., 2020). No obstante, dada la complejidad de los fenómenos estudiados y la manera de abordarlos es preciso aplicar diferentes connotaciones al investigar, por tal motivo, es

posible identificar investigaciones que son simultáneamente descriptivas y transversales, entre otras (Morales, 2014). Dicho brevemente, Morales menciona al describir el nivel de investigación que: “Este se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio. Así, en función de su nivel el tipo de investigación puede ser descriptiva, exploratoria o explicativa” (p. 1).

Por otro lado, la investigación exploratoria, trata básicamente un tema u objeto escasamente estudiado o inexplorado, donde sus resultados establecen una visión cercana de dicho objeto a un nivel superficial de conocimiento (Morales, 2014), dicho nivel de investigación, se encamina a la formulación más precisa de la problemática de investigación, considerando imprecisa la formulación del problema existente.

Por consiguiente, la exploración permite obtener nuevos datos, elementos e información que conducirán a una mayor precisión de los interrogantes de investigación (López, 2021). En consecuencia, en la implementación del modelo de gestión TI, un nivel de investigación conveniente es el exploratorio aplicado, dado que, este orienta los esfuerzos metodológicos con el propósito de consolidar nuevos conocimientos (Sampieri y Mendoza, 2018). Al mismo tiempo, procura soluciones a las dificultades que se presentan cotidianamente en los procesos de mantenimiento aeronáutico, para el caso de estudio en particular.

En resumen, el tipo de investigación se prefiere en consonancia con los objetivos trazados, los recursos con que se cuenta y la situación problemática que se desea abordar (Alvarez, 2020). En tanto, la investigación exploratoria aplicada es una elección acertada a la hora de abordar problemáticas relacionadas con la implementación de marcos de referencias tecnológicos que aporten a la optimización de procesos enmarcados en TI. En este contexto, la

investigación está orientada a la consecución de nuevos conocimientos que favorecen y dan solución a los problemas prácticos presentes en el mantenimiento aeronáutico (Alvarez, 2020).

De esto se desprende que, al considerar el tipo de investigación, el nivel exploratorio permite el estudio de problemas o elementos que poco han sido analizados, en los que existe un vacío real a nivel concreto, en su discernimiento e implementación (C. Ramos, 2020). Dicho de otro modo, la investigación exploratoria se utiliza cuando se han identificado campos promisorios para llevar a cabo una implementación, toda vez que, permite analizar problemáticas desde perspectivas nuevas, que en determinado momento pueden ser aprovechadas para mejorar el nivel tecnológico, en este caso particular, frente a las problemáticas propias del mantenimiento aeronáutico en el laboratorio de aviónica de las instalaciones del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación.

Es posible condensar lo dicho hasta aquí, en la Tabla 2, presentando un consolidado de los elementos constitutivos del tipo de investigación seleccionada y sus alcances para el modelo de gestión TI basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico.

**Tabla 2***Tipos de investigación modelo de gestión TI*

Investigación	Tipo	Descripción
Según el alcance	Exploratoria	Considera problemas o elementos que han sido poco analizados en estudios previos o que no se han explotado al máximo en el mantenimiento aeronáutico a nivel local. Consecuentemente, se proponen a posteriori, implementaciones promisorias e integraciones de valor en la solución de la problemática. En tanto, es posible realizar un análisis del problema desde nuevas perspectivas.
Según la orientación	Aplicada	Para empezar, la investigación se dirige a la obtención de conocimientos nuevos, que permiten soluciones a problemas prácticos en la industria aeronáutica. Enseguida, se fundamenta en los descubrimientos técnicos de la investigación básica y para terminar, se ocupa del proceso de enlace entre la teoría y la obtención de mínimos productos viables (N. Rodríguez, 2019).
Según el diseño	Experimental	En efecto, mediante la observación de procesos de mantenimiento aeronáutico, es posible, la obtención de datos a partir de análisis de elementos finitos es así como, se manipulan variables y se espera estudiar el comportamiento de otras. En tanto, la finalidad de la investigación es identificar fenómenos o situaciones problemáticas y analizar posibles soluciones (Bolarte, 2021).

---

*Nota.* Esta tabla muestra el consolidado de elementos constitutivos del tipo de investigación seleccionada según su alcance, orientación y diseño. Adaptado de Clasificación de las Investigaciones (p. 3-5), por Alvarez, 2020, Universidad de Lima.

## **Diseño de Investigación**

Es necesario resaltar que, se aborda una investigación exploratoria desde un enfoque cuantitativo, a partir de una concepción metodológica asentada en la investigación aplicada, para el modelo de gestión TI basado en el Military Standard (MIL-STD). Tal como, Deroncele (2022) expresa: “La investigación aplicada tiene su centro en la aplicación de conocimientos científicos sistematizados tanto para interpretar como para transformar la realidad” (p. 114).

A partir de esta afirmación, de acuerdo con el objetivo que se persigue en este estudio, se trata de una investigación de tipo aplicada, considerando que, la ejecución del modelo de gestión TI busca apoyar en la toma de decisión de mantenimiento aeronáutico, mediante el uso de estrategias inteligentes de RA, en entornos automatizados, aplicados a procesos de mantenimiento aeronáutico.

Vinculado a esto, el diseño de investigación, orienta los esfuerzos a la obtención de nuevos conocimientos que permitan la solución de problemas prácticos (Alvarez, 2020), con el propósito de optimizar el mantenimiento aeronáutico. En efecto, se plantea el análisis e implementación de técnicas de realidad aumentada, aplicadas al mantenimiento aeronáutico en general, sustentadas en una evaluación previa. Con el fin de, postular estrategias de TI que permitan desarrollar de manera conveniente la implementación de una propuesta tecnológica apoyada en TI.

Aunado a esto, se refieren tendencias de un grupo o población aeronáutica, analizando problemas o aspectos que han sido poco aprovechados, identificando campos promisorios para el estudio y análisis de la situación problemática a investigar (Alvarez, 2020), en el mantenimiento aeronáutico desde nuevas perspectivas.

A lo mejor, en el diseño metodológico se incluye la necesidad de realizar un estudio de tipo transversal, puesto que se harán mediciones en un punto temporal específico, recolectando datos en una fase de tiempo único (Medina, 2019), en la población aeronáutica donde se realiza el estudio.

### **Tipo de Enfoque: Cuantitativo**

El tipo de investigación propuesta en el modelo de gestión TI, permite esgrimir el enfoque cuantitativo desde su alcance exploratorio, en tanto, la investigación es aplicada a situaciones que no se han investigado ampliamente en estudios previos en el contexto local. Al respecto, la investigación cuantitativa posee una fuerte validación, dada a la precisión que alcanza en el empleo de muestras representativas, logrando determinar objetivamente los aspectos a estudiar (Chaux et al., 2020).

Se admite por el momento que, el enfoque cuantitativo, es aplicable a procesos de análisis de datos básicos, en donde es posible identificar la frecuencia en la cual se presentan los fenómenos de interés y es viable analizar sus características generales (Huaman, 2021).

En efecto, el enfoque cuantitativo se vale de metodologías estadísticas, que dan valor a los resultados, afirmando su veracidad, es por este motivo que, una investigación bajo un enfoque cuantitativo admite la generalización de los efectos derivados del objeto de estudio (Parra et al., 2020). Es posible que, al identificar las causas que originan un fenómeno de estudio, éste se pueda controlar, alcanzando un análisis adecuado y una interpretación válida de la información, al mismo tiempo, es posible establecer patrones, estrategias y dar soluciones a los interrogantes de la investigación.

Como lo hace notar Figuero et al. (2021), al destacar que: “El método cuantitativo es aquel que se basa en la inducción probabilística del positivismo lógico, tiene una medición

controlada, objetiva, confirmatoria, inferencial, deductiva, orientada al resultado, sus datos son sólidos y repetibles” (p. 4). En definitiva, desde un enfoque cuantitativo se utilizan métodos y técnicas asociadas a la medición, tales como el empleo de magnitudes, recopilación y análisis de datos en busca de dar solución a los interrogantes de estudio.

Dicho con palabras de Muñoz et al. (2021), el enfoque cuantitativo está constituido por: “Conjuntos de procesos de forma secuencial y probatoria. El estudio y análisis de datos numéricos a través de la estadística genera soluciones a preguntas de investigación, verificar una hipótesis, entre otras” (p. 7). Es por esta razón que, por medio de la comprobación de hipótesis formuladas con antelación, a la vez que, mediante la aplicación de instrumentos de investigación en la medición de variables, es posible alcanzar un análisis estadístico que permita constatar las hipótesis y utilizar estadística para inferir información de valor, usando diversas técnicas.

### **Variables**

Una variable es un aspecto, cualidad, característica, cantidad o magnitud que puede sufrir cambios, asumiendo distintos valores, que es objeto de manipulación, medición o análisis en una investigación (Bilbao y Escobar, 2020). En suma, las variables, son consideradas atributos o características de una unidad de análisis por este motivo, las variables son conceptos capaces de asumir distintos valores o percepciones operacionalizadas (Fornetti y Martello, 2021).

No obstante, la variable precisa la propiedad de un objeto, que puede fluctuar, asumiendo diversos valores, en tanto, dicha variación es medible y observable (Alvarez, 2020). En efecto, las variables cuentan con la capacidad de ser medidas, observadas e inferidas de acuerdo con un análisis teórico; dicho de otro modo, mediante las variables se obtienen datos de la realidad investigada (Hernández, 2018). En este mismo contexto, según su funcionalidad, en una relación causal, las variables se clasifican en independientes, dependiente e intervinientes.

Dentro de este marco, las variables dependiente e independiente son fundamentales en cualquier experimento o investigación (Hernández y Coello, 2020), la variable independiente, en adelante VI, explica, determina o condiciona cambios en los valores de la variable dependiente (Huairé, 2019), esta variable VI, puede ser manipulada sistemáticamente por el experimentador. De esto se desprende que, dichos cambios controlados tienen un efecto directo en las variables dependiente (Bilbao y Escobar, 2020).

En tanto, la variable dependiente, en adelante VD, es aquella que se investiga y se mide, debido a esto, en términos generales sería el efecto o acción condicionada (Hernández y Coello, 2020), es por este motivo que, los cambios en la variable dependiente, son analizados meticulosamente como parte fundamental de los resultados de la investigación y se utiliza para describir o medir el problema estudiado (Huairé, 2019).

Dicho brevemente, las variables desde su funcionalidad, pueden ser vistas como la causa (VI) y su efecto (VD), en tanto, la variable independiente es aquella que es controlada por el experimentador, por otro lado, la variable dependiente cambia en respuesta a la independiente (Zubieta, 2019). No obstante, la variable interviniente es aquella propiedad, característica o aspecto que puede alterar o modificar la relación causa-efecto entre las variables independiente y dependiente, asimismo, dichas variables se deben tomar en cuenta, se deben controlar o en todo caso, buscar que sea la misma durante toda la investigación, dependiendo de su naturaleza puede o no ser medida (Castro et al., 2020).

A continuación, en la Tabla 3, se precisan las variables estimadas en el presente estudio.

**Tabla 3**

*Definición de Variables*

Variable	Tipo de Variable
Identificación de estrategias inteligentes de RA	Variables independientes (VI)
El mejoramiento en el apoyo y toma de decisiones en el entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, usando el modelo de gestión TI.	Variables Dependientes (VD)

*Nota.* La tabla muestra la identificación de variables tanto dependiente como independiente estimadas en el presente estudio. Adaptado de Aprendiendo metodología de la investigación (p. 26-30), por Mendoza Ramírez, 2020, Guayaquil, Ecuador.

**Operacionalización de las Variables**

La operacionalización de variables representa una instancia fundamental en el proceso de investigación bajo el enfoque cuantitativo (Arias y Covinos, 2021), esto implica que, el proceso de abstracción se aborde, desde una perspectiva conceptual. Si bien es cierto que, el juicio que permite conseguir la observación de rasgos o propiedades estratégicas de las variables, da paso a un análisis empírico, en tanto, la operacionalización de variables permite organizar la investigación de manera conceptual y operacional, por medio de la correlación que incluye las variables problema y su definición conceptual (Castro et al., 2020). En efecto, en este proceso logra captar aspectos más significativos de la realidad de la investigación (Fornetti y Martello, 2021).

Empleando las palabras de Fornetti y Matello: “El proceso de operacionalización consiste en la transformación de conceptos y proposiciones teóricas en variables. En el extremo más abstracto de este proceso están los conceptos teóricos, y en el menos, los referentes empíricos directos o indicadores” (p. 6). Es así como, en el marco de esta investigación, según su

orientación aplicada, se considera como variable independiente la identificación de estrategias inteligentes de RA y como variable dependiente el mejoramiento en el apoyo en la toma de decisiones en el entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, usando el modelo de gestión TI. A partir de la anterior afirmación, se observa en la Tabla 4 y Tabla 5, la matriz de operacionalización de las variables independiente y dependiente respectivamente, indicando el tipo de variable, la definición conceptual, sus dimensiones, los indicadores y las técnicas e instrumentos que se pretenden usar.

**Tabla 4***Matriz de operacionalización de variable independiente*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Identificación de estrategias inteligentes de RA	La RA se emplea para definir una visión a través de dispositivos tecnológicos, consiste en una superposición visual de elementos virtuales, directa o indirectamente en un entorno del mundo real (Araujo, 2021), cuyos elementos se combinan con elementos implícitos, enriqueciendo la información disponible para el usuario, permitiendo combinar en un solo plano elementos o información del mundo real y virtual (Arrepol, 2020).	Tecnología	Precisión Rapidez Facilidad	Encuesta
		Innovación	Integración Mejoramiento	Encuesta

*Nota.* La tabla muestra la matriz de operacionalización para la variable independiente, puntualizando la definición conceptual, sus dimensiones, los indicadores y las técnicas e instrumentos que se pretenden usar. Adaptado de Aprendiendo metodología de la investigación (p. 26-30), por Mendoza Ramírez, 2020, Guayaquil, Ecuador.

**Tabla 5***Matriz de operacionalización de variable dependiente*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
	El entrenamiento aeronáutico permite la instrucción asidua que el titular de una licencia aeronáutica debe efectuar para conservar su competencia y calificación, impartido por un centro de entrenamiento, que brinde materiales, facilidades, equipo y personal necesarios para cumplir los objetivos de la instrucción (Aerocivil, 2020).	Cognitiva	Personal aeronáutico entrenado y capacitado	Encuesta
El mejoramiento en el apoyo y toma de decisiones en el entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, usando el modelo de gestión TI.	El diagnóstico aeronáutico parte de las necesidades de los usuarios finales, por ello, mediante el uso de herramientas tecnológicas, se accede a la integración de sistemas inteligentes de análisis y prueba en aeronaves de ala rotatoria (helicópteros), para el presente caso de estudio. Así mismo, se apoya en la toma de decisiones y en el sostenimiento de las aeronaves, desde esta perspectiva, se integran interfaces gráficas, intuitivas y embebidas en sistemas de control automatizados en este estudio. Enseguida, se contemplan módulos de prueba que verifiquen las condiciones operacionales de los componentes a probar, con base en herramientas de software, que diagnostican el estado servicial o no de componentes aeronáuticos.	Práctica	Optimización de procedimientos aeronáuticos	Encuesta

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
	<p>Las reparaciones aeronáuticas dan una segunda oportunidad a las piezas dañadas, con lo que se aumenta su vida útil y se consigue reducir los costos que supone la sustitución por unas nuevas. Sin embargo, el elemento reparado obligatoriamente debe cumplir los requisitos exigidos a la pieza original, garantizando con esto, el buen funcionamiento y la seguridad de la aeronave (Cruz, 2020).</p> <p>En síntesis, se consideran tareas de mantenimiento aeronáutico todas aquellas que implican el control, reparación y/o modificación de material aeronáutico, para mantener o mejorar las características y especificaciones originales y para efectos de cumplir con las regulaciones de aeronavegabilidad militar (Mira et al., 2017).</p>	Tecnología	Cantidad de componentes reparados	Encuesta

*Nota.* La tabla muestra la matriz de operacionalización para la variable dependiente, pormenorizando la definición conceptual, sus dimensiones, indicadores y las técnicas e instrumentos que se pretenden usar. Adaptado de Aprendiendo metodología de la investigación (p. 26-30), por Mendoza Ramírez, 2020, Guayaquil, Ecuador.

Por otra parte, la matriz de consistencia exhibe y resume de forma adecuada y general elementos básicos del proyecto de investigación aplicada, permite realizar una medición, evaluación y presentación de la visión panorámica de procesos, fundamentando la integración de manera sistemática de los objetivos al problema, con ello se propende por la generación de una base teórica para la investigación aplicada (A. Álvarez, 2020). No obstante, la matriz de consistencia brinda la posibilidad de registrar de modo integrado y sucinto la información correspondiente al problema, objetivos, junto con las variables y sus correspondientes indicadores, favoreciendo la unificación de información relevante (Vera y Lugo, 2016)

A partir de las consideraciones expuestas en este capítulo, en la Tabla 6, se ostenta la matriz de consistencia, conformada por la formulación del problema, los objetivos, variables, dimensiones e indicadores a considerar.

**Tabla 6***Matriz de Consistencia*

Formulación del problema	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores
¿En qué medida la implementación de un modelo de gestión TI, basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada y procesamiento digital de señales, permitirá mejorar las tareas de entrenamiento, diagnóstico,	Objetivo General  Implementar un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados, basado en el MIL-STD.	(VI)  Identificación de estrategias inteligentes de RA.	Tecnología  Innovación  Cognitivo	Precisión Rapidez Facilidad Integración Mejoramiento Personal aeronáutico entrenado capacitado

Formulación del problema	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores
reparación y mantenimiento aeronáutico en el laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación de la Brigada de Apoyo y Sostenimiento del Ejército Nacional de Colombia, en Tolemaida - Nilo, Cundinamarca?	Objetivos específicos Modelar el ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales mediante el uso de herramientas de TI. Identificar estrategias inteligentes de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante mediante un modelamiento de gestión TI. Evaluar el impacto del modelo gestión TI, usando realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI.	(VD) El mejoramiento en el apoyo y toma de decisiones en el entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, usando el modelo de gestión TI.	Práctica Tecnología	Optimización de procedimientos aeronáuticos Cantidad de componentes reparados

*Nota.* La tabla presenta la matriz de consistencia en la que se exhibe la formulación del problema, los objetivos, variables, dimensiones e indicadores a considerar en el estudio. Adaptado de Matriz de Consistencia y Matriz de Operacionalización de Variables (p. 1-4), por A. Álvarez, 2020, Universidad de Lima.

## **Procedimiento**

Los modelos de procesos aplicados a la consolidación de propuestas tecnológicas constituyen una representación simplificada de una perspectiva específica, es por ello que, permiten realizar una abstracción de generalidades requeridas en las operaciones a seguir, por lo que resultan útiles para explicar diferentes enfoques (Delgado y Díaz, 2021).

En este mismo contexto, uno de los paradigmas más representativos en la consolidación de propuestas tecnológicas está constituido por el modelo en cascada, como plantean Delgado y Díaz (2021): “Este modelo toma las actividades fundamentales del proceso de especificación, desarrollo, validación y evolución y las representa como fases separadas del proceso” (p. 46), es por este motivo que, cada fase tiene requerimientos que deben ser verificados por el diseñador, en tanto, el diseño implica que cada fase no debe iniciar hasta que termine la anterior, facilitando la corrección de los problemas evidenciados en fases previas.

Es por esta razón que, el modelo en cascada permite estimar la línea de tiempo y el presupuesto requerido con mayor precisión, buscando la satisfacción del usuario final, de este modo, es fácil integrarlo dentro de la planeación estratégica del proyecto, incorporando altos niveles de seguridad y confiabilidad (Velásquez et al., 2019). Dentro de este marco, en el diseño e integración metodológico de variables para una futura consolidación de una propuesta tecnológica, se plantean siete fases, a saber: inicio, análisis, selección de herramientas, diseño marco de referencia TI, desarrollo marco de referencia TI, implementación y realimentación.

En suma, cada fase plantea actividades a realizar, herramientas y elementos que serán integrados en un producto tecnológico final. Por tal motivo, se ha diseñado la Tabla 7, especificando procedimientos y actividades requeridas.

**Tabla 7***Procedimiento ejecución modelo de gestión TI*

---

Fases	Actividades
Inicio: Observar, evaluar, diagnóstico, prueba e inspección a componentes aeronáuticos (exploración).	Explorar el mantenimiento por condición a componentes aeronáuticos. Inspección y prueba tareas de mantenimiento. Mantenimiento programado componentes aeronáuticos.
Análisis: uso y operación manuales aeronáuticos fabricante (exploración).	Definición temática y tareas específicas de mantenimiento que serán abordadas en la investigación aplicada.
Fase de selección de herramientas: diseño e implementación estrategias de automatización y control embebido en RA (exploración).	Diseño, planeación y usabilidad de plataforma de prueba y controla automatizado. Identificación de plataformas de RA integradas a pruebas automatizadas (aplicación). Análisis estadísticos de observaciones e interacciones de los especialistas aeronáuticos. Comparación de hallazgos enfrentados con las hipótesis y referencias bibliografías consultadas (experimental).
Fase diseño marco de referencia de TI (aplicación).	Aplicación de marco de referencia TI embebido en RA a tareas específicas de diagnóstico, prueba y reparación del conjunto de actuadores del estabilizador de cola.
Fase de desarrollo marco de referencia TI (aplicación).	Codificación y ejecución de pruebas mediante el uso de herramientas establecidas en las fases previas. Análisis, pruebas de versatilidad y usabilidad.

---

Fases	Actividades
Fase de implementación (experimental)	Implementación de mínimo producto viable versión 0.1.
Fase de realimentación (experimental)	Diseño de encuesta de satisfacción de usuarios finales al momento de establecer la propuesta tecnológica y hacer uso del mínimo producto viable.

*Nota.* La tabla muestra el diseño e integración de componentes mediante fases y actividades usando el ciclo de vida en cascada. Adaptado de Análisis Comparativo de la Gestión de Recursos de un Proyecto en un Ciclo de Vida Clásico Versus las Metodologías Ágiles (p. 63-66), por Cifuentes, 2019, Pontificia Universidad Javeriana.

### ***Fase Inicial***

La fase inicial se enfoca principalmente en el levantamiento de requerimientos del proyecto de investigación aplicada, por ello, está conformada por la revisión bibliográfica de las publicaciones a nivel regional, nacional e internacional, suponiendo el análisis de la situación actual para enfrentar la problemática.

Es por este motivo que, es necesario un acercamiento a los elementos tecnológicos que se van a utilizar en la generación de entornos de automatización y de realidad aumentada, teniendo en cuenta los recursos y las herramientas de hardware y software disponibles, en esta fase se realizaran tareas de observación y exploración de los diferentes tipos de mantenimiento e inspección a componentes aeronáuticos.

### ***Fase de Análisis***

En esta fase se indaga e identifica elementos relevantes que aporten y den valor a la solución del problema, definiendo casos de uso, según los requerimientos de la fase inicial.

Entonces, se estudia el consolidado de encuestas (sector aeronáutico), en las que los usuarios expertos han definido sus necesidades reales. Asimismo, se examina metodológicamente cómo las estrategias basadas en TI y RA apoyan y fortalecen el mantenimiento aeronáutico en la identificación de fallas a componentes defectuosos, mejorando y dando valor a dichos procesos. Además, se forjan observaciones de diferentes tipos de mantenimiento a componentes aeronáuticos y la utilización de los manuales del fabricante en cada tarea específica de mantenimiento.

### ***Fase Selección de Herramientas***

Por medio de un estudio sistemático, se identifican las mejores herramientas para desplegar el marco de referencia TI, usando estrategias de RA dentro de un contexto automatizado y su implementación en el mantenimiento aeronáutico para efectos de entrenamiento, detección y solución de fallas.

### ***Fase de Diseño Marco de Referencia TI***

A partir de las necesidades de los usuarios finales, se delinea un esquema que interrelacione herramientas tecnológicas con los objetivos de estudio, permitiendo así integrar un sistema inteligente de diagnóstico y prueba en aeronaves de ala rotatoria (helicópteros) que apoye en la toma de decisiones, en el entrenamiento del personal y al sostenimiento de las aeronaves.

Desde esta perspectiva, se trazaré una interfaz gráfica amigable con el usuario, intuitiva y embebida en sistemas de control automatizados, integrando módulos de prueba que verifiquen las condiciones iniciales de los componentes a probar en base a las herramientas de software. En efecto, en esta fase se integra el diseño de estados y clases para lograr una construcción algorítmica coherente y alta calidad.

### ***Fase de Desarrollo Marco de Referencia TI***

Aplicando la metodología seleccionada para la implementación de recursos, se efectúa la codificación para cada uso en la delimitación y ejecución de pruebas, empleando herramientas establecidas desde la fase inicial y nuevos recursos que se adjunten en el proceso. Luego, se evalúa el procedimiento de mejoras continuas frente a las referencias de etapas implementadas previamente. En definitiva, una característica fundamental en esta fase es dotar a los servicios de versatilidad y usabilidad.

### ***Fase de Implementación***

Se lleva a la práctica, bosquejos de las etapas previas, brindando instrucciones que permitan promover la comprensión del recurso y asegurar la consecución de los objetivos propuestos en la investigación aplicada. Aunado a esto, es de vital importancia el soporte técnico y el mantenimiento de los recursos tecnológicos utilizados, validando el diseño y su usabilidad en un marco de referencia TI.

### ***Fase de Realimentación***

En cada iteración, el análisis de los requerimientos del sistema y su implementación busca establecer de forma clara los aportes y posibles inconvenientes en la ejecución del marco de referencia TI, dado el entorno de trabajo aeronáutico implícito. Al respecto, a partir de los conocimientos previos de los técnicos y especialistas aeronáuticos, de las implicaciones estandarizadas por la autoridad competente en el uso de manuales aeronáuticos, entre otros, se retroalimentan los procesos en las fases precedentes en un ambiente estratégico de mejora continua.

De las evidencias anteriores, en la Tabla 8, se muestra el consolidado de las fases de diseño, actividades y herramientas a utilizar.

**Tabla 8**

*Fases diseño e implementación*

	FASE 1 Inicio	FASE 2 Análisis	FASE 3 Selección de Herramientas	FASE 4 Diseño Marco de Referencia TI	FASE 5 Desarrollo Marco de Referencia TI	FASE 6 Implementación	FASE 7 Realimentación
Actividades	Definir elementos constitutivos del proyecto aplicado y sus alcances. Identificación de recursos.	Aplicación inicial instrumentos de medición, personal experto aeronáutico y recolección de datos. Identificar elementos relevantes y casos de uso.	Identificar las mejores herramientas aplicables al desarrollo de un marco de referencia TI adaptables al estudio.	Diseño aplicativos y arquitectura marco de referencia TI. Diseño máquina de estado. Diseño interfaz gráfica. Diseño módulo de prueba.	Desarrollo ambiente de ambiente de trabajo. Codificación casos de uso. Ejecución de pruebas piloto.	Integración básica en dispositivos. Pruebas de instalación. Diseño de manual preliminar de usuario.	Aplicación instrumentos de medición posterior a la implementación de la propuesta tecnológica. Comprobación de herramientas implementadas. Realizar análisis y correcciones integrando los casos de uso y la comprobación de los requerimientos del sistema.
Herramientas	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas tecnológicas.	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas tecnológicas	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas tecnológicas	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas tecnológicas	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas tecnológicas	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas tecnológicas	Paquete Office, SketchUp, SolidWorks, eDrawings, LabView y demás herramientas consideradas en la propuesta tecnológica.

	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7
	Inicio	Análisis	Selección de Herramientas	Diseño Marco de Referencia TI	Desarrollo Marco de Referencia TI	Implementación	Realimentación
Productos	Consolidados alcances. Consolidación recursos. Consolidación actividades.	Consolidados resultados aplicación instrumentos de medición.	Integración información base adquirida.	Definición de estados, definición de clases.	Diseño código de prueba.	Diseño código de prueba.	Integración instaladores y ejecutables.

*Nota.* La tabla muestra el consolidado de las fases de diseño e implementación de la investigación aplicada, junto con las actividades, herramientas y productos que se estiman alcanzar. Adaptado de Modelo integrador para el diseño de Serious Games con realidad aumentada (p. 26-37), por Ávila, 2019, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

## **Instrumentos de Medición**

En el desarrollo de este estudio, es indispensable recopilar información necesaria para generar bases de conocimiento teóricas y sustentar el progreso del proyecto, por ello, se abordan estudios que ofrecen fuentes de información confiables y pertinentes para la realización la investigación.

### **Fuentes Primarias**

En primera instancia, en este modelo de gestión TI, se han considerado como fuentes internas la población de especialistas aeronáuticos, inspectores, alumnos y jefes de taller pertenecientes al Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación del Ejército Nacional de Colombia en el Fuerte militar de Tolemaida, Nilo – Cundinamarca. Dentro de este marco, en el estudio de información se generan análisis de variables históricas en referencia a la reparación de componentes, detección de fortalezas y debilidades presentes en la realización del mantenimiento de componentes de manera tradicional.

### **Fuentes Secundarias**

En segunda instancia, las fuentes secundarias de información están conformadas por la documentación técnica proporcionada por el fabricante de las aeronaves, tales como, manuales de obligatorio cumplimiento y estadísticas recabadas en referencia a los componentes que hacen parte de esta investigación a nivel local, nacional e internacional. En líneas generales, se ha integrado la búsqueda sistemática con base en datos e información disponible al interior del Ejército Nacional de Colombia.

### **Participantes, Población**

En virtud del estudio de elementos representativos y propios en la investigación, se busca establecer una relación directa entre las características a investigar y las denominadas variables que se estudian en un grupo específico de elementos (Bilbao y Escobar, 2020), en tanto, una vez

establecidas las variables a analizar, la población es definida como el conjunto de elementos en los cuales se analizan dichas variables (Sucasaire, 2022). Por otra parte, los hallazgos y conclusiones en una investigación se basan en el estudio juicioso de la población, sin embargo, no siempre es posible considerar todos los elementos de la población, por tal motivo se busca generalizar resultados a partir de mediciones observadas (Arias y Covinos, 2021).

Dentro de este marco, la población a considerar en esta investigación se caracteriza por ser finita, en efecto, está compuesta por inspectores, técnicos de línea y estudiantes aeronáuticos que hacen parte del laboratorio de aviónica de las instalaciones del Batallón de Especialistas de Mantenimiento.

Como expresa Arias et al. (2016): “La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados” (p. 201). En definitiva, se ha definido la población, objeto del presente estudio, conformada por los expertos aeronáuticos y estudiantes de la especialidad de aviónica, orgánicos del Batallón de Especialistas para el Mantenimiento de la Aviación de la Brigada 32 de Aviación Ejército. Es necesario resaltar que, la conformación del grupo de sujetos o participantes en la investigación, posee características particulares que favorecen responder a los objetivos planteados (Peralta y Ruiz, 2021).

En tanto, al lograr una apropiada selección, se dispone de resultados confiables y es posible extrapolar a otros entornos los descubrimientos obtenidos, asegurando que los hallazgos sean representativos (Arias et al., 2016). Sin embargo, dado el contexto de confidencialidad y las restricciones impuestas por el entorno militar, base de esta investigación, los datos y el acceso al universo de análisis, en su totalidad, son restringidos. Por lo tanto, el levantamiento de requerimientos se lleva única y exclusivamente en la delimitación espacial que se ha elegido para

esta investigación. De lo anteriormente expuesto, se precisa en la Tabla 9, la población a considerar en esta investigación.

## **Tabla 9**

### *Población*

Descripción	Población
Inspectores aeronáuticos	4
Técnicos de línea	19
Estudiantes especialidad aeronáutica	3
Total	26

*Nota.* Esta tabla muestra la población a considerar en la investigación aplicada. Datos alcanzados en el estudio.

En términos generales, la disponibilidad para el levantamiento de información y requerimientos en las unidades militares y batallones que conforman la aviación militar en Colombia delimita la población, en tanto, es requerida una gran cantidad de esfuerzos, tanto logísticos, como económicos para incluir este universo de participantes (Hernández, 2019), dadas las apartadas ubicaciones geográficas de difícil acceso. Aunado a esto, es pertinente considerar los alcances de la investigación y la confidencialidad implícita en el ámbito militar colombiano.

Por tal motivo, se requiere concretar el grupo de estudio, por medio de la elección de una muestra representativa, entendida como un subconjunto del universo o en última instancia, como una parte representativa de la población, integrada a su vez por unidades muestrales (Ortega y Tejedor, 2020). En efecto, el muestreo es una herramienta apta para la investigación científica cuyo propósito principal es determinar la conformación de la población objetivo del estudio, tal como Ortega y Tejedor (2020), mencionan: “El muestreo es un elemento clave en la metodología

de la investigación, ya que implica seleccionar a un grupo de elementos que se utilizarán para dirigir un estudio” (p. 82).

En este contexto, el muestreo se clasifica en probabilístico y no probabilístico, en el primero, se consideran todos los sujetos de la población con igual probabilidad de ser escogidos para ser parte de la muestra, en tanto, los sujetos de análisis presentan un alto grado de dispersión (Hernández, 2019), en el segundo, la elección de los participantes no dependen de la probabilidad, sino más bien, de los principios que los relacionan con la investigación es así como, se seleccionan cuidadosamente, a juicio del investigador, los sujetos de la población utilizando criterios específicos y favoreciendo la representatividad (Peralta y Ruiz, 2021).

De igual manera, los métodos probabilísticos incluyen estrategias como el muestreo aleatorio sistemático, muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio por conglomerados, muestreo aleatorio estratificado y el muestreo polietápicos, entre otros (Martinez, 2019). Luego, los métodos no probabilísticos, hacen referencia a estrategias tales como; muestreo por cuotas, muestreo intencional u opinático, muestreo casual o incidental y muestreo por redes, entre otros (Hernández, 2019). De este modo, tal como se ilustra en la Tabla 10, es posible condensar lo dicho hasta acá, describiendo en detalle los métodos no probabilísticos y sus características.

**Tabla 10***Tipos de muestreo no probabilístico*

Tipo	Descripción	Características
Muestreo por cuotas	Toma estratos de la población, basándose en características propias y procurando la representatividad (Pérez et al., 2020). En tanto, aprovecha características especiales de grupos o estratos para determinar la elección de las muestras. De eso se desprende que, al caracterizar los estratos, el muestreo reside en considerar el número de individuos que reúnen condiciones especiales que de alguna manera representan la población (Hernández, 2019).	Requiere un buen conocimiento de la población. Es un método económico y rápido. Permite el uso de instrumentos, tales como, la encuesta. Uno de sus beneficios principales es; ser favorable para estudios exploratorios rápidos y económicos.
Muestreo intencional u opinático.	Este método pretende conseguir muestras representativas cualitativamente, incluyendo grupos típicos en su análisis. No obstante, se basa en la opinión del investigador quien, a juicio, compone una muestra en función del carácter típico del estudio. Debido a esto, en él se seleccionan intencionalmente los individuos, accediendo a estos mediante convocatorias abiertas.	Requiere el uso de convocatorias, donde los sujetos de estudio acuden voluntariamente. Requiere un gran número de participantes para ser representativo.
Muestreo casual o incidental	Estudia fenómenos de rara ocurrencia o incidencia, por ello, la muestra está constituida por sujetos asequibles en un lugar determinado y en tiempo preciso.	Requiere la inclusión de sujetos de estudio hasta que se complete una muestra representativa. Generalmente, se usa para estudiar enfermedades raras.

Tipo	Descripción	Características
Muestreo por redes	Este método es usado en grupos de difícil acceso, buscando individuos de la población que refieran a otros, así de forma sucesiva, hasta obtener una muestra representativa. Es así como, se localizan individuos según determinadas características, haciendo uso de redes sociales o vínculos mutuos y de amistad	Se usa en poblaciones marginales o de difícil acceso. Permite localizar individuos con características específicas, verbigracia, víctimas de conflictos o comportamientos inaceptables socialmente.

*Nota.* Esta tabla muestra la descripción de los métodos no probabilísticos y sus características. Adaptado de Introducción a los Tipos de Muestreo (p. 76-79), por Hernández, 2019, Revista Alerta, Vol. 2 No 1.

De las evidencias anteriores, a juicio del investigador, fundamentado en el tamaño de la población, la muestra para la actual investigación ha sido seleccionada considerando el 100% del tamaño de la población local, dado que, dicha estrategia permite acceder de una manera más amplia a la recolección de datos, favoreciendo un estudio exploratorio rápido y económico (Hernández, 2019).

En este contexto, se elige un muestreo no probabilístico por conveniencia (Salgado, 2019), que esgrima un tipo de muestreo por cuota (ver Tabla 10. Tipos de muestreo no probabilístico). En última instancia, la elección del 100% de la población se explica al considerar la delimitación espacial de la investigación y los acuerdos de confidencialidad amparados por la directiva permanente 000027 del 06 de marzo de 2019.

En efecto, una de las premisas que apoya la selección de la muestra, es el hecho de que la población es finita, pero de gran tamaño, las limitaciones de tiempo, recursos y el carácter de información reservada del universo a estudiar, son elementos que justifican la elección de la muestra. A juicio de Sucasaire (2022), quien postula que, la unidad de análisis: “Son los elementos que componen la muestra y por tanto también a la población de interés” (p. 18).

En definitiva, al ser la población igual a la muestra y considerar el muestreo de tipo no probabilístico por cuotas, tal como se muestra en la Tabla 11, se considera la unidad de análisis representada por el personal del laboratorio de aviónica de las instalaciones del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación.

**Tabla 11**

*Muestra*

Grupo	Población	Muestra
Personal aeronáutico	26	26
Porcentaje	100%	100%

*Nota.* Esta tabla enseña los elementos que componen la muestra, definida como la unidad de análisis representada por el personal del laboratorio de aviónica. Elaboración propia.

### **Técnicas de Recolección de Datos**

El uso de técnicas de recolección de datos es frecuente tanto en la investigación cuantitativa como cualitativa, dada la facilidad de ejecutar múltiples análisis mientras se captura información relevante y de valor (Conejero, 2020). Aunado a esto, la utilización de cuestionarios, encuestas y test favorece la validez y fiabilidad en la recolección de datos, dando valía a los resultados obtenidos.

En líneas generales, la fiabilidad es entendida como, la precisión en la medida, siendo un atributo que puede ser calculado de diferentes maneras, con el uso de software especializado y herramientas estadísticas (Rodríguez y Reguant, 2020). Vinculado a esto, con la información recabada de datos no estructurados, se procede a realizar una encuesta, elaborada por el investigador, conformada por veintitrés (23) preguntas tipo Likert, es así como, la encuesta utiliza una escala de medición con términos tal como; muy de acuerdo, de acuerdo, ni en acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo y muy desacuerdo, incluyendo puntos medios y extremos sin incorporar etiquetas numéricas.

Es necesario resaltar que, el uso de encuestas que aprovechen la escala tipo Likert, ha mostrado tener un buen rendimiento en las experiencias de investigación exploratoria aplicada

(George y Salado, 2019). De este modo, las encuestas se dirigen a inspectores, técnicos y estudiantes del sector aeronáuticos, en tanto, no hay manipulación ni estimulación con respecto a la realidad del mantenimiento como tradicionalmente se ha realizado en el laboratorio de aviónica de las instalaciones del Batallón de Especialistas de Mantenimiento.

Dentro de este marco, los instrumentos de recolección de información se someten a revisión por parte de inspectores aeronáuticos, práctica que es utilizada consistentemente en el campo de las TIC (Simancas y Guillen, 2021), es por este motivo que, mediante la consulta a expertos, se aborda con mayor fiabilidad y rigor la investigación en términos aeronáuticos. De este modo, se alcanza un enfoque técnico aeronáutico y se obtiene una redacción pertinente a las temáticas estimadas, con relación a la generación de encuestas y aplicación de instrumentos de recolección de datos.

A partir de esto, en la investigación se aplican consultas electrónicas a los sujetos de estudio en el ámbito aeronáutico, es así como, se consigue un acercamiento a las realidades actuales del mantenimiento aeronáutico, considerando la percepción y experiencias en torno al modelo de gestión TI, basado en el Military Standard, usando técnicas de realidad aumentada aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico.

### **Análisis Documental**

Con el objetivo de realizar un estudio documental y contribuir al discernimiento del entorno aeronáutico y su relación con el mantenimiento enmarcado en un modelo de gestión TI, se realiza una búsqueda exhaustiva de información, mediante el uso de fuentes tanto internas como externas a la organización. Es por este motivo que, se consultan bases de datos de fabricantes aeronáuticos, que incluyen manuales técnicos y de operación de obligatorio

cumplimiento, a la vez que, se consideran estadísticas de reparaciones de componentes pertinentes a este estudio, extractadas del sistema de gestión SAP.

Vinculado a esto, el sistema SAP, es un software de origen alemán, nombrado así por sus siglas (Sistemas, Aplicaciones y Procesos), que hace parte del sistema de planificación de recursos empresarial (ERP) del Ejército Nacional de Colombia. De este modo, SAP permite el acceso conveniente e instantáneo a información interna de cada área de la organización de manera confiable y oportuna (Vega, 2016).

Es por esta razón que, SAP armoniza múltiples áreas en la organización, formando un todo integrado, que facilita la comunicación e interacción de datos (Tous et al., 2019), accediendo a grandes cantidades de información que aportan en la toma de decisiones, en el mantenimiento y la gestión de sistemas de información aeronáuticos.

Por otro lado, la versión de SAP 4.6C, es utilizada actualmente por el Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación, aunque, SAP incluye módulos logísticos, de recursos humanos y materiales, entre otros, que se orientan al área del mantenimiento aeronáutico en el sector de la producción, consumo y distribución. En tanto, dicho software, incluye una interfaz de cliente que separa las tareas de usuario de la lógica de aplicación y la administración de datos (Vega, 2016).

En definitiva, la información estadística interna recabada del software SAP, constituye un elemento de suma importancia en el análisis documental, justificando la necesidad de la implementación del modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, aprovechando herramientas disruptivas como lo es la RA y técnicas inteligente de procesamiento en entornos automatizados.

Dentro de este marco, dada la gran rotación de componentes aeronáuticos, cuya reparación afecta económicamente el presupuesto nacional, en el presente modelo de gestión TI, se impacta de manera positiva el mantenimiento aeronáutico, ahorrando gran cantidad de recursos económicos mediante la optimización de métodos de reparación a nivel local de componentes aeronáuticos.

En líneas generales, se analizan fuentes externas de información, tales como, bases de datos confidenciales del fabricante Sikorsky Aircraft Corporation, empresa fundada en 1929, que goza de gran reconocimiento a nivel mundial en el diseño y construcción de helicópteros, con tecnologías de punta para uso militar y civil (FAC, 2020). Vinculado a esto, las aeronaves fabricadas por la compañía Sikorsky Aircraft, son utilizadas por las fuerzas armadas de Estados Unidos, al igual que, fuerzas armadas internacionales y empresas comerciales alrededor del mundo, incluido el Ejército Nacional de Colombia.

En tanto, desde 1990 llegaron las primeras aeronaves al país tipo UH-60 series, dotadas de un sistema de navegación de última generación (FAC, 2020). Es necesario resaltar que, en las bases de datos confidenciales de Sikorsky Aircraft, reposan los manuales técnicos del fabricante, signados TM 1-1520-237-10 que, por otro lado, incluyen el manual del operador para el helicóptero UH-60A, helicóptero UH-60L, helicóptero EH-60A. Dicho con palabras del fabricante de las aeronaves:

Este manual contiene las mejores instrucciones de operación y procedimientos para los helicópteros UH-60A, UH-60L y EH-60A. La misión primaria de este helicóptero es el transporte táctico de tropas, evacuación médica, carga y reconocimiento dentro de las capacidades del helicóptero. Las observaciones de las limitaciones, rendimiento y datos de peso y balance proporcionados son obligatorias. La observación de los

procedimientos es obligatoria, excepto cuando se requiere la modificación debido a múltiples emergencias, condiciones meteorológicas adversas, terreno, etc. Se reconoce su experiencia como piloto y, por lo tanto, no se incluyeron los principios básicos de vuelo. Se requiere que este manual se lleve en el helicóptero en todo momento. (US ARMY AVIATION, 2002, p.36)

No obstante, es imperativo considerar que la distribución de este tipo de documentación es restringida, de uso exclusivo de las fuerzas armadas colombianas. En tanto, en el análisis documental y recolección de datos, se selecciona un conglomerado de textos y documentaciones que incluyen los manuales de mantenimiento y operación de aeronaves de ala rotatoria pertinentes a esta investigación.

Mientras tanto, se subrayan los archivos que se integran al análisis del diseño estructural de las aeronaves tipo UH-60 series que, por un lado, se aprovechan como herramientas para profundizar en el conocimiento de la estructura de la aeronave y por otro lado, consecuentemente son empleados como herramientas que apoyan el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes digitales y la integración automática en entornos virtuales, que agilizan los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico mediante el uso de herramientas de TI.

Si bien es cierto, la imposición del carácter reservado de la información, se citan algunos documentos inspeccionados, a la hora de enfrentar la situación problema, abordada en el presente estudio.

DMWR1-1680-369 Linear Actuator

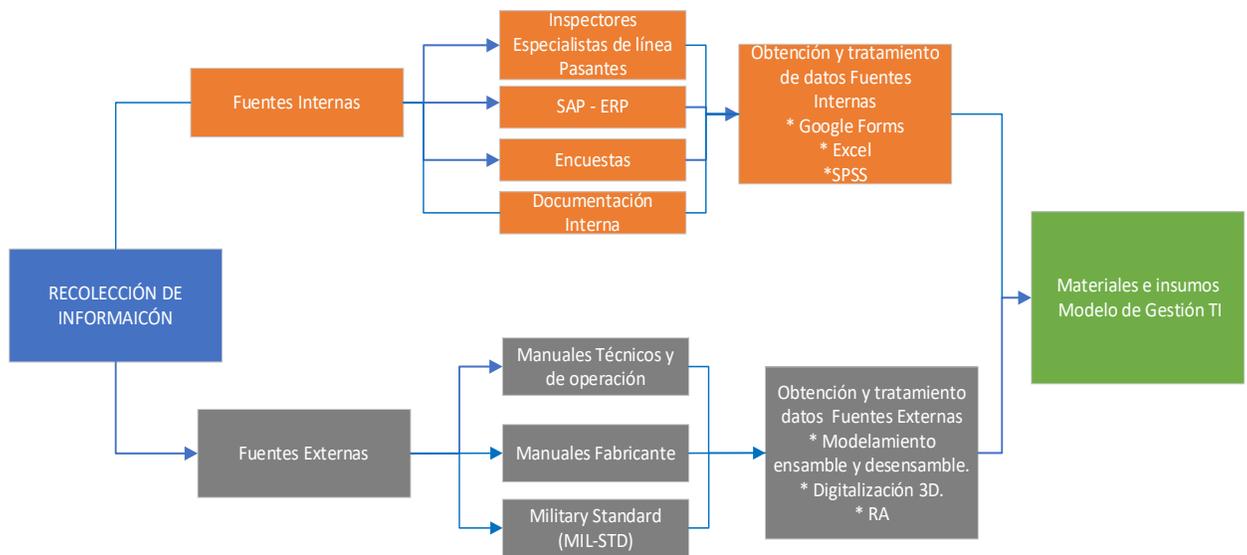
DMWR1-1680-332 Stab. Actuator

DMWR 1-1680-332 Stabilator Electromechanical Linear Actuator

De las evidencias anteriores, se advierte que, los manuales signados DMWR, contienen descripciones detalladas de todos los sistemas que conforman la aeronave, incluyendo su teoría, operación e información, que soportan buenas prácticas de mantenimiento recomendadas categóricamente por el fabricante. En tanto, incluyen listados de herramientas especiales y soporte de equipos que son aplicables a tareas de mantenimiento, así como referencias a materiales requeridos en el desarrollo de tareas de mantenimiento programadas y no programadas (Vega, 2016). Para ejemplificar, se relaciona en la Figura 5, el esquema referido a las fuentes de información consideradas en esta investigación aplicada.

**Figura 5**

*Esquema general fuentes de información*



*Nota.* La figura muestra el esquema general, referido a las fuentes de información consideradas en esta investigación. Adaptado de Aprendiendo metodología de la investigación (p. 30-35), por Mendoza Ramírez, 2020, Guayaquil, Ecuador.

## **Técnicas para el Procesamiento de Información**

En primera instancia, la obtención de datos cuantitativos se realiza mediante la tabulación de repuestas suministradas por los participantes, integrando la herramienta de encuestas de Google Drive, es necesario resaltar que, los formularios de Google Forms permiten la generación de encuestas online, de manera rápida y eficiente, para luego ser distribuidas entre los participantes (Pillajo, 2019). En tanto, una vez realizadas las encuestas, es posible acceder a los resultados a través de hojas de cálculo.

No obstante, con el empleo del software Microsoft Excel, se procede a realizar cálculos estadísticos y medición de variables. A continuación, los resultados son analizados visualmente mediante gráficas y tablas. En segunda instancia, la interpretación de resultados obtenidos será analizada y confronta con la hipótesis planteada, generando conclusiones e inferencias respecto a la aceptación o no, del modelo de gestión TI y el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Vinculado a esto, con el propósito de generar una base de datos confiable y un análisis de variables acertado, se emplea estadística inferencial, con el apoyo de software, tales como SPSS y Microsoft Excel (Hernández, 2019). En este sentido, el software estadística SPSS facilita los cálculos matemáticos y contribuye a la toma de decisiones basadas en los resultados de las encuestas. Dado que, la interpretación de los valores numéricos, tienen en cuenta el ámbito de aplicación, permitiendo identificar diferentes métodos de cálculo (Viladrich et al., 2017), a partir de esto, se proporcionan valores estadísticos, tales como, el coeficiente alfa de Cronbach, con el fin de brindar una interpretación coherente, mediante el uso, de la escala Likert (Rodríguez y Reguant, 2020).

En líneas generales, el coeficiente alfa Cronbach, se formula por medio de ecuaciones que generan estimaciones de fiabilidad de un instrumento de medición, en el que la respuesta

tiene más de dos posibles valores (Rodríguez y Reguant, 2020). Desde la posición de Viladrich et al. (2017), se plantea que:

Se aplica de una forma sencilla mediante la simple suma o promedio de respuestas a los ítems; se puede compartir fácilmente con los revisores y lectores de artículos ... puede obtenerse con un diseño sencillo, basado en una sola administración del cuestionario; se calcula con facilidad gracias a la ayuda de diversos paquetes o entornos de software estadístico como SPSS, SAS o Stata. (p. 755)

Dentro de este marco, se busca expresar la consistencia de las respuestas, a partir de la covariación entre los ítems reportados, considerando que a mayor covariación, mayor es la puntuación del coeficiente alfa (Moral, 2019). Sin embargo, es forzoso considerar las variaciones numéricas en las encuestas, dada las múltiples dimensiones que considera el instrumento de medición. Aunado a esto, es significativo el número de participantes en la encuesta, múltiples autores coinciden en afirmar que, entre más alto sea el número de participantes mayor es la legitimidad del instrumento de medición (Moral, 2019; Ponce et al., 2021; Viladrich et al., 2017). A partir de estas afirmaciones, se presentan tablas y gráficas, que integran el análisis e interpretación, considerando las dimensiones y variables competentes a esta investigación.

### ***Cálculo Coeficiente Alfa Cronbach***

Si bien es cierto que, existen variados procedimientos, la ecuación para calcular el coeficiente alfa de Cronbach, consistentemente en la literatura citada, tiene la siguiente formulación (Rodríguez y Reguant, 2020), como señala la Ecuación 1.

## Ecuación 1

*Cómputo del coeficiente Alfa de Cronbach*

$$\alpha = \frac{k \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right)}{k - 1} \quad (1)$$

*Nota.* La ecuación representa el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, consistentemente usado en la literatura. Tomado de Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach (p. 7), Rodríguez y Reguant, 2020, Universidad de Barcelona.

En donde:

K: Simboliza el número de ítems del instrumento.

$s_i^2$  : Representa la varianza en las puntuaciones en el ítem i.

$s_t^2$  : Incorpora la varianza de las puntuaciones totales del cuestionario.

Es posible considerar que, el uso de software estadísticos, tales como SPSS, facilita las tareas de cálculo (J. Torres, 2021), por medio del suministro de herramientas estadísticas, que permiten analizar y seleccionar elementos apropiables al ámbito de estudio, extractando de manera fácil valores tales como, la media, varianza, covarianzas y correlaciones, entre otros. En tanto, convenientemente el procedimiento resulta relativamente sencillo y rápido (Rodríguez y Reguant, 2020).

## **Consideraciones Éticas**

La investigación se desarrolla en un entorno aeronáutico, contemplando consideraciones éticas dentro de los siguientes aspectos, investigación con inspectores, técnicos especialistas y estudiantes aeronáuticos mayores de edad.

### **Aspectos Éticos del Proyecto de Investigación**

La protección de la integridad de los participantes es una cuestión prioritaria en el actual esfuerzo, por lo tanto, se consideran los criterios éticos, asentados en el respeto, beneficencia, justicia y consideración que garantizan el bienestar de los participantes según la ley 1090 de 2006. Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Psicología, se dicta el Código Deontológico y Bioético y otras disposiciones. 6 de septiembre de 2006. D.O. No. 46383. Y la Resolución 8430 de 1993, [Ministerio de salud Nacional]. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 4 de octubre de 1993, en referencia a los derechos del personal encuestado. Aunado a esto, se siguen los lineamientos de la protección de la propiedad intelectual en el Ejército Nacional No 00027/ 2019, considerando aspectos tales como:

Criterios de respeto, dignidad, bienestar y protección de derechos.

Se garantizan la privacidad y confidencialidad, en relación con datos personales de los sujetos consultados.

### **Pertinencia y Valor Social de la Investigación**

La investigación científica, sin importar el enfoque que utilice, desde el tipo de metodología cuantitativa, cualitativa o mixta, tiene como principal finalidad la producción de conocimiento, en tanto, hace uso de las ciencias tanto naturales como sociales y humanas en su objetivo de estudio. Desde esta perspectiva, la investigación es una práctica que requiere un alto

compromiso ético, personal, profesional y social con respecto a los grupos o individuos que se ven implicados directa o indirectamente en el proceso de investigación (Córdoba, 2020).

En consecuencia, desde el valor social de esta investigación, se espera contribuir al aprendizaje mediante la generación de material significativo que aporte en los procesos educativos y capacitaciones futuras, con nuevas tecnologías que den valor al proceso de aprendizaje en el mantenimiento aeronáutico. Al respecto, se pretende aportar en el ámbito aeronáutico civil, en los talleres de mantenimiento, en empresas del sector aeronáutico, grupos de investigación y comunidad científica en general, con herramientas que apoyen la automatización industrial y el control, que den valor y optimicen el mantenimiento aeronáutico y sus procedimientos.

### **Criterios de Inclusión y Exclusión de Participantes**

La selección de la muestra para el trabajo de investigación consideró como criterios de inclusión la participación de inspectores, técnicos especialistas y estudiantes de mantenimiento aeronáutico, pertenecientes al laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación de la Brigada de Apoyo y Sostenimiento del Ejército Nacional de Colombia, en Tolemaida - Nilo, Cundinamarca. Mientras tanto, en cuanto a los criterios de exclusión se consideró la no pertenencia a la especialidad de aviónica.

### **Procedimiento, Uso de Medios y Adherencia de los Participantes**

En el proceso de captación y adherencia del personal participante, se procedió a hacer uso de los medios digitales, es por este motivo que, en la generación de encuestas se utilizó la plataforma Google Forms. Por otra parte, se enviaron mensajes no estructurados al grupo institucional en la plataforma Zextras Chats, después, se realizó la invitación por este medio a contestar la encuesta virtual.

## **Afectaciones y Repercusiones**

En el desarrollo de esta investigación no existió afectación alguna frente a la dignidad, buena honra y derechos personales de la población consultada, que pudieran vulnerar ningún derecho fundamental. A tal efecto, no se generó ninguna repercusión que alterase la debida protección de los ecosistemas o el cuidado de la fauna o la flora. De igual modo, no se utilizaron muestras biológicas humanas o información genética, a partir de esto, el estudio no incluyó ningún tipo de experimentación con animales o la utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal, vegetal o medioambiental.

## **Declaración Anticipada de Posibles Conflictos de Interés**

En la presente investigación, no se generó conflicto alguno de interés real, potenciales o aparentes, entre los participantes involucrados en el desarrollo de la investigación, dado que, no existió ninguna relación de consanguinidad o de afinidad según el código civil colombiano.

## **Consideraciones de Confidencialidad**

La privacidad de los datos personales de cada uno de los participantes en esta investigación está garantizada, mediante la implementación del sistema de entrega de resultados anónimos alcanzados en el estudio, en todo momento salvaguardando la información y los datos recogidos, garantizando su carácter de clasificado. En consecuencia, en esta investigación se procede de forma coherente con los acuerdos de confidencialidad, mediante la “Autorización Para el Acceso a Información Clasificada”, en el marco del sistema de gestión del Ejército Nacional de Colombia, de acuerdo con la directiva permanente No 000027 que, entre otros aspectos, hace referencia a los lineamientos para la protección de la propiedad intelectual en el Ejército Nacional (MinDefensa, 2019). Mientras tanto, en el Apéndice G, se adjuntan los compromisos de confidencialidad debidamente diligenciados por el personal encuestado.

## **Investigación con Seres Humanos**

En la consolidación de este estudio, se incluyen procesos de investigación con seres humanos, específicamente en la comunidad aeronáutica, lo que sobrelleva la recopilación y el uso de datos personales, así como estrategias, metodologías y marcos de referencia que sirvan en el futuro para la consolidación de un modelo de gestión TI.

Por otro lado, la investigación se ha realizado involucrando actores partícipes de tareas de mantenimiento aeronáutico, consultando sus opiniones de manera aislada sobre la implementación de un modelo de gestión TI basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento Aeronáutico.

En este aspecto, la información recabada, soporta la aplicación de estrategias inteligentes de automatización que busca mejorar los procedimientos aplicados de manera implícita al mantenimiento aeronáutico. Por otra parte, la problemática se abordó y presentó de forma general, apoyándose en resultados estadísticos cuantitativos, evitando la particularización de un participante individual en la valoración y perfilamiento del conocimientos y habilidades específicas alcanzadas.

No obstante, en el marco de la pandemia acaecida por cuenta del COVID-19 y dadas las implicaciones sanitarias y el consecuente aislamiento forzoso, no se consideró pertinente la recopilación de imágenes de los participantes y se ha centrado el interés académico en la compilación de resultados obtenidos utilizando los medios virtuales disponibles. En tanto, los análisis de resultados y conclusiones serán direccionados hacia la identificación de características generales y su difusión no busca de ningún modo pormenorizar en

cuestionamientos de potenciales dificultades de los participantes o de la organización en la que se desarrolla este esfuerzo.

Es por este motivo que, el autor de la investigación considera que no se generan discrepancias ni se vulneran los derechos fundamentales del personal encuestado con su realización, en tanto, durante el desarrollo de esta investigación se siguen los lineamientos de la directiva permanente 000027/2019 para la protección de la propiedad intelectual del Ejército Nacional (MinDefensa, 2019).

### **Consideraciones Éticas Instrumentos de Recolección de Información**

En esta investigación, se protegió la privacidad de los participantes, prevaleció el criterio del respeto a su dignidad, la protección de sus derechos y bienestar (Ministerio de salud, 1993). En tanto, la participación en las encuestas fue voluntaria e informada, por otro lado, solo se usó una codificación para identificar las encuestas durante el análisis de datos, comunicando que la publicación de resultados se hará de forma generalizada, es por esta razón que, no se vincula ningún participante a un número de identificación específico.

## **Diseño Instrumentos de Medición**

En una reflexión crítica, cuyo propósito es fomentar la investigación y generar nuevo conocimiento, es propio desde las referencias bibliográficas consultadas, considerar que, la investigación posibilita el aprendizaje de conceptos por medio de preguntas problematizadoras (Granda, 2015), al respecto, se especula en el desarrollo de estrategias prospectivas que posibiliten la gestión del conocimiento utilizando tácticas tales como, el empleo de cuestionamientos problematizadores (Castelblanco, 2021). En tanto, se da paso a la creación de un contexto apropiado para determinar los criterios en la identificación de requerimientos necesarios para profundizar en la investigación (Sala y Arnau, 2014).

Desde este punto de vista, la consolidación de preguntas problematizadoras se emplea en la conformación de instrumentos de medición aplicados a la población de estudio, en gran medida, este proceso se constituye en una herramienta que propende por la generación de posturas críticas (Grangui, 2022). Por otra parte, se generan planteamientos con acciones concretas en beneficio de la investigación que responden al principio de causalidad, dentro de este marco, se revelan propuestas de valor a favor de la cimentación de una cultura de cambio organizacional, concurriendo en la implementación de un modelo de gestión TI, que integre técnicas de realidad aumentada, aplicadas a tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico. Desde la posición de Márquez y Roca (2006) quienes señalan:

Sin entrar en una discusión epistemológica, en el estudio de los fenómenos naturales y de su explicación científica intervienen distintos procesos: en primer lugar, la observación y la descripción del fenómeno, estudiando sus componentes y su estructura. En segundo lugar, se establecen diferentes tipos de relaciones causales entre los componentes del

fenómeno observado. Para confirmar estas posibles relaciones se hacen comprobaciones, es decir, se buscan evidencias, mediante el análisis experimental, de datos, etc. (p. 68)

Aunado a esto, la categorización de las preguntas problematizadores involucra el requerimiento implícito de que toda pregunta debe derivar de una explicación, debido a esto, la generación de conocimiento debe ser explicativa y no descriptiva (Ramírez et al., 2022).

A partir de lo considerado anteriormente, se determina la pertinencia de cada pregunta problematizadora desde un ámbito causal, favoreciendo la generación de nuevos conocimientos en pro de implementar un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados.

### **Categorías Aplicadas a Cuestionamientos de Instrumentos de Medición**

A partir de las afirmaciones anteriores, se plantean las siguientes categorías, incluyendo una breve descripción de cada una:

#### ***Categoría Descriptiva***

Esta categoría pretende indagar sobre un fenómeno, proceso y su respectiva descripción, al respecto, se procura investigar sobre los métodos específicos que tienen que ver con la implementación de un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados. En síntesis, generalmente esta categoría suministra datos que permiten delimitar y dar sustento, base o apoyo a hechos, fenómenos o procesos que pueden llegar a nutrir la consolidación del modelo de gestión TI en la organización (Bilbao y Escobar, 2020).

### ***Categoría Explicación Causal***

El planteamiento de esta categorización permite indagar el porqué de un atributo perteneciente a un proceso (García et al., 2013), es así como, su utilidad y propósito fundamental es identificar las correlaciones y el comportamiento de un concepto o variable, conociendo la conducta de otra u otras variables (Bilbao y Escobar, 2020). En este aspecto, se investiga sobre una particularidad o característica, proceso o fenómeno puntal (Márquez y Roca, 2006), aplicado en la implementación del marco de referencia en la organización.

### ***Generalidades o Definiciones***

Esta categoría permite indagar la pertinencia o no de un proceso, en tanto, admite la identificación de características o clases, incorporando la correspondencia de un fenómeno a un proceso específico, mediante el análisis, separación y distinción de los componentes de un todo hasta alcanzar a conocer sus principios y elementos constitutivos (Bilbao y Escobar, 2020), en la integración de un marco de referencia TI.

### ***Categoría Comprobación***

Con esta clasificación, se procura dar cuenta del cómo se llega a una determinada afirmación o postura, para ejemplificar, es posible que se requiera la justificación de una metodología específica para validar el proceso (Marimán y Mera, 2018), en tanto, se da valor a la incursión de herramientas de la tecnología de la información en la organización.

### ***Categoría Predicción***

Al considerar esta categoría, se busca determinar hasta qué punto, un patrón o conducta puede ser predicho en la apropiación de un marco de referencia TI, mientras tanto, con el desarrollo teórico, se realiza un acercamiento a patrones de comportamiento, con lo que, se

alcanzan evidencias que permiten validar las predicciones mediante la correlación de variables y patrones (Bilbao y Escobar, 2020).

Vinculado a esto, esta categoría enfatiza el proceso de apropiación en la gestión del cambio, para resolver problemas y evitar una situación que desencadene en riesgo, por ello, se circunscribe en la gestión de cambios futuros, continuidad en los procesos y posibilidades de implementación de nuevos recursos dentro de la organización.

### ***Categoría Gestión***

Esta clasificación procura indagar qué se podría hacer para apreciar un cambio organizacional, integrando metodología y solución de problemas dentro del marco de referencia que compete a este estudio (Marimán y Mera, 2018), en tanto, se consideran alternativas y procedimientos a favor de la generación de mínimos productos viables.

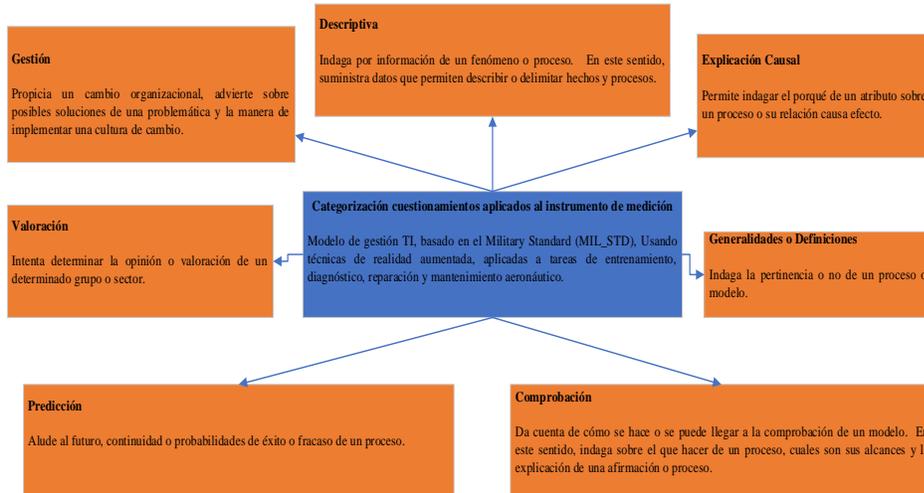
### ***Categoría Valoración***

Pretende determinar la opinión y apreciación de determinado grupo o población, con el fin de validar las hipótesis de la investigación en curso (García et al., 2013), apoyando los procesos de mejora continua.

De lo expuesto anteriormente, en la Figura 6, se tipifica la relación entre las categorías propuestas y los cuestionamientos integrados al instrumento de medición.

## Figura 6

### *Categorías preguntas aplicadas a la medición*



*Nota.* La figura ilustra la relación entre las categorías propuestas y los cuestionamientos integrados en el instrumento de medición. Adaptado de El Planteamiento del Problema, las Preguntas y los Objetivos de la Investigación (p. 5-18) por Sala y Arnau, 2014, Universidad Autónoma de Barcelona y El Desarrollo del Pensamiento Científico a Través de las Preguntas del profesos en Clase, (p. 21-28), por García et al., 2020, Universidad Austral de Chile.

### **Clasificación de Categorías Aplicadas a Instrumentos de Medición**

Con base en las consideraciones teóricas expuestas en este capítulo, se exhibe en la Tabla 12, la clasificación de las categorías utilizadas en la estructuración del instrumento medición, en conclusión, se han estimado las relaciones entre, las bases teóricas de la investigación, los objetivos generales y específicos, al igual que, las variables relacionadas, tanto dependiente como independiente. Dentro de este marco, una vez identificados los elementos del análisis diagnóstica, se procede a desarrollar una propuesta de intervención a la población, con base en requerimientos y necesidades observados dentro de la organización.

**Tabla 12***Tabla de categorización aplicación instrumento*

Ítem	Categoría	Base Teórica	Interrelación	Variable Relacionada
1	Descriptiva	Definición formal de modelo	Obj. General	VD
2	Gestión	Military Estándar (MIL-STD)	Obj. General	VD
3	Generalidades	Estado del arte	Obj. General	VD
4	Gestión	Entornos automatizados	Obj. Específico 3	VD
5	Explicación Causal	Entornos virtuales	Obj. Específico 2	VD
6	Explicación Causal	Modelamiento de componentes	Obj. Específico 1	VI
7	Predicción	Estado del arte	Obj. General – Obj. Específico 2	VD
8	Valoración	Estado del arte	Obj. Específico 2	VI
9	Explicación Causal	Técnicas de procesamiento digital	Obj. Específico 2 - Hipótesis	VI
10	Explicación Causal	Diagnóstico organizacional	Obj. General	VD
11	Explicación Causal	Diagnostico organizacional	Obj. Específico 2	VI
12	Explicación Causal	Diagnóstico organizacional	Obj. Específico 2	VD
13	Explicación Causal	Diagnóstico organizacional	Obj. General	VD
14	Explicación Causal	Diagnóstico organizacional	Obj. Específico 3	VD
15	Predicción	Planteamiento del problema	Obj. General	VI
16	Comprobación	Military Estándar (MIL-STD)	Obj. Específico 3	VD
17	Predicción	Formulación del problema	Obj. General	VD
18	Valoración	Justificación	Obj. General	VD
19	Valoración	Justificación	Obj. General	VD
20	Valoración	Justificación	Obj. General	VD
21	Valoración	Justificación	Obj. Específico 2	VI
22	Predicción	Montaje ensamble y desensamble	Obj. Específico 3	VD
23	Comprobación	Técnicas de procesamiento digital	Obj. Específico 3	VD

*Nota.* La tabla muestra la categorización aplicada al instrumento de medición identificando

categorías, bases teóricas, relación con el objetivo general y específicos y la relación entre variables. Datos alcanzados en el estudio.

## **Análisis Diagnóstico**

En los capítulos que preceden al análisis diagnóstico se ha elaborado la caracterización teórica con base en fuentes bibliográficas, identificando nexos con los objetivos de la investigación, se han reconocido las variables de estudio y las herramientas disruptivas que se planea utilizar en la implementación considerada en el estudio, con el propósito de consolidar un marco de referencia que apoye el mantenimiento aeronáutico con herramientas de TI. Aunado a esto, se procura dar respuestas a los interrogantes del estudio que aporten a las líneas base de la investigación planteada.

Por ello, con la finalidad de establecer la brecha entre el estado actual y el deseado, con relación a la implementación de un modelo de gestión TI, propuesto para la organización, se procede a efectuar el análisis de la situación actual, por último, se busca recabar información necesaria para diseñar las intervenciones del cambio, con lo que es posible tomar decisiones acordes al cumplimiento de los objetivos establecidos en esta investigación (Leyva et al., 2021).

Es así como, se orientan esfuerzos hacia la implementación de un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital de señales en entornos automatizados, basado en el MIL-STD, diseñado para el laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación.

En primer lugar, con el objetivo de determinar la adecuada combinación de recursos que permitan afrontar la solución a las necesidades de la organización, maximizando los beneficios al menor costo y riesgo posible, en tanto, con el análisis diagnóstico se busca definir la correcta dirección que deben tomar los procesos y el conjunto de transformaciones enmarcadas en

herramientas de TI para alcanzar una mejora sustancial con la implementación del marco de referencia propuesto.

En segunda instancia, se procede a la aplicación de instrumentos de medición, con el fin de conocer la percepción actual, sobre el uso de recursos enmarcados en la tecnología de la información, aplicados al mantenimiento aeronáutico en el marco de la revolución 4.0. Por consiguiente, la finalidad del análisis diagnóstico es determinar el grado de madurez en el cual se encuentra la organización respecto al modelo de gestión TI planteado.

En última instancia, se realiza el diagnóstico con la finalidad de presentar propuestas para el desarrollo de un marco de referencia, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y el entrenamiento del personal, por último, la gestión del cambio se implementa de manera gradual, es decir, iniciando con módulos aeronáuticos de alta rotación en el mantenimiento de las aeronaves, orientando esfuerzos a la consolidación de mínimos productos viables que se apoyen en el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, haciendo uso de técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales, con el propósito, de agilizar los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico mediante la inclusión de herramientas de TI.

De manera similar, gradualmente se discurre integrar estrategias de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a la digitalización de los manuales del fabricante de las aeronaves pertinentes, a partir de esto, en el corto y mediano plazo, se espera alcanzar una reducción drástica de costos por concepto de identificación de fallas en los componentes y un ahorro sustancial en tiempo requerido para tareas de reparación y mantenimiento.

Es posible condensar lo dicho hasta aquí, indicando que el desarrollo gradual de una propuesta en la implementación de un modelo de gestión TI, admitirá evaluar el impacto de la

inclusión de la tecnología de la información con herramientas disruptivas tales como la RA y el procesamiento digital de imágenes y señales en el ámbito aeronáutico, con el propósito de validar la usabilidad, el seguimiento y la mejora continua en los procesos de mantenimiento a componentes pertinentes en el estudio.

Por otro lado, en la planeación y preparación de la investigación se presentan tópicos relacionados con la identificación de situaciones que directamente competen a la población que interviene en la investigación, como se hizo referencia en la **Tabla 1**, al considerar aspectos tales como; síntomas, causas, pronósticos y control al pronóstico de la situación actual en la organización. En primera instancia, se busca establecer líneas base de exploración para el análisis y consecución de objetivos establecidos en la investigación y en segunda instancia, validar la hipótesis mostrando los resultados alcanzados en el estudio.

De lo expuesto anteriormente, se establecen las posibles necesidades y oportunidades existentes en la implementación de un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico, usando un marco de referencia, a partir de los supuestos de esta investigación y la experiencia del investigador en el área de mantenimiento aeronáutico.

### **Tópicos Relacionados con la Identificación de la Situación Actual**

Desde el punto de vista de la gestión organización, no existe actualmente un marco de referencia que aporte y de valor en la toma de decisiones en el mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, que propenda por la generación de nuevos proyectos de investigación y desarrollo, basado el Military Estándar (MIL-STD) enmarcados en la revolución 4.0.

Actualmente la organización, adolece de un marco de referencia que apoye las tareas de mantenimiento aeronáutico, que agilice los procesos de inspección y prueba que se llevan a cabo en el laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación. Sin duda, no se ha considerado la pertinencia de un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, que integre tecnologías disruptivas, como la realidad aumentada y el procesamiento digital de señales, desde enfoques pedagógicos y más aún desde rutinas de prueba automatizadas a procesos de diagnóstico y casa falla en componentes aeronáuticos.

Así mismo, tecnologías disruptivas como la realidad aumentada, aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a la digitalización de los manuales aeronáuticos del fabricante no se han implementado dentro de la organización, ni se ha realizado ningún acercamiento a este tipo de técnicas. De igual manera, no hay precedentes en la organización de diseños digitales automatizados que se integren dentro de procesos de mantenimiento aeronáutico, que esgriman el ensamble y desensamble de componentes en 3D, usando entornos virtuales que optimicen y agilicen los procesos de inspección y prueba mediante herramientas apoyadas en TI que, de manera visual, asistan en las tareas de mantenimiento aeronáutico.

De la misma forma, el uso de los manuales aeronáuticos del fabricante de las aeronaves es dispendioso y no se han implementado herramientas tecnológicas que mejoren los procesos de análisis en tareas de diagnóstico y prueba de componentes aeronáuticos, utilizando procesamiento digital de imágenes, automatización, control y modelamiento de componentes en 3D. Por último, se constata el uso inexistente de técnicas digitales, análisis de datos, inteligencia artificial, RA ni tendencia disruptiva alguna, enmarcada TI en procedimientos de inspección y prueba a componentes aeronáuticos.

### **Aplicación Instrumento de Medición**

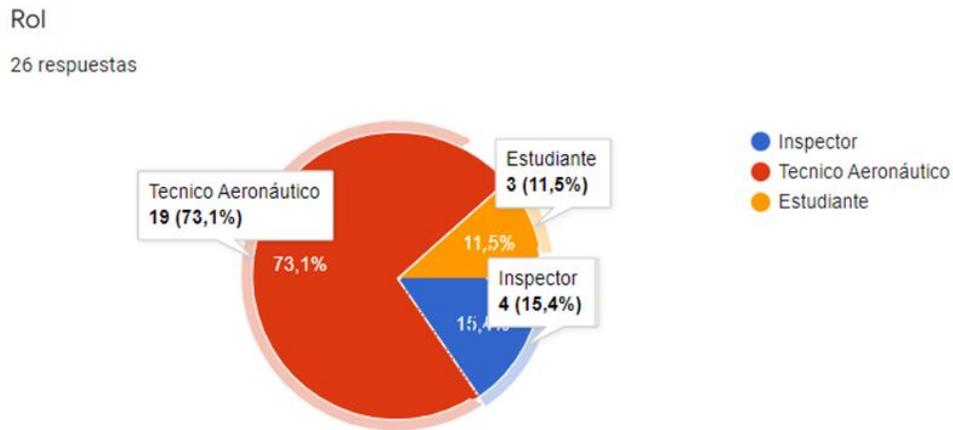
El instrumento de medición seleccionado fue la encuesta, dicho instrumento se adaptó para el uso de preguntas generadas a partir de los lineamientos expuestos en la Tabla 12. Al mismo tiempo, el Apéndice I, asocia el modelo de encuesta generado, usado como instrumento de medición, a partir de esto, se hizo partícipe a la población elegida otorgando el acceso a la encuesta, a través del enlace: <https://forms.gle/6oMywer45BJQbC6cA>. Vinculado a esto, en el Apéndice H, se confiere acceso a los certificados de confidencialidad y consentimiento informado diligenciados, procediendo de acuerdo con la directiva permanente 000027/2019, Lineamientos para la protección de la propiedad intelectual en el Ejército Nacional (MinDefensa, 2019).

### **Resultados Aplicación Instrumento de Medición**

De acuerdo con los procedimientos especificados en el diseño de la investigación, se presentan los resultados cuantitativos obtenidos con la aplicación del instrumento de medición, asimismo, los datos calculados con base en herramientas: Google Forms, Microsoft Excel y el software estadístico SPSS. Es por esta razón que, en la Figura 7, se visualiza la totalidad de la población encuestada en este estudio con su respectivo valor porcentual.

## Figura 7

### Discriminación población encuestada por rol



*Nota.* En la figura se exhibe la estimación correspondiente al 73.1% de la población perteneciente a técnicos aeronáuticos, un 11,5% correspondiente a estudiantes aeronáuticos y un 15,4% pertenecientes a inspectores aeronáuticos. Tomado de Google Forms.

### Análisis de Fiabilidad Instrumento de Medición

En términos generales, todo instrumento de medida debe reunir características esenciales como confiabilidad y validez, en tanto, la primera se refiere al grado en que el instrumento reiterativamente aplicado al mismo objeto, produce resultados semejantes, mientras que, la validez hace referencia al grado en que un instrumento de medición realmente mide las variables que pretende intervenir (Orozco, 2019). En líneas generales, un análisis de fiabilidad permite inspeccionar las propiedades de la escala de medición, el procedimiento de análisis permite calcular un número de confiabilidad que normalmente proporciona información de las relaciones de los elementos individuales de la escala aplicada.

A partir de esto, el análisis de fiabilidad se realiza mediante el método de consistencia interna, a través del coeficiente estadístico Alfa de Cronbach, usado recurrentemente en la literatura para la aplicación en escalas politómicas (Cadena et al., 2019), como es el caso de la



*Nota.* La figura muestra la vista principal de los datos del software SPSS, donde se almacenan los datos organizados en variables (columnas) y casos (filas). Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

**Figura 9**

*Vista de variables software SPSS*

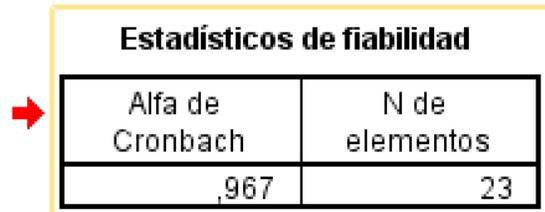
Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
Label	Numérico	12	0		Ninguna	Ninguna	5	Derecha	Escala	Entrada
Marcatemp...	Fecha	11	0	Marca temporal	Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
Rol	Cadena	20	0		Ninguna	Ninguna	13	Izquierda	Nominal	Entrada
@1.Descrip...	Numérico	12	0	1. Descriptiva	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@2.Gestión	Numérico	12	0	2. Gestión	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@3.Definici...	Numérico	12	0	3. Definiciones	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@4.Gestión	Numérico	12	0	4. Gestión	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@5.Explica...	Numérico	12	0	5. Explicación ...	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@6.Explica...	Numérico	12	0	6. Explicación ...	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@7.Predicci...	Numérico	12	0	7. Predicción	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@8.Valoraci...	Numérico	12	0	8. Valoración	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@9.Explica...	Numérico	12	0	9. Explicación ...	Ninguna	Ninguna	2	Derecha	Ordinal	Entrada
@10.Actual...	Numérico	12	0	10.Actualmente...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@11.Explic...	Numérico	12	0	11. Explicación...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@12Explica...	Numérico	12	0	12. Explicación...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@13.Explic...	Numérico	12	0	13. Explicación...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@14. Explic...	Numérico	12	0	14. Explicación...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@15.Predic...	Numérico	12	0	15. Predicción	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@16.Compr...	Numérico	12	0	16. Comprobaci...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@17.Predic...	Numérico	12	0	17. Predicción	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@18.Valora...	Numérico	12	0	18. Valoración	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@19.Valora...	Numérico	12	0	19. Valoración	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@20.Valora...	Numérico	12	0	20. Valoración	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@21.Valora...	Numérico	12	0	21. Valoración	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@22.Predic...	Numérico	12	0	22. Predicción	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@23.Compr...	Numérico	12	0	23. Comprobaci...	Ninguna	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada

*Nota.* La figura muestra la vista de variables del editor de datos SPSS, que permite llevar a cabo todas las tareas relacionadas con la definición de variables como son, la asignación de nombres y etiquetas, función de tipo de variable y asignación de casos necesarios. Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

El análisis de fiabilidad global arroja el número de elementos considerados, con un Alfa de Cronbach de 0.967, un resultado muy cercano a uno (1), que resulta muy favorable a la hora de ratificar la fiabilidad del instrumento, como se evidencia en la Figura 10.

## Figura 10

*Resultado prueba fiabilidad instrumento software SPSS*



A screenshot of the SPSS 'Estadísticos de fiabilidad' (Reliability Statistics) output. The table shows a Cronbach's Alpha of .967 and a total number of items of 23. A red arrow points to the first row of the table.

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,967	23

*Nota.* La figura muestra los resultados de la prueba de fiabilidad utilizando la herramienta SPSS.

Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

El análisis de fiabilidad global arroja el número de elementos considerados, con un Alfa de Cronbach de 0.967, un resultado muy cercano a uno (1), que resulta muy favorable a la hora de ratificar la fiabilidad del instrumento.

En tanto, los resultados del Alfa de Cronbach obtenidos después de aplicar la encuesta se refieren en la Tabla 13, dichos resultados están fraccionados por categorías, consideradas en este estudio. No obstante, con el análisis de confiabilidad realizado, se observa que todas las categorías fueron aceptadas, dado su valor numérico mayor a 0.9, siendo así, un instrumento válido y confiable para su aplicación en términos de análisis estadístico.

## Tabla 13

*Estadística total categorización análisis SPSS*

Categorización	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
1. Descriptiva	,965
2. Gestión	,965
3. Definiciones	,967
4. Gestión	,966

Categorización	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
5. Explicación Causal	,964
6. Explicación Causal	,964
7. Predicción	,964
8. Valoración	,965
9. Explicación Causal	,964
10. Explicación Causal	,967
11. Explicación Causal	,966
12. Explicación Causal	,965
13. Explicación Causal	,964
14. Explicación Causal	,966
15. Predicción	,965
16. Comprobación	,967
17. Predicción	,965
18. Valoración	,967
19. Valoración	,965
20. Valoración	,964
21. Valoración	,965
22. Predicción	,965
23. Comprobación	,967

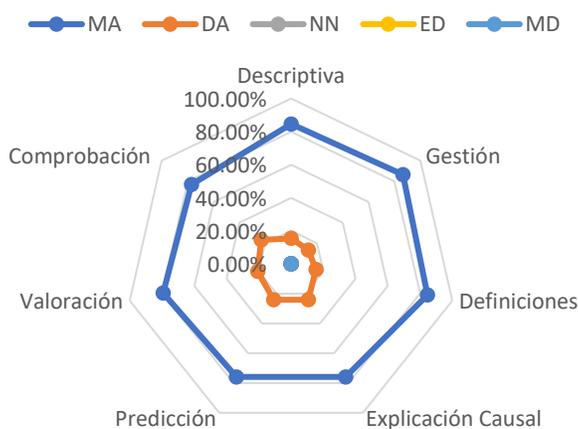
*Nota.* La tabla muestra los resultados del Alfa de Cronbach obtenidos después de aplicar el instrumento de medición, dichos resultados están fraccionados por categorías, consideradas en este estudio. Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

Para concluir, en la Tabla 14, se visualiza el consolidado de los resultados obtenidos al aplicar el instrumento de medición a la población, dada la categorización establecida, con la

finalidad de alcanzar un gran detalle en el análisis de resultados. De las evidencias anteriores, en la Figura 11, se muestra el gráfico radial resultado de la categorización de la encuesta aplicada, a partir de esto, cuanto más se asemeja la medición gráfica a la forma heptagonal, más positiva es la respuesta de la población a las categorías consideradas.

**Figura 11**

*Resultados categorización encuesta*



*Nota.* En la figura se ilustra los resultados de la categorización aplicada al instrumento de medida. Tomado formulario de Google Forms, considerando las abreviaturas indicadas: Muy de Acuerdo=MA, De Acuerdo=DA, Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN, En Desacuerdo=ED, Muy Desacuerdo=MD.

**Tabulación de Datos Instrumento de Medición**

Por otra parte, en la Tabla 14 se muestra el consolidado de los resultados obtenidos a partir de la encuesta inicial, suponiendo: categorías, una breve descripción, valores porcentuales de la medición y el análisis de resultados al instrumento aplicado.

**Tabla 14***Resultado y análisis encuesta inicial aplicada a la población*

Categoría	Ítem	Descripción	Resultado					Análisis
Descriptiva	1	Partiendo de la definición conceptual de modelo, se realiza una breve descripción explicativa a la población encuestada de la terminología, con el fin de, identificar elementos constitutivos de un modelo de gestión aplicado a los procesos de mantenimiento aeronáutico, cuya implementación, apoye las tareas de mantenimiento, en tanto, aporte y de valor a los procesos de inspección y prueba automatizados que utilicen herramientas de TI.	MA 84.6%	DA 15.4%	NN 0%	ED 0%	MD 0%	Un 84.6% de la población está muy de acuerdo con la implementación de un marco de referencia que agilice los procesos de inspección y prueba, en tanto, un 15,4% está de acuerdo. Por consiguiente, esta categorización impacta de manera directa la comprobación del objetivo general del estudio y da valor a una implementación en la organización.
Gestión	2-4	Al considerar esta categoría, se busca identificar y justificar las características principales de un modelo de gestión TI y su aplicación a entornos automatizados, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital, en entornos automatizados, basado en el MIL-STD. Con este fin, se evalúa el impacto del modelo gestión TI, usando RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad de mínimos productos viables, mediante un seguimiento y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI.	MA 86.6%	DA 13.4%	NN 0%	ED 0%	MD 0%	El resultado de la aplicación del instrumento en esta categorización arroja que, un 86.6% de la población encuestada está muy de acuerdo con el aporte que se alcanzaría mediante una gestión TI, mientras que, el 13.4% está de acuerdo. En líneas generales, esta categoría impacta de forma directa la validación del objetivo general y el objetivo específico 3. En definitiva, favorece de manera efectiva la ejecución del modelo de gestión TI en la organización y la futura evaluación del impacto tras su implementación.
Generalidades o definiciones	3	Con la inclusión de esta categorización, en términos generales, se pretende definir los alcances de la implementación de un modelo de gestión TI y las connotaciones positivas en el apoyo y toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico, considerando, el entrenamiento del personal al integrar tendencias disruptivas a partir de la revolución 4.0 y sus herramientas de TI en el mantenimiento aeronáutico colombiano.	MA 84.6%	DA 15.4%	NN 0%	ED 0%	MD 0%	La aplicación de este ítem, al instrumento de medición, revela que un 84.6% de la población está muy de acuerdo con la categorización aplicada, mientras que, un 15,4% está de acuerdo. Dentro de este marco, se considera una relación directa con el objetivo general del estudio, en tanto, se da valor a la implementación futura en la organización.

Categoría	Ítem	Descripción	Resultado					Análisis
Explicación Causal	5-6-9-10-11-12-13-14	Este ítem, es integrado con la finalidad de indagar sobre los procesos que se llevan a cabo en la organización y particularizar características aplicadas a la implementación del modelo de gestión TI, en aspectos tales como, la utilización de entornos virtuales, construcción de modelos tridimensionales, ensamble y desensamble de piezas aeronáuticas en 3D. Sobre el particular, se evalúa la usabilidad de la RA como herramienta que permite la integración dentro del ámbito aeronáutico de procesos disruptivos. Recapitulando, desde la relación causa efecto se busca evaluar el impacto del modelo gestión TI, usando herramientas de RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI.	MA 75.9%	DA 24.1%	NN 0%	ED 0%	MD 0%	A partir de los resultados obtenidos, se aprecia en la población encuestada, la valoración positiva respecto a la usabilidad de entornos virtuales, en tanto, se considera la inclusión de modelos tridimensionales en los procesos de optimización de recursos enmarcados en TI, como elementos implícitos, que aportan a la identificación de herramientas disruptivas aplicadas al mantenimiento aeronáutico. Es por esta razón que, la medición es positiva, desde la consolidación del objetivo general y los objetivos específicos. En consecuencia, un 75,9% de la población encuestada está muy de acuerdo con los elementos enmarcados en el modelo de gestión TI y un 24.1% está de acuerdo.
Predicción	7-15-17-22	Con la inclusión de esta categoría, se dejan en claro, aspectos referentes a la apropiación del modelo de gestión TI, que apoye en la solución de problemas de mantenimiento aeronáutico y evite situaciones que desencadenen en riesgo. En tanto, es considerada la gestión de cambios futuros y la posibilidad de implementar un marco de referencia, que aporte en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento en entornos automatizados. Para concluir, en la población encuestada se indagó, en aspectos tales como, la identificación de estrategias inteligentes de	MA 75.9%	DA 24.1%	NN 0%	ED 0%	MD 0%	El aporte a la medición de este ítem, predice una aceptación significativa por parte de la población encuestada, en la implementación de un futuro modelo de gestión TI, en consecuencia, se observa una valoración positiva respecto a la usabilidad futura de herramientas de TI en el ámbito aeronáutico, incluyendo la integración de modelos tridimensional de piezas aeronáuticas y la incursión de tecnologías como la realidad aumentada y el procesamiento de señales, que apoyen en la toma de decisiones aeronáuticas.

Categoría	Ítem	Descripción	Resultado					Análisis
		realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante, mediante un modelamiento de gestión TI.						Desde esta perspectiva, el 75.9% de la población encuestada, considera estar muy de acuerdo, mientras un 24.1% está de acuerdo. En términos generales, la identificación de esta categoría aborda aspectos considerados en el objetivo general y los objetivos específicos de este estudio.
Valoración	8-18-19-20-21	Esta clasificación, procura identificar la opinión y apreciación de la población encuestada, en términos de valoración, con el fin de validar la futura implementación de un modelo de gestión TI, basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada y procesamiento digital de señales en entornos automatizados. De esto se desprende que, las futuras implementaciones, admitirían mejorar el apoyo, en tareas tales como, el entrenamiento del personal, el diagnóstico, la reparación y el mantenimiento a componentes aeronáutico.	MA	DA	NN	ED	MD	En definitiva, en aspectos referentes a la valoración de la incursión de herramientas de TI y tecnologías disruptivas que apoyen la toma de decisiones aeronáuticas, en referencia al mantenimiento aeronáutico, la medición del instrumento arroja resultados efectivos, a partir de una valoración del 79.3% (muy de acuerdo) y un (20.7%) de acuerdo. En tanto, se favorece el cumplimiento, del objetivo general y el objetivo específico 2, considerados en esta investigación.
Comprobación	16-23		MA	DA	NN	ED	MD	

Categoría	Ítem	Descripción	Resultado					Análisis
		Con el objeto de considerar las posturas de la población encuestada, frente al impacto que tendría un modelo gestión TI, usando RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI, se aplica la categoría de comprobación al instrumento de medida. Desde esta perspectiva, se pretende admitir la usabilidad de mínimos productos viables en la integración de herramientas de TI que porten a los procesos de mantenimiento, diagnóstico y reparación de componentes aeronáuticos enmarcados en el cumplimiento de las normas MIL-STD, en el contexto de la revolución industrial 4.0.	76.9%	23.1%	0%	0%	0%	La iniciativa de efectuar la comprobación mediante la entronización de mínimos productos viables en las tareas de mantenimiento aeronáutico, goza de gran aceptación entre la población encuestada. Proporcionando como resultado, un 79,9% de la población está muy de acuerdo y un 23.1% de la población está de acuerdo. En tanto, la consideración de esta categoría concierne directamente a la comprobación del objetivo específico 3 del estudio.

*Nota.* La tabla muestra los resultados y análisis de la encuesta inicial aplicada a la población, identificando categorías, objeto de la categorización , resultados y análisis donde se relacionan el objetivo general y los objetivos específicos. Análisis con base en datos tomados de respuestas formulario Google Forms, considerando las abreviaturas indicadas: Muy de Acuerdo=MA, De Acuerdo=DA, Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN, En Desacuerdo=ED, Muy Desacuerdo=MD.

## **Estructuración Propuesta Modelo de Intervención**

Desde una presentación rigurosa de la conceptualización y aplicación formal de la tecnología, de manera concreta, se plasma la propuesta posterior al análisis diagnóstico, realizado en la población de estudio, desde aspectos tanto tecnológicos como didácticos. De esto se desprende que, una vez considerados los resultados de la prueba diagnóstica aplicada a la población, datos condensados previamente en la Tabla 14, se procede a desarrollar la propuesta tecnológica a partir de la implementación de un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados, basado en el MIL-STD.

Es por este motivo que, específicamente se considera la posibilidad de integrar el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales, que agilicen los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico, mediante el uso de herramientas de TI. En consecuencia, la propuesta tecnológica permite identificar estrategias inteligentes de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante de las aeronaves pertinentes, mediante la implementación de un marco de referencia TI, que reduce drásticamente costos por concepto de entrenamiento y tiempo en la identificación de fallas en los componentes aeronáuticos.

A partir de lo anterior, es posible evaluar el impacto del modelo de gestión TI, usando herramientas de realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimiento y realimentación continuos en la integración de metodologías y estrategias de TI aplicadas a la conformación de mínimos productos viables.

## **Selección Tecnológica**

Con el objetivo de vislumbrar las posibilidades y límites de la tecnología considerada en este estudio, se realiza un sondeo especializado en el marco de esta investigación, dado que es preciso conocer el contexto tecnológico en referencia a los elementos utilizados para generar realidad aumentada, fundamentado en herramientas relevantes, tales como la integración de estrategias inteligentes de automatización y control. Para lo anterior, en primera instancia se realiza un análisis de las plataformas existentes para la generación de un marco de referencia y se determinan las mejores opciones que favorecen el diseño e implementación.

Complementariamente, en segunda instancia, se consideran los criterios de aceptación designados y se procede a la generación de aplicaciones que apoyen el mantenimiento aeronáutico desde elementos disruptivos afianzados en TI.

## **Estructura del Producto Tecnológico**

Es necesario resaltar que, una vez analizados los resultados de la prueba diagnóstica aplicada a la población, cuya valoración están consignada en la Tabla 14, se procede a la implementación de una propuesta tecnológica mediada por realidad aumentada y el modelamiento de componentes tridimensionales, integrando el ensamble y desensamble de mecanismos en 3D, inmerso en procesos automatizados. Para esto, J. Ramos (2019) expresa que: “Existen diversas plataformas informáticas que permiten la modelización 3D de la infraestructura y/o la gestión de sus datos” (p. 18).

Por otra parte, se propende por el fortalecimiento de competencias en el ámbito aeronáutico, elegido paradigma de diseño, orientado a la generación de un producto tecnológico con base en los componentes que hacen parte del sistema del estabilizador de vuelo de las aeronaves de ala rotatoria, específicamente el conjunto de actuadores electromecánico. No

obstante, dicho componente electromecánico es designado para la generación de un mínimo producto viable, dada la cantidad de elementos que lo conforman, la rotación de componentes que generalmente son reparados y el mecanismo electromecánico que contiene su diseño.

Por otra parte, en la Figura 12, se presentan datos extractados del sistema de gestión SAP, en donde se contempla la estadística de reparaciones del conjunto de actuadores electromecánicos llevadas a cabo en los últimos 5 años. Finalmente, se observa que en este período de tiempo se han realizado reparaciones a 137 componentes aeronáuticos. De este modo, la alta rotación del componente aeronáutico es considerada un criterio de aceptación para la generación y consolidación de un mínimo producto tecnológico viable.

### **Figura 12**

*Estadística rotación actuador electromecánico, datos extractados SAP*



*Nota.* La figura ilustra la estadística de la reparación del elemento conjunto de actuadores electromecánicos del sistema estabilizador de cola en los últimos 5 años. Datos estadísticos internos organización, extractados sistema SAP, comprenden la estadística de reparaciones del conjunto de actuadores electromecánicos en el período comprendido entre el 2018 y lo corrido del 2022.

A partir de los datos técnicos extractados del manual del fabricante aeronáutico y la conformación de un modelamiento en 3D de componentes aeronáuticos, haciendo uso de software de desarrollo CAD, se consolida el ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D. Para esto, se da cumplimiento rigurosamente al objetivo específico 1 de este estudio, en definitiva, considerando el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes e integración automática en entornos virtuales, que agilicen los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento mediante el uso de herramientas de TI. Por otro lado, se analizan alternativas para la implementación e integración de herramientas de modelamiento computacionales CAD de manera exhaustiva.

### **Integración Diseño CAD**

El diseño asistido por computador (CAD), permite utilizar gran cantidad de herramientas que aportan a la visualización de elementos mecánicos por medio de dispositivos digitales, constituyéndose en una herramienta de valor que aporta a la digitalización y automatización de procesos (Proaño, 2019). Mientras tanto, para cada uno de los elementos constitutivos del conjunto de actuadores electromecánicos, es preciso realizar un modelamiento detallado en 3D, como expresa L. García et al. (2021):

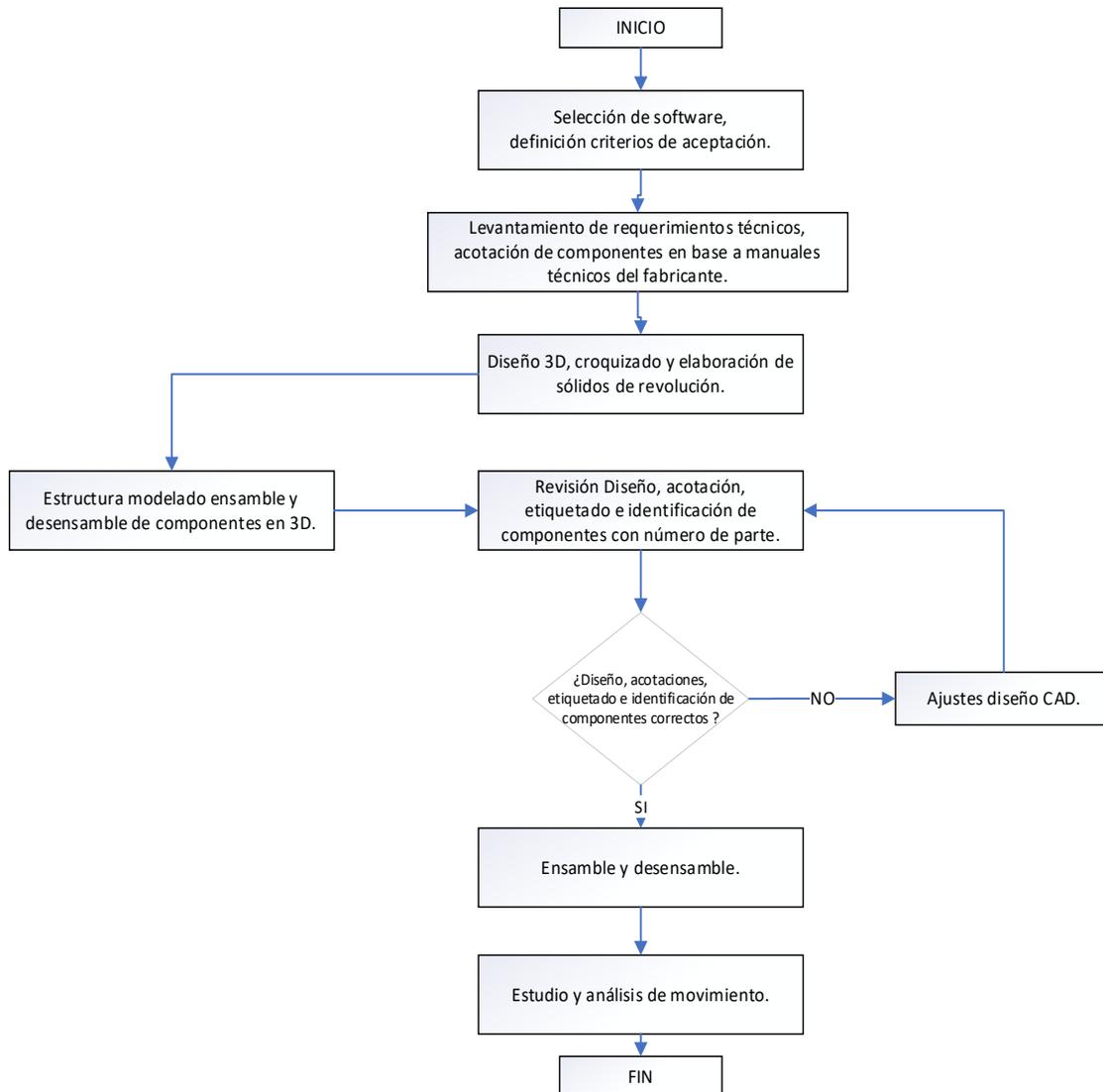
El diseño asistido por ordenador (CAD) permite a diseñadores e ingenieros, entre otros, crear modelos virtuales que tratan de reproducir fielmente las características principales de un producto, como pueden ser el tamaño o la forma de cada uno de sus componentes, posibilitando además la simulación de imágenes virtuales. (p. 56)

En efecto, en el presente esfuerzo, se busca verificar las respectivas acotaciones, utilizando una escala real con base en las consideraciones técnicas del manual del fabricante, en

tanto, en la Figura 13, se exhibe el diagrama de flujo del prototipado de cada uno de los elementos constitutivos en 3D de los componentes aeronáuticos.

### Figura 13

Diagrama diseño ensamble y desensamble en 3D de componentes aeronáuticos



*Nota.* La figura ilustra el diagrama de prototipado de elementos constitutivos en 3D de los componentes aeronáuticos. Diseño propuesto en el estudio, autoría propia.

Es necesario resaltar que, son múltiples las opciones disponibles en el mercado a la hora de elegir un software CAD de altas prestaciones para el modelado del ensamble y desensamble en 3D de componentes aeronáuticos, no obstante, los considerados más representativos por sus características y usabilidad, en el ámbito aeronáutico, se muestran en la Tabla 15, identificando sus ventajas y desventajas más significativas, con base en los requerimientos y el análisis alcanzado en el estudio.

**Tabla 15***Comparativo software CAD modelado ensamble y desensamble en 3D*

Software	¿Integra RA?	Compatibilidad	Ventajas	Desventajas
AutoCAD	No	Windows, MacOS, iOS, Android.	Diseño aplicado a la ingeniería en la creación de modelos y ensamblajes de altas prestaciones. Así mismo, se trata de un Software configurable para administración de capas. De igual forma, permite integrar cotas de ingeniería mecánica inteligentes. Para concluir, el software admite gran compatibilidad, operación en 2D y 3D.	Es considerablemente costoso en términos de licenciamiento. Lo anterior dado que, su curva de aprendizaje es elevada, posee innumerables funcionalidades muy especializadas. Aunado a esto, AutoCAD no posee características que admitan compatibilidad directa con herramientas de RA.
Autodesk Inventor	No	Windows.	En términos generales, es más práctico que el diseño manual, de eso se desprende que, facilita la creación de apps mediante la generación de bloques de forma intuitiva y gráfica, sin conocimientos avanzados en programación.	Se considera de bajo nivel al detallar superficies, al respecto, no es muy intuitivo a la hora de crear ensamblajes y posee poca flexibilidad. En ese mismo contexto, solo funciona mediante conexión a Internet.
Blender	Si	Windows, Mac OS, Linux.	Usado por artistas y diseñadores gráficos, asimismo, es gratuito y se constituye en una herramienta útil para el modelado en 3D.	Sin embargo, requiere conocimientos técnicos en programación para aprovechar todas sus herramientas.

CATIA	No	Windows.	Permite el diseño y montaje mecánico, admitiendo la funcionalidad de fabricación de moldes (automatización en aeronáutica).	Es un software costoso y demanda el consumo de recursos computacionales elevados.
Fusión 360	Si	Windows, MacOS.	Admite funcionalidades de diseño técnico profesional en la fabricación de circuitos impresos, además, facilita el renderizado y la visualización en 3D.	En síntesis, no se ha implementado ampliamente en la industria, al ser relativamente novedoso y por la escasa información disponible en internet.
Google Sketchup	No	Windows, Mac.	Software orientado al modelamiento en 3D de edificios, paisajes y escenarios (Ger y Peregrina, 2021).	Es considerado un software de bajo nivel, en comparación con sus competidores en la industria.
Siemens NX	No	Windows, MacOS, Linux.	Permite el diseño paramétrico, estudio estático y dinámico mediante análisis de elementos finitos. En ese mismo contexto, posee características de diseño, simulación y fabricación de altas prestaciones (A. García y Becerra, 2021).	Sin embargo, es considerablemente costoso, en tanto, su curva de aprendizaje es elevada, es así como, posee innumerables funcionalidades especializadas que requieren un alto conocimiento técnico. En términos generales, su operación consume grandes recursos computacionales en procesamiento y memoria.
Solid Edge	Si	Windows	Facilita la creación de diseños mecánicos en 3D, mediante parámetros que incluyen el modelado de sólidos, ensamblajes y dibujos dimensionales, entre otros (Peña y Vélez, 2019).	Es costoso en términos de licencia y requiere altas prestaciones computacionales para su operación.

SolidWorks	Si	Windows, MacOS, iOS, Android.	Es considerado un excelente modelador en 2D y 3D, al respecto, su diseño parametrizado es relativamente fácil de operar. En tal sentido, cuenta con: diseño mecánico, eléctrico y electrónico, para efectos de cálculo, integración y simulación.	De igual manera, requiere una considerable inversión en tiempo, cuando de modelar piezas complejas se trata. Por otro lado, se resalta que cuenta con un motor de renderizado aceptable. Para concluir, en su software embebido posee funcionalidades de altas prestaciones compatibles con RA.
------------	----	-------------------------------	---	---

*Nota.* La tabla muestra el comparativo de software CAD utilizados para modelar el ensamble y desensamble en 3D, considerando compatibilidad, ventajas y desventajas. Adaptado de Análisis de la Eficiencia de los Software Utilizados en la Industria Colombiana para Modelar Piezas en 3D que Puedan Ser Utilizadas en la Manufactura de Moldes de Inyección (p. 45), por R. Quintero, 2019, Universidad Antonio Nariño y Desarrollo de un Recurso Virtual para las Prácticas de Laboratorio de Neumática Haciendo uso de la Realidad Aumentada (p. 62), por Beltrán y Rodríguez, 2022, Universidad Santo Tomás.

## **Criterios de Selección Software Modelado Ensamble y Desensamble en 3D**

Este es un componente decisivo en la implementación y consolidación de la propuesta tecnológica, en el presente estudio. Para esto, en la Tabla 15, se han estimado posibles software candidatos, tales como, AutoCAD, SolidWorks, Autodesk Inventor, Fusión 360, NX, CATIA, Solid Edge, Google Sketchup y Blender. Al mismo tiempo, con base en los análisis bibliográficos que los posiciona como aplicativos de valor a la hora de ejecutar un modelamiento en 3D de componentes aeronáuticos.

Es probable que, los softwares mencionados, aporten un sinnúmero de aspectos significativos y efectivos al diseño. Es por esta razón que, es necesario identificar cada uno de los aspectos relevantes a la hora de tomar decisiones por lo que se han elegido criterios de selección tales como; su connotación al integrar funcionalidades profesionales, características de interfaz intuitivas, calidad en el diseño, curva de aprendizaje, conocimientos previos del investigador, compatibilidad con plataformas de desarrollo y coincidencia con herramientas de realidad aumentada.

Mientras tanto, la clasificación de los posibles softwares aplicables a la implementación tecnológica considera características críticas indispensables en la consolidación y ejecución. En efecto, para tal fin, se califican usando una escala de uno a cinco, siendo uno el de menores capacidades y 5 el mejor a la hora de identificar su relevancia y valor en el diseño. Por consiguiente, en la Tabla 16, se muestra la valoración asignada a juicio del investigador, con base en los criterios de selección de software candidatos para el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D.

**Tabla 16***Crterios de seleccin software CAD*

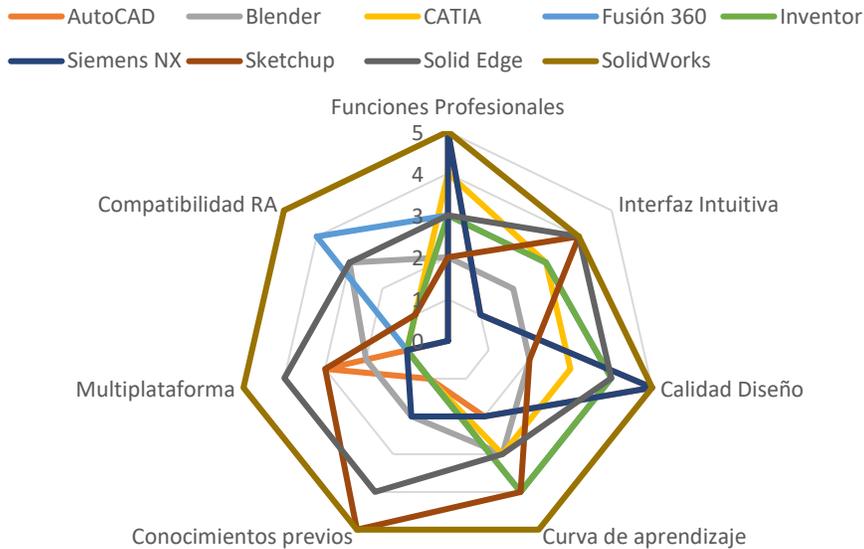
Software	Funciones Profesionales	Interfaz Intuitiva	Calidad Diseo	Curva de aprendizaje	Conocimientos previos	Multiplataforma	Compatibilidad RA
AutoCAD	5	1	5	2	1	3	0
Blender	2	2	2	3	2	2	3
CATIA	4	3	3	3	1	1	1
Fusi3n 360	3	3	4	4	1	1	4
Inventor	3	3	4	4	1	1	1
Siemens NX	5	1	5	2	2	1	0
Sketchup	2	4	2	4	5	3	1
Solid Edge	3	4	4	3	4	4	3
SolidWorks	5	4	5	5	5	5	5

*Nota.* La tabla muestra los criterios de seleccin del software CAD, considerando funciones principales, interfaz intuitiva, calidad en el diseo, curva de aprendizaje, conocimientos previos del investigador, capacidad de operar en mltiples plataformas y compatibilidad con realidad aumentada. Adecuado de Anlisis comparativo de herramientas computacionales CAD basado en versin libre con programas comerciales (p. 54) por Espinoza, 2015, Universidad de Carabobo, Naguanagua.

En paralelo, en la Figura 14, se exhibe el diagrama heptagonal, basado en los criterios de seleccin del software CAD. En definitiva, se observa que SolidWorks cumple de manera acertada con la mayorfa de los requerimientos, hecho que era de esperarse, dadas sus caracterfsticas y la posibilidad de integrarse mediante la aplicacin nativa de eDrawings a herramientas de RA.

## Figura 14

### Selección de software ensamble y desensamble 3D



*Nota.* La figura muestra la clasificación de posibles software CAD, considerados en el ensamble y desensamble de componentes mecánicos en 3D, según los requerimientos de la investigación, por otro lado, se designaron características indispensables, otorgando un valor que oscila entre uno y cinco a cada elemento analizado, al respecto, siendo uno el peor y cinco el mejor. En tanto, cuando un elemento del gráfico se acerca más a la forma heptagonal y su tamaño es mayor que los demás, éste es considerado el software de mayor prestaciones para el caso de estudio.

Tomado formulario de Google Forms.

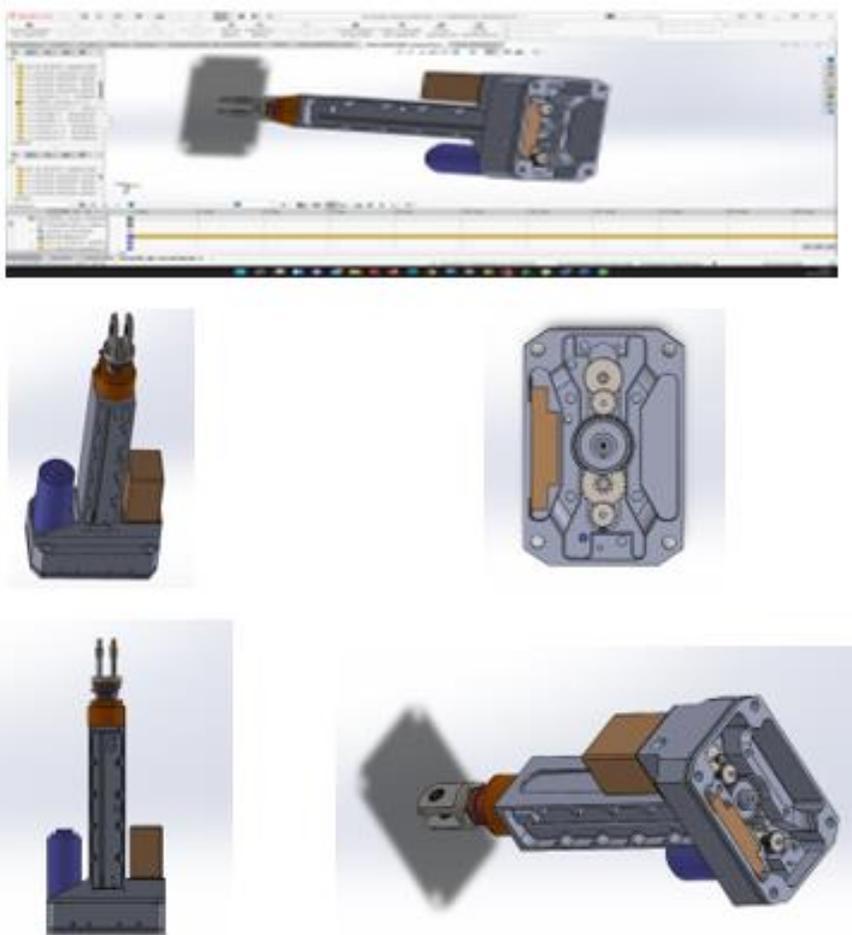
### Digitalización 3D Diseño CAD

En la implementación digital del modelado de ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos, específicamente, para el conjunto de actuadores del estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria, se procede a realizar un análisis dimensional de componentes, con el fin de generar las respectivas acotaciones en la implementación del modelo digital en 3D. A

continuación, se utiliza instrumentos de medida calibrados de una precisión de  $\pm 1\text{mm}$  hasta  $\pm 0.01\text{mm}$ , realizando una aproximación lo más ajustada posible a la escala real. A partir de esta actividad, en la Figura 15, se propone la implementación del ensamble en 3D del sistema conjunto de actuadoras electromecánicas del estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria.

### Figura 15

*Implementación ensamble 3D sistema conjunto de actuadores*



*Nota.* La figura exhibe la implementación del ensamble en 3D previo análisis dimensional, para el conjunto de actuadores del sistema del estabilizador de cola usando la herramienta CAD SolidWorks 2021. Tomado de SolidWorks, Dassault System (N.º de versión 29.3), Windows.

## **Integración Motores Gráficos de RA**

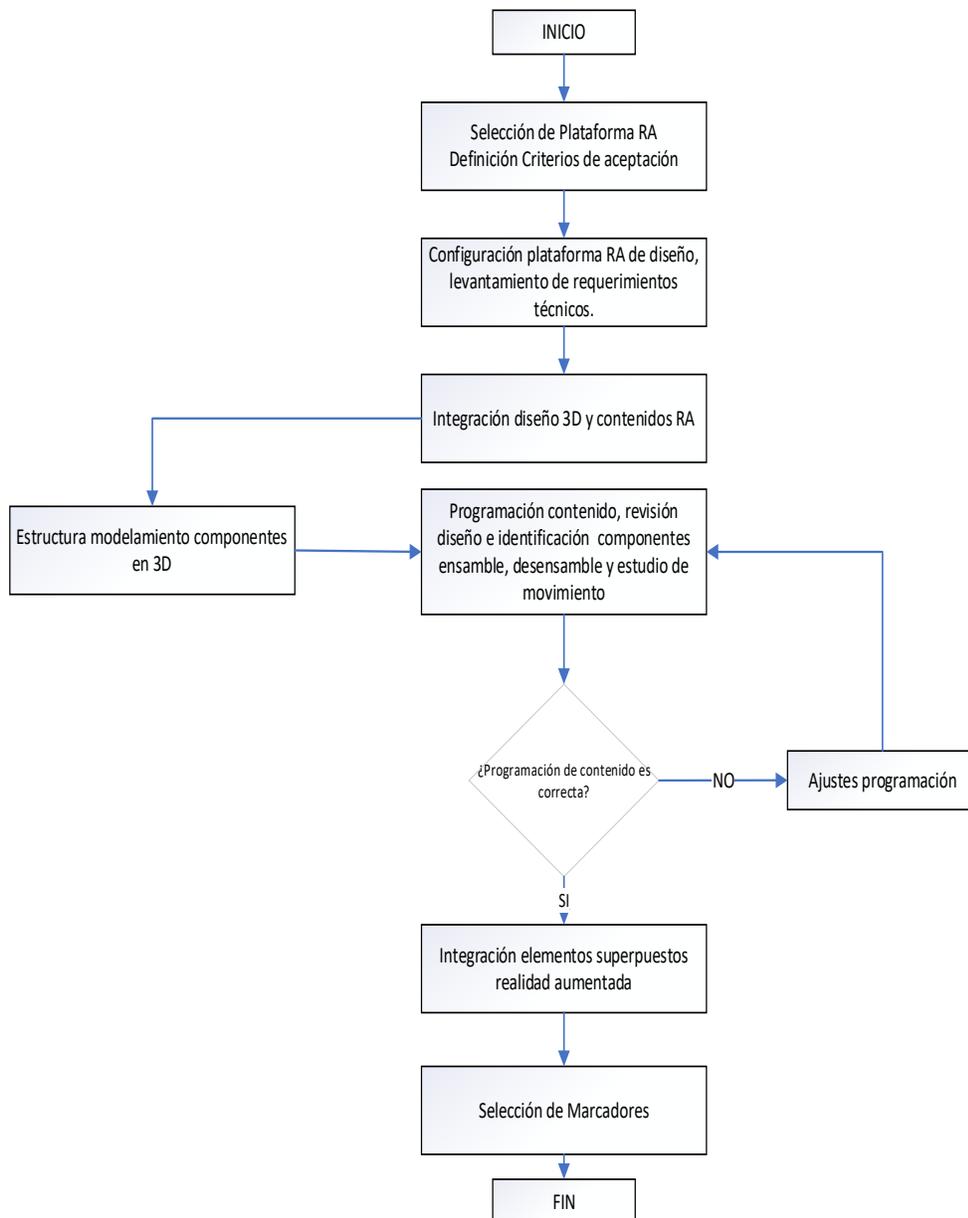
Los motores gráficos aprovechados en diseños de realidad aumentada, proporcionan un conjunto de herramientas tecnológicas, tales como, videojuegos de alta calidad y desarrollos en la industria del entretenimiento que actualmente son usadas en aplicaciones de última generación (Tandazo, 2021). Estos se basan en gran medida, en aplicaciones interactivas y están enfocados a la ingeniería de procesos, de modelamiento y simulación, que incluye lenguajes de programación útiles al momento de crear proyectos tecnológicos viables (Cuertán, 2021).

En suma, el motor gráfico es un componente primordial en el diseño de la propuesta tecnológica, dado que permite crear condiciones de visualización y el acceso a información técnica puesta al alcance del usuario final en labores de mantenimiento (Cuertán, 2021). Como plantea Beltrán y Rodríguez (2022): “Cuando se trata de aplicaciones de RA, los desarrolladores usan una biblioteca AR con una API de código abierto para simplificar el proceso de desarrollo” (p. 54). Vinculado a esto, la Figura 16 se exhibe el diseño de flujo de software mediado por herramientas de realidad aumentada.

A partir de esto, en la estructura de programación citada, se identifican los procesos estimados en el diseño de software, según el criterio del investigador, con base en la búsqueda tecnológica realizada y plasmada en la selección de plataformas tecnológicas aplicables a RA.

**Figura 16**

*Diagrama de diseño de aplicación RA*



*Nota.* La figura muestra el diagrama de diseño de la aplicación en realidad aumentada considerando de los elementos constitutivos en 3D de los componentes aeronáuticos. Diseño propuesto en el estudio, autoría propia.

## **Selección de Plataformas Tecnológicas Aplicables a RA**

El ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, mediante el empleo de instrumentos constituidos por realidad aumentada, representa un tipo especial de herramienta inteligente de software que cada día toma más fuerza en la comunidad aeronáutica (C. García, 2015). Lo anterior dado que, provee elementos y equipamiento potencialmente valiosos para la construcción de diseños aplicados al mantenimiento aeronáutico en el marco del presente caso de estudio.

Así mismo, con el uso de herramientas inteligentes de realidad aumentada, con base en los requerimientos de los manuales técnicos del fabricante, se aporta al entrenamiento del personal y se reduce la probabilidad de errores a la hora de identificar fallas en componentes. No obstante, la aplicación de elementos disruptivos, como RA, cada vez se orienta más a procesos de ensamble, desensamble e inspección de componentes aeronáuticos, mediante el uso de información digitalizada en un espacio de trabajo virtual mediado por el empleo de la realidad aumentada (C. García, 2015).

En conclusión, al identificar estrategias inteligentes de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante, mediante un modelo de gestión TI, se reduce drásticamente costos por concepto de entrenamientos y tiempos en identificación de fallas a componentes aeronáuticos, con lo que se da cumplimiento riguroso al objetivo específico 2 de este estudio. Desde esta perspectiva, el modelamiento de componentes aeronáuticos aplicando herramientas de realidad aumentada aporta beneficios en el progreso del aprendizaje ubicuo de alumnos en el área del mantenimiento aeronáutico, mostrando un panorama alentador mediante el prototipado de configuraciones electromecánicas en tareas de

montaje y desmontaje, que normalmente se guían por extensas referencias documentales en donde se invierta gran cantidad de tiempo y recursos.

En síntesis, en la Tabla 17, se revela la descripción y correspondiente valoración de las disímiles herramientas de RA analizadas en la consolidación e implementación del presente estudio.

**Tabla 17***Herramientas diseño realidad aumentada*

Software	Descripción	valoración
ARCore	Desde el 2017, Google lanzó este software orientado al desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, entretanto, ARCore se diseña para dispositivos Android de alta gama. Si bien es cierto que, está constituido por un SDK, realiza tareas de rastreo de posición y movimiento en dispositivos móviles, por lo cual, integra contenidos virtuales y se constituye en una plataforma aprovechable de realidad aumentada.	Su valoración es baja, dado que, es aplicable principalmente a terminales Android y está orientada a dispositivos de alta gama, dados sus requerimientos. Lo anterior permite dirigir su campo de acción a servicios de postventa y entretenimiento. En consecuencia, contempla un buen manejo de herramientas de iluminación e integra desarrollos en Unity.
Cryengine	Esta herramienta permite desarrollar aplicaciones y videojuegos en 2D y 3D, integra librerías de libre acceso y de pago disponibles para desarrolladores. De suerte que, para su acceso e implementación usa diferentes motores y herramientas como C++. Esta herramienta permite diseñar entornos realistas, orientados a la construcción de realidad virtual inmersiva.	Es necesario resaltar que, a la hora de analizar y valorar esta herramienta, se evidencia que presenta escasas actualizaciones y las más recientes son de pago, limitando su uso.
eDrawings	Permite interactuar con diferentes formatos de archivos, compatibles con versiones de escritorio y móviles, generados directamente en el software SolidWorks. Además, brinda posibilidades de visualización y manipulación de objetos a través de herramientas de zoom, rotación, ensamble y desensamble, visualización seccionada, entre otras (Bonafini, 2018).	Su valoración es alta, dado que, permite a los usuarios utilizar sus propios elementos en 3D. Por otro lado, provee entornos de realidad aumentada, para aplicaciones específicas, como lo son, herramientas de apoyo para la generación de entornos virtuales de manera sencilla y práctica (Queiroz y Rodrigo, 2021).
Unity	El software Unity se constituye en una plataforma que facilita el desarrollo de aplicaciones en 3D, en suma, es conocido por ser un motor gráfico que consiente la creación de diferentes tipos de aplicaciones (Cuertán, 2021). En tanto, “Unity 3D es un motor	Su valoración indiscutiblemente es alta, dado que, es multiplataforma, ofrece la posibilidad de programación y una gran capacidad de interactuar con objetos en 3D. Adicionalmente, es una de

Software	Descripción	valoración
	de desarrollo orientado a la creación de juegos y aplicaciones interactivas ya sean en dos o en tres dimensiones” (Lera, 2019, p. 13). Al respecto, este software es multiplataforma, no obstante, la versatilidad de Unity permite crear proyectos con mucha comodidad, utilizando lenguajes de programación tales como, UnityScript, C# y C++, entre otros.	las plataformas más utilizadas por los creadores de RA y brinda constantes actualizaciones a los usuarios (Lera, 2019).
Unreal Engine	Motor gráfico compuesto de herramientas y aplicaciones comerciales, interactúa con objetos y elementos multimedia, gracias a su interfaz es intuitiva. Por otra parte, permite realizar la interacción entre objetos, reuniendo sonidos, módulos en línea e incorpora librerías gratuitas y de pago (Lee et al., 2016) A partir de esto, su interfaz gráfica es de altas prestaciones y está orientada principalmente a la realidad mixta.	Propiedades similares a las de Unity, está orientado a propósitos generales de programación en realidad mixta (Yanguas y Bajo, 2021).

*Nota.* La tabla muestra el comparativo de herramientas de diseño de realidad aumentada, utilizados para modelar el ensamble y desensamble en 3D, considerando una breve descripción y la valoración de cada elemento. Adaptado de Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta (p. 34 - 45), por A. Rodríguez, 2019, Universidad Politécnica de Valencia y Desarrollo de una aplicación multimedia con realidad aumentada para el entrenamiento técnico del sistema de frenos de un vehículo (p. 13 - 16), por Tandazo, 2021, Universidad Técnica del Norte.

## **Librerías de Realidad Aumentada**

Las librerías de RA, constituyen un conjunto de herramientas de software que ofrecen funcionalidades específicas a los usuarios, están generalmente orientadas al desarrollo de aplicaciones embebidas en entornos virtuales, estas pueden incluir, aplicativos en lenguajes de programación y contienen interfaces definidas con funcionalidades específicas a cada plataforma (Salazar, 2019). Al respecto, las librerías de realidad aumentada aportan al desarrollo de aplicaciones y a sus contenidos, se basan en su gran mayoría en elementos de visión artificial y facilitan el posicionamiento de los objetos virtuales permitiendo la abstracción de aspectos de bajo nivel, como la captura e identificación de elementos relevantes en una escena (Ulrich et al., 2019).

En síntesis, en la Tabla 18, se visualiza herramientas que permiten construir aplicaciones conformadas por conjuntos de funcionalidades que ayudan en la abstracción de capas de información (Mitaritonna, 2019), de igual modo, permiten el desarrollo a un bajo nivel de programación y facilitan la creación de aplicaciones de realidad aumentada. En última instancia, existen gran cantidad de librerías RA específicas, dependiendo del entorno de desarrollo, por ello, particularmente cada una ofrece distintas posibilidades y funcionalidades dependiendo de la plataforma tecnológica utilizada.

**Tabla 18***Librerías realidad aumentada*

Herramienta	Descripción	valoración	Funcionalidades	Plataforma
ARToolkit	Librería que facilita la creación de entornos en RA, es de acceso libre, mientras que, permite interactuar con sistemas operativos tales como Android, iOS, Windows, Linux y Mac. En este sentido, permite sobreponer información virtual en entornos reales, facilitando el acceso a herramientas de RA (Cuertán, 2021)	Su valoración es alta, dado que, brinda soporte a dispositivos con RA, en consecuencia, permite exportar proyectos a iOS y Android. Sin embargo, su licencia es libre y presenta limitaciones a la hora de hacer desarrollos avanzados.	Permite el reconocimiento en 2D y 3D mediante marcadores.	Linux, MacOS, Windows, Android, iOS.
KUDAN	Se constituye en una librería de acceso libre, es así como, entre sus características principales se cuenta la capacidad de seguir elementos digitales, sin la necesidad del uso de marcadores, por otro lado, utiliza bases de datos y está orientada principalmente al sistema operativo Android (Ulrich et al., 2019).	Permite desarrollos en realidad aumentada, virtual y mixta.	Permite el reconocimiento de imágenes en 2D.	Unity, Android, iOS.

Herramienta	Descripción	valoración	Funcionalidades	Plataforma
Vuforia	<p>Librería desarrollada por la empresa Qualcomm (Lera, 2019), utiliza visión por computador, al mismo tiempo, es un framework que permite el reconocimiento de imágenes ligadas a realidad aumentada, es posible implementarla utilizando herramienta de Unity 3D y Android Studio (Engine, 2020). No obstante, utiliza marcadores reconocidos por cámara en dispositivos de RA. Así mismo, está conformada por sublibrerías, que permiten el desarrollo de aplicativos de manera interactiva, facilitando el reconocimiento de patrones e imágenes (Cuertán, 2021).</p>	<p>Una de las funcionalidades que incorpora, es el rastreo de objetos, reconocimiento en 2D y 3D. Actualmente, se constituye en un soporte fundamental para dispositivos de realidad aumentada. De este modo, permite la generación de exportables tanto en iOS como a Android.</p>	<p>Reconocimiento en 2D y 3D mediante marcadores, al igual que, escáner de objetos en 3D</p>	<p>Android, iOS, Windows, Smart Glasses</p>

*Nota.* La tabla muestra el comparativo de las librerías que hacen uso de realidad aumentada, considerando una breve descripción, valoración, consideración de funcionalidades y un análisis de compatibilidad con diferentes plataformas. Adaptado de Realidad aumentada sin marcadores: posibilidades, librerías y prueba de concepto (p. 46 – 52), por Ulrich et al., 2019, Universidad Complutense Madrid y Análisis comparativo de librerías de realidad aumentada. Sus posibilidades para la creación de actividades educativas (p. 25 -28), por Salazar, 2019, Universidad Nacional de la Plata.

## Criterios de Selección Plataformas Tecnológicas Aplicables a de RA

La selección adecuada de plataformas tecnológicas de realidad aumentada se constituye en un componente crítico a la hora de presentar resultados en este estudio, es por esta razón que, en la Tabla 19, se enseñan las posibles plataformas tecnológicas aplicables, las cuales, pretenden mostrar elementos relevantes a partir de indagaciones bibliográficas, cabe resaltar que, estas herramientas evolucionan cada día, en un proceso de continua actualización.

**Tabla 19**

*Criterios selección plataformas aplicables a la implementación en RA*

Software	Funciones Profesionales	Interfaz usuario	Calidad Diseño	Compatibilidad Herramientas 3D	Modelado ensamble y desensamble	Valoración RA
ARCore	2	1	3	3	1	1
Cryengine	4	2	4	2	2	2
eDrawings	5	5	5	5	5	5
Unity	5	4	5	4	4	5
Unreal Engine	4	3	4	4	3	3

*Nota.* La tabla muestra los criterios de selección considerados en la elección de las posibles plataformas aplicables a la implementación en realidad aumentada, para tal caso, exhibe la valoración de las funciones profesionales, ventajas de la interfaz de usuario, calidad en el diseño, compatibilidad con herramientas en 3D, coincidencia con herramientas de modelado para el ensamble y desensamble de componentes y la afinidad con elementos de realidad aumentada.

Adaptado de Análisis Comparativo de Librerías de Realidad Aumentada. Sus Posibilidades para la Creación de Actividades Educativas (p. 25-47), por Salazar, 2019, Universidad Nacional de la Plata.

No obstante, las plataformas tecnológicas, usadas como herramientas para la generación de entornos virtuales se evalúan considerando aspectos, tales como, la integración de funcionalidades profesionales, recursos de la interfaz de usuario, calidad en los diseños alcanzados, compatibilidad con las plataformas de desarrollo tridimensional, concurrencia con herramientas modeladoras de ensamble, desensamble de componentes y la valoración otorgada a cada elemento de acuerdo con las referencias bibliográficas consultadas.

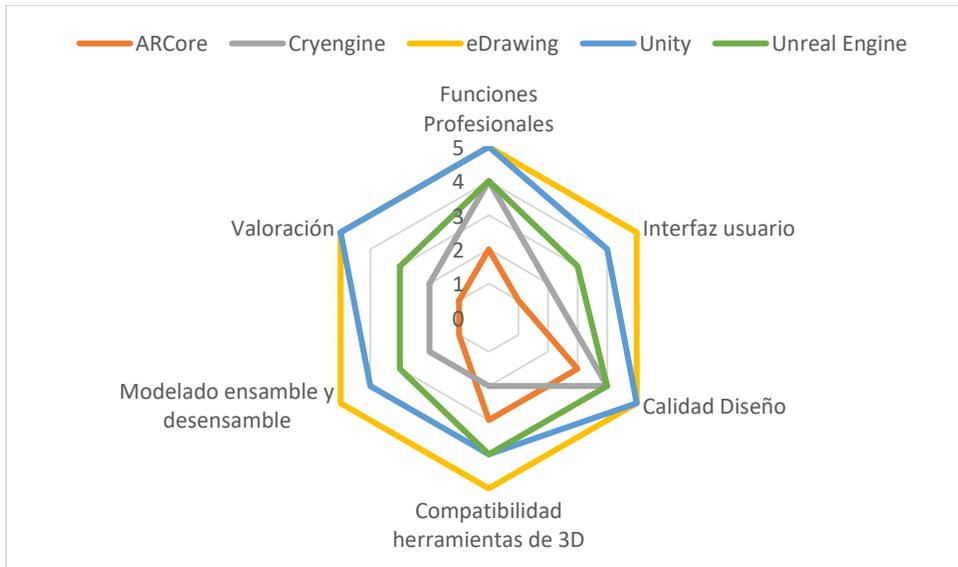
De las evidencias anteriores, las plataformas analizadas, representan un elemento de suma importancia en el esfuerzo de la generación de un producto tecnológico viable, en tanto, su clasificación usa una escala de uno a cinco, siendo uno la de menos prestaciones y 5 la mejor, en la identificación de elementos relevantes en su implementación.

De manera similar, la calificación numérica es asignada a juicio del investigador, con base en los criterios de selección utilizados, con el fin, de evaluar el impacto del modelo de gestión TI, usando información superpuesta con técnicas de realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad de mínimos productos viables en el seguimiento y realimentación continua, integrando metodologías y estrategias de TI. Es por esta razón que, se entrega valor y se aporta al cumplimiento del objetivo específico 3 del presente estudio.

Dentro de este marco de referencia, en la Figura 17, se exhibe un diagrama hexagonal basado en los criterios de selección de tecnologías aplicables a la realidad aumentada, en dicha figura, se observa que tanto la plataforma eDrawings, como Unity cumplen de manera acertada con la mayoría de los criterios de aceptación, dadas las características medibles requeridas, con base en las referencias bibliográficas analizadas.

**Figura 17**

*Selección plataformas tecnológicas aplicables a RA*



*Nota.* La figura esgrime los criterios de selección que permiten elegir las plataformas tecnológicas aplicables de RA, entre tanto, las herramientas eDrawings y Unity son las que se catalogan mejor posicionadas a la hora de realizar la consolidación de una propuesta tecnológica. Tomado de Google Forms.

**Herramientas de Automatización y Control Aplicables al Modelo de Gestión TI.**

Los sistemas de automatización y control se constituyen en un factor relevante para el desarrollo de la tecnología, al considerar que, se requiere ajustar las variables físicas en los procesos a valores específicos se está ejerciendo implícitamente acciones de control (Erazo, 2020). Por tanto, los sistemas de control requieren generar salidas a procesos determinados o incluso mantener un estado específico en un sistema.

Dicho brevemente, en la industria, la automatización de los procesos requiere controlar múltiples eventos y situaciones, lo cual, es complejo y conlleva grandes esfuerzos de diseño e ingeniería. En definitiva, el presente estudio busca proponer enfoques basados en ingeniería de

software, dirigidos a modelos de control aplicables a componentes aeronáuticos, que incluyen la implementación de una propuesta tecnológica que emplea elementos de realidad aumentada y de control automatizado en procesos aeronáuticos, implementando enfoques que faciliten las pruebas y diagnósticos en la identificación de fallas.

### ***Sistemas de Control Automáticos***

En el ámbito de la automatización industrial, algunos de los paradigmas utilizados para el diseño de control autónomo de procesos hacen referencia a sistemas de control en lazo abierto y a sistemas de control en lazo cerrado (Guilcamaigua y Villacis, 2022). En primera instancia, los sistemas de control en lazo abierto se caracterizan por la ausencia de sensores que informen al procedimiento el estado en que se encuentra, por tal motivo, los procesos se realizan de manera interactiva sin comprobar si se alcanzó el estado deseado. En segunda instancia, los sistemas de control en lazo cerrado se caracterizan por integrar elementos, tales como, sensores que permiten capturar señales de salida del proceso, dichos sensores ayudan a controlar la realimentación de la información al proceso (Peña y Vélez, 2019).

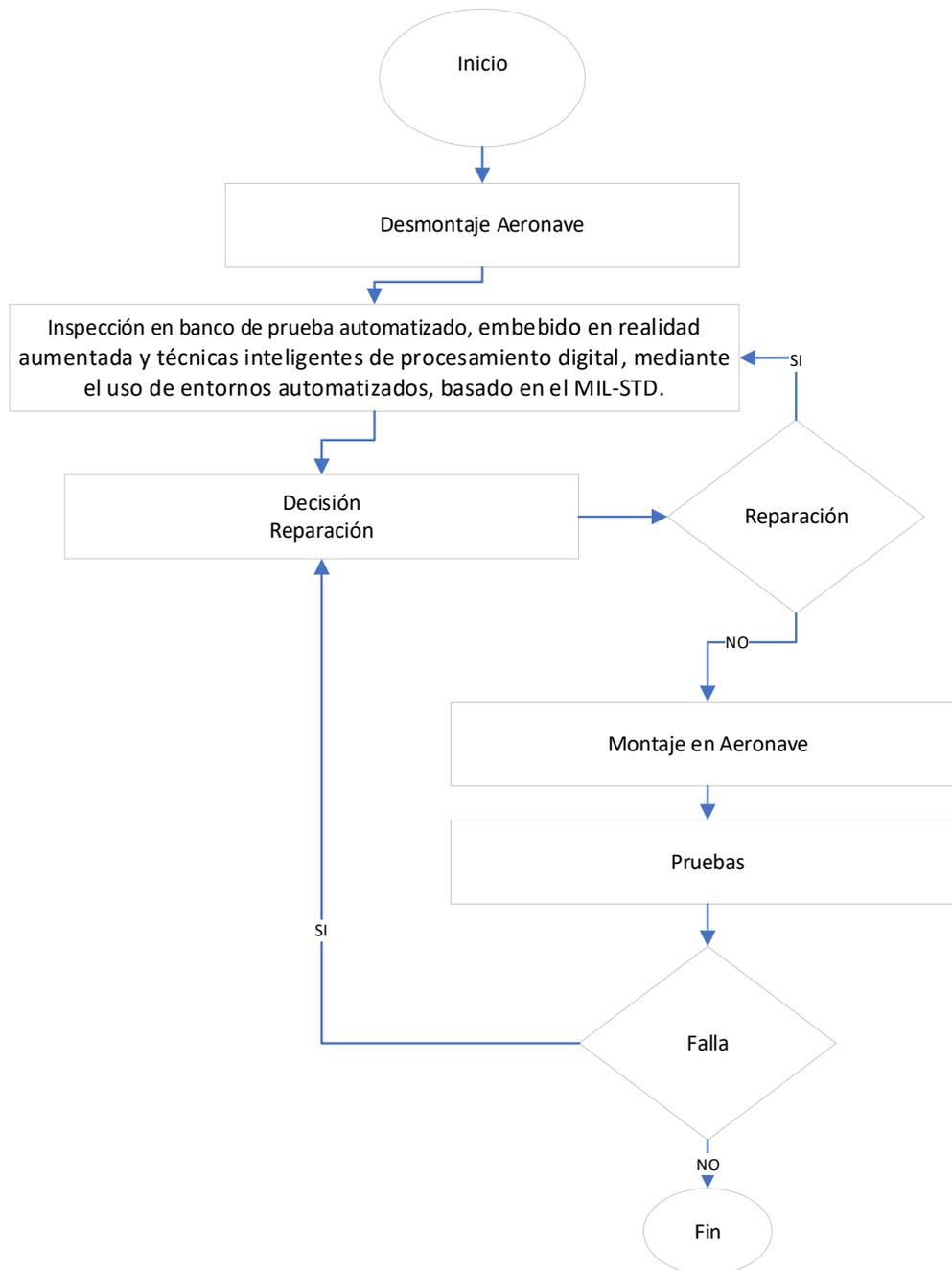
De manera semejante, la realimentación en un sistema de control es un método que dirige la señal de salida a la entrada, con el objetivo de realizar una comparación entre el estado actual y el deseado en dicho proceso. Debido a esto, se determina el error del sistema, por consiguiente, la identificación de este error permite realizar interacciones hasta alcanzar el estado deseado. En última instancia, en este estudio se busca integrar lazos de control cerrados que permitan el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos, usando técnicas digitales inteligentes e integración automática en entornos virtuales que agilicen los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico mediante herramientas de TI. Aunado a esto, Castaño y Ramirez (2018) destacan que:

El modelamiento de una planta o un proceso es muy importante para el diseño de su sistema de control, por lo que es uno de los temas más destacados en la teoría de control vista en las distintas áreas de la ingeniería, ya que permite idear su dinámica y comportamiento ante diferentes circunstancias. (p. 2481)

No obstante, a partir del objetivo general de este estudio, se busca implementar un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, embebido en realidad aumentada y técnica inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados, basado en el MIL-STD. A partir de las evidencias anteriores, durante la implementación de esta investigación aplicada se propone, automatizar los procedimientos de diagnóstico, prueba y caza fallas, del componente aeronáutico conjunto de actuadores del estabilizador de cola, componente elegido para la generación de una propuesta de intervención tecnológica viable, dada las evidencias expuestas en la Figura 12, donde se resalta la gran cantidad de reparaciones anuales que este elemento ha requerido en los últimos 5 años. Es por esta razón que, en la Figura 18, se presenta a grandes rasgos, el procedimiento de inspección para dicho componente.

**Figura 18**

*Esquema procedimiento de inspección aeronáutico propuesta tecnológica*



*Nota.* La figura muestra el esquema del procedimiento de inspección aeronáutico que sigue la propuesta tecnológica implementada en este estudio. Diseño propuesto en el estudio.

A partir de esto, se procura elegir una plataforma que permita la integración de herramientas de automatización y control en los procedimientos de mantenimiento e inspección aeronáuticos, es necesario resaltar que, a nivel industrial son múltiples las opciones a la hora de elegir software que permita la automatización de procesos y el control de estos (Mejía et al., 2019). Por otra parte, en la Tabla 20, se muestran alternativas viables, a la hora de realizar tal actividad, a juicio del investigador y considerando, la descripción de cada plataforma, así como, validando la comunicación con el software CAD, seleccionado para la implementación, fundamentando ventajas y desventajas a la hora de realizar una propuesta de intervención tecnológica.

**Tabla 20***Plataformas automatización y control*

Plataforma	Descripción	Comunicación con SolidWorks	Ventajas	Desventajas
Arduino	El software Arduino constituye una plataforma de código abierto que facilita la escritura de algoritmos y carga de datos en placas electrónicas de bajo nivel, de este modo, constituye una solución económica y práctica, especialmente para proyectos de automatización de gama baja.	Permite una comunicación básica, en tanto, la adquisición de datos se alcanza por medio de una interfaz de comunicación que integra herramientas como LabVIEW y SolidWorks	Se constituye en una solución de bajo costo, que permite simplificar el trabajo y minimizar recursos. No obstante, está diseñada para entorno de programación simples y básicos en ambientes académicos.	Es lento en su ejecución y adquisición de datos. Al mismo tiempo, es poco flexible a la hora de realizar proyectos complejos.
LabVIEW	Constituye una plataforma de desarrollo que favorece el diseño de sistemas de control automático, mediante el uso de un entorno gráfico. Por esta razón, es usada principalmente para sistemas que integran hardware y software de control, diseño, simulación embebida y control en tiempo real. Desde esta perspectiva, es ideal para acelerar la productividad y operatividad (Negrín, 2018). Por último, este entorno de programación es multiplataforma y ha tomado gran acogida en aplicaciones industriales y específicamente en el área aeronáutica.	Mediante el aplicativo SoftMotion, se logra una comunicación fluida entre los diseños realizados en LabVIEW y SolidWorks. Es por esta razón que, un punto a favor de las implementaciones realizadas en LabVIEW es el uso del protocolo PXIe, que aprovecha las ventajas de las funcionalidades y prestaciones del bus de alta velocidad embebido en su arquitectura. Adicionalmente, las tarjetas de adquisición de datos benefician el diseño de sistemas de control en lazo cerrado y permiten una vigilancia total de los elementos electromecánicos que hacen parte del mínimo producto tecnológico a ser generado.	Simplifica en gran medida el desarrollo, por tanto, permite afrontar grandes proyectos y facilita la integración de tarjetas de adquisición de datos. Por otro lado, posee funcionalidades de alto nivel que proporcionan la comunicación entre múltiples plataformas de operación, entre las que se consideran, Matlab y SolidWorks. En última instancia, LabVIEW facilita la operación de señales tanto análogas como digitales integrando un bus de datos de altas prestaciones.	Elevados costos por concepto de tarjetas de adquisición de señales. Aunado a esto, en aplicaciones de gran envergadura requiere elevados conocimientos en programación y arquitectura de software.

Matlab	<p>Lenguaje de programación de alto nivel, diseñado para realizar cálculos complejos, asimismo, es un software interactivo utilizado en computación que permite la visualización de datos, muy usado en ingeniería de control, análisis y diseño.</p> <p>Desde esta perspectiva, entre sus principales características, cuenta con una extraordinaria versatilidad y capacidad para resolver algoritmos matemáticos a altas velocidades (Peña y Vélez, 2019). Aunado a esto, su base algorítmica es un sistema matricial de ecuaciones.</p>	<p>Mediante el complemento SimMechanics, permite una comunicación con SolidWorks y la herramienta Simulink, aunque, la comunicación es fluida y se pueden desarrollar aplicaciones interesantes, las tarjetas de adquisición de datos de Matlab tienen grandes limitaciones en términos de voltaje y de corriente, específicamente, en la etapa de control de potencia, la cual resulta, demasiado limitada.</p>	<p>Proporciona funciones matemáticas avanzadas e integra una alta precisión en las mediciones.</p>	<p>Requiere gran cantidad de recursos computacionales para evitar eventuales problemas de velocidad y sincronismo.</p> <p>Así mismo, es una herramienta de alto nivel y demanda un gran nivel de capacidades de programación por parte de los desarrolladores.</p>
PLC	<p>Signado así, por sus siglas: Control Lógico Programable, constituye un sistema de control compatible con equipos utilizados en la industria para automatizar procesos. Por ello, se trata de una computadora industrial que permite, de una manera modular, generar procedimientos autónomos.</p>	<p>Algunos módulos de comunicación como SolidWorks-Electrical permiten integración con PLC. Aunque, en general no es posible la integración de módulos como SoftMotion o SimMechanics que aporten y den valor a la implementación de un mínimo producto viable desde una interfaz gráfica.</p>	<p>Es una plataforma muy confiable para el procesamiento de operaciones, en virtud de ello, incorpora herramientas algorítmicas que gestionan la arquitectura en procesos industriales.</p>	<p>Posee poca memoria y la mayoría de las señales que permite operar son análogas.</p>

*Nota.* La tabla muestra alternativas viables para la selección de la plataforma de automatización y control, en ella se considera: la descripción de cada plataforma, así como, la comunicación con el software CAD seleccionado para la implementación, fundamentando ventajas y desventajas a la hora de realizar una propuesta de intervención tecnológica. Adaptado de Virtualização de processos na Indústria 4.0 (p. 34-61), por Dos Santos, 2020. Instituto Politécnico de Leiria.

### *Criterios Selección Plataforma Embebida de Automatización y Control*

La elección de la plataforma embebida de automatización y control representa un reto a la hora de realizar la implementación y validación de una propuesta tecnológica viable, por ello, en la Tabla 21, se exponen las posibles opciones de plataformas aplicables, con base en análisis de referencias bibliográficas actualizadas. Igualmente, los softwares mencionados, aportan aspectos significativos a la implementación y se hace necesario identificar elementos relevantes, tales como, las herramientas profesionales dedicadas que poseen, su capacidad de integración con el modelamiento de componentes aeronáuticos, características respecto a su interfaz gráfica, uso de tarjetas de adquisición de datos dedicadas, integración etapa de potencia y conocimientos previos del investigador.

**Tabla 21**

*Criterios de selección plataformas embebida automatización y control*

Plataforma	Funcionalidades profesionales	Integración software CAD	Interfaz de usuario	Integración tarjetas de adquisición de datos	Conocimientos previos
Arduino	2	3	3	1	5
LabVIEW	5	5	5	5	5
Matlab	5	4	3	2	5
PLC	3	3	3	3	5

*Nota.* La tabla muestra los criterios de selección considerados en la elección de las posibles plataformas de automatización y control aplicables a la implementación, para tal caso, exhibe la valoración de las funciones profesionales, ventajas de la integración de software CAD, al igual que de la interfaz de usuario, valoración de la integración calidad en el diseño, compatibilidad con herramientas en 3D, coincidencia con herramientas de modelado para el ensamble y desensamble de componentes y la afinidad con elementos de realidad aumentada. Adaptado de

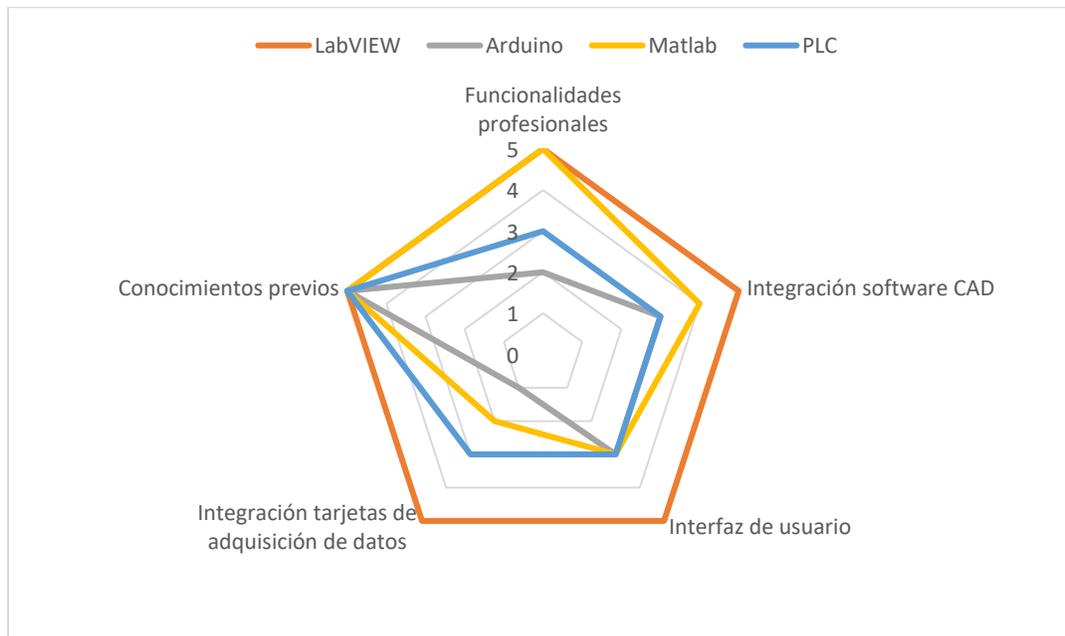
Virtualização de processos na Indústria 4.0 (p. 34-61), por Dos Santos, 2020. Instituto Politécnico de Leiria.

Al mismo tiempo, la clasificación de la posible plataforma aplicable en este estudio considera características críticas de diseño indispensables, además, su selección se lleva a cabo usando una escala de uno a cinco, siendo uno la de menores prestaciones y 5 la mejor a la hora de identificar elementos relevantes de valor en el diseño e implementación. De la misma forma, en la Tabla 21, se identifica la valoración asignada a juicio del investigador. Con lo que, se posibilita la elección de la plataforma de automatización y control embebida en protocolos automatizados, con el fin de apoyar en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, utilizando herramientas de realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos autónomos, basados en el MIL-STD.

A continuación, en la Figura 19, se exhibe el diagrama pentagonal, basado en los criterios de selección de la plataforma embebida de automatización y control, de las evidencias anteriores, se observa que el software LabVIEW cumple de manera acertada con los requerimientos expuestos, dadas sus características y prestaciones.

## Figura 19

### *Selección de plataformas embebida automatización y control*



*Nota.* La figura muestra la clasificación de las plataformas embebidas de automatización y control, según los requerimientos del estudio. En tanto, se nombraron características indispensables de obligatorio cumplimiento según su propósito, otorgando un valor que oscila entre uno y cinco a cada elemento analizado, siendo uno el de menores prestaciones y cinco el mejor. De este modo, cuando un elemento del gráfico se acerca más a la forma pentagonal y su tamaño es mayor que los demás, es favorable en la elección de la plataforma para el caso de estudio. Tomado Google Forms.

### ***Descripción Arquitectura***

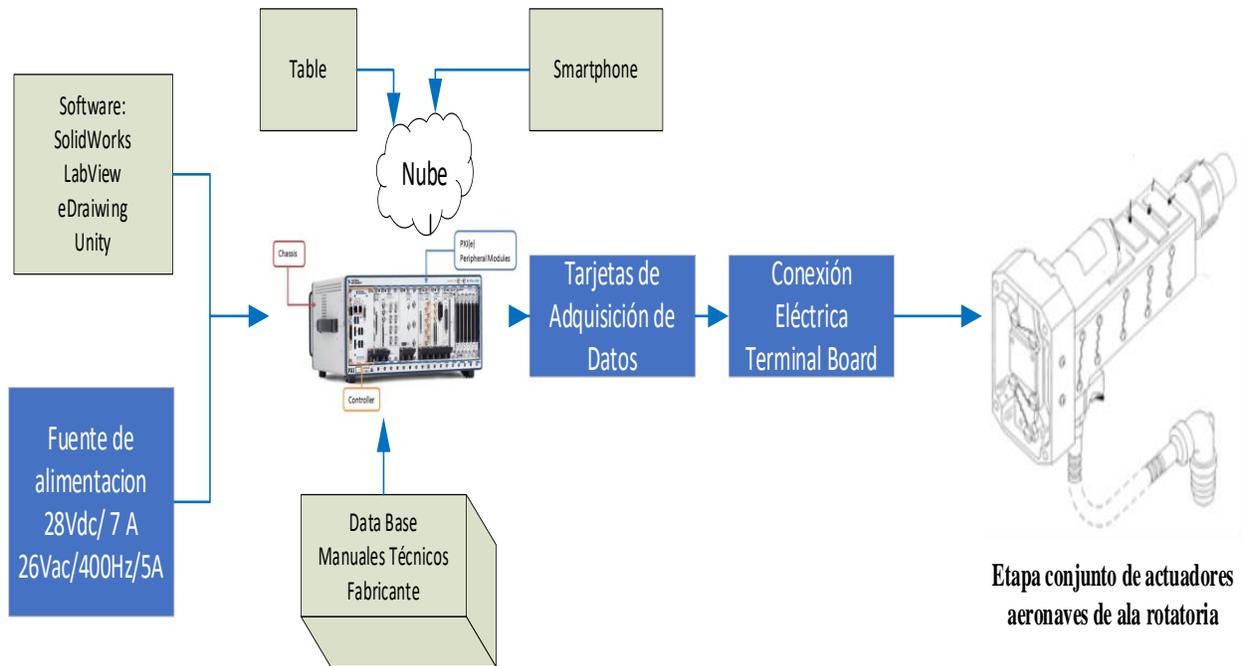
En términos generales, este estudio propone conformar, a partir de la plataforma de automatización y control LabVIEW, instrumentos virtuales (VIs) con los que se procura obtener información relevante del comportamiento conjunto de actuadores electromecánicos del sistema estabilizador de vuelo de aeronaves de ala rotatoria. En primer lugar, integrando tarjetas de

adquisición de datos, que permitan un posterior análisis para el apoyo en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico, en segunda instancia, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados y en último lugar, utilizar lazos de control cerrados y con base en el MIL-STD, con el objeto de dar cumplimiento estricto al objetivo general de este estudio.

Dentro de este marco, en la Figura 20, se propone el diagrama de planta, que permite identificar los componentes de software y hardware estimados, a la vez que, la plataforma embebida PXIe en la que se integran las tarjetas de adquisición de datos, al igual que, el acceso desde la nube al entorno, mediado por dispositivos inteligentes disruptivos que utilizan herramientas de IoT. Es posible observar en el diseño, la comunicación con las bases de datos compuestas por los manuales del fabricante, además, se integra en el boceto las fuentes de alimentación aeronáuticas, caracterizadas por una operación a 400 Hz, también se ha incorporado a la propuesta tecnológica la conexión eléctrica conformada por las terminales de conexión, que se detallan en el Apéndice J y gráficamente se incluye el dispositivo aeronáutico elegido para la conformación de la propuesta tecnológica.

## Figura 20

### Diagrama de arquitectura conformación propuesta tecnológica



*Nota.* La figura muestra el diagrama de Arquitectura de hardware de la propuesta tecnológica, integra tarjetas de adquisición de datos, conexión eléctrica, fuentes de alimentación y dispositivos de conexión en la nube. Elaboración propia.

### Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario diseñada como apoyo en la implementación de la propuesta tecnológica, se revela en la Figura 21, entre las características principales que ofrece, se reconoce; el ser intuitiva, de fácil operación para el personal aeronáutico, dado que, integra elementos requeridos para operar los componentes aeronáuticos. Por otro lado, ostenta la etapa de potencia, brindando la capacidad de activar o desactivar las fuentes de voltaje de 28 Vdc y 26 Vac a 400 Hz. Asimismo, el botón “Conjunto Actuator Electromecánico” hace posible, identificar en la interfaz la visualización de una etapa o las dos etapas del conjunto de actuadores electromecánicos. Además, los botones UP/DW, permiten observar la excursión hacia arriba o

hacia abajo del conjunto de actuadores, de manera análoga al comportamiento que exhibe en la aeronave.

Al mismo tiempo, el indicador de posición del estabilizador está diseñado de manera semejante al de la aeronave, posibilitando visualizar el ángulo relativo a la posición del estabilizador de cola en todo momento. Vinculado a esto, se vislumbra una ventana de observación de la posición relativa del estabilizador, en la que se tiene acceso a los botones UP/DW, con el fin de visualizar indistintamente la etapa del estabilizador activa. Es necesario resaltar, que la interfaz de usuario incluye el acceso al botón “Stop”, el cual posibilita detener en cualquier instante la ejecución del programa, desenergizar el sistema y salir de la aplicación.

Dentro de este marco, el usuario en todo instante tiene acceso a la representación gráfica de la aeronave, en la que se muestra el detalle en color rojo del estabilizador de cola, consiguiendo identificar la posición relativa de este en la aeronave. Para ejemplificar, el comportamiento de las señales sincrónica, responsables de exponer la indicación visual de la posición del estabilizador, se muestra en la interfaz, las tres señales sinusoides responsables, según su variación, en amplitud y frecuencia, de la respuesta angular de posición, con base en el manual técnico del fabricante. A partir de esto, se esgrime en la interfaz, el comportamiento mecánico del conjunto de actuadores, el cual se puede estudiar en una etapa o en dos etapas según esté seleccionada o no la opción.

**Figura 21**

*Interfaz LabVIEW con integración tarjetas de adquisición de datos*



*Nota.* La interfaz de usuario en la plataforma LabVIEW, considera los siguientes elementos:

1. Etapa de potencia, en la que el sistema se energiza automáticamente con 28 Vdc y 26 Vac a 400 Hz.
2. Selección: Actuador electromecánico / Conjunto de actuadores electromecánico, por medio de esta sección, el usuario selecciona visualizar una etapa o dos etapas del sistema.
3. Selección UP/DW, el operario del sistema elige extender o retraer el conjunto de actuadores electromecánico a voluntad.
4. Indicador de posición del estabilizador, es necesario resaltar que, en la interfaz es posible observar la posición relativa del estabilizador en la aeronave, representada por un ángulo que varía entre -10 a 40 Grados.

5. Indicador de posición UP/DW, por medio de esta funcionalidad, se visualiza en todo instante la excursión del conjunto de actuadores.
6. “Stop”, botón que posibilita salir de la interfaz gráfica y detener la adquisición de señales.
7. Representación gráfica de la aeronave y de la posición del estabilizador de cola.
8. Representación gráfica de señales sincrónicas, con base en manual del fabricante integrando elementos del MIL-STD.
9. Visualización etapa conjunto de actuadores.

Tomado de LabVIEW Profesional Development System (N.º de versión 17.0). (2022). Windows. USA: National Instruments.

### ***Diagrama de Bloques Código LabVIEW***

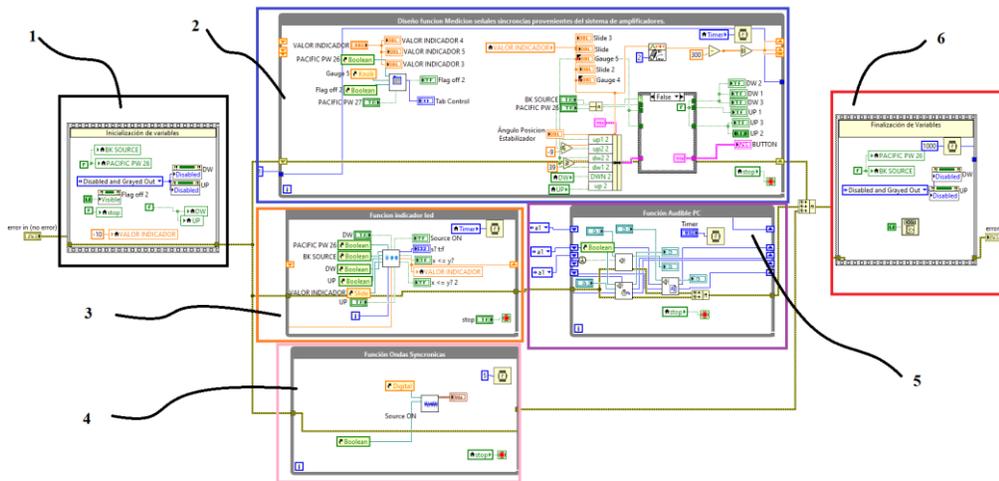
En el esquema puesto a la vista en la Figura 22, se identifica el código resultante de la implementación generada para la conformación de la propuesta tecnológica, en el esbozo en bloques, se esgrime la capacidad de LabVIEW para realizar tareas en paralelo, presentando varios ciclos tipo “while Loop”, en los que se ejecutan simultáneamente diferentes tareas de manera sincrónica.

En primera instancia, se realiza la inicialización de variables, buscando establecer valores iniciales de entrada al proceso, en segunda instancia, en el lazo de medición de señales sincrónicas, se establecen los parámetros de operación del conjunto de actuadores, en tercera instancia, se conforman las señales tipo led que indican el estado de los sensores de posición del estabilizador, integrando lazos de control cerrados, en cuarta instancia, se conforma la representación gráfica de las señales sinusoides que, según el fabricante, permiten la visualización de la posición del estabilizador en todo momento y en última instancia, la función audible Pc permite integrar audio en la interfaz de usuario.

Para finalizar, atendiendo buenas prácticas de programación en LabVIEW, se hace seguimiento en todo momento al error del sistema y se accede a una secuencia de parada del sistema que permite controlar y detener las variables que intervienen.

**Figura 22**

*Diagrama de bloques código LabVIEW*



*Nota.* La figura muestra el diagrama en bloques que integra la configuración del software

LabVIEW y la consolidación de ciclos en paralelo de las siguientes funcionalidades:

1. Secuencia inicialización de variables.
2. Diseño función medición señales sincrónicas provenientes del sistema del amplificador del estabilizador de cola.
3. Variables de indicación tipo led, que exponen en todo momento el estado de los sensores de posición del actuador.
4. Función visualización gráfica de las señales sincrónicas de posición del estabilizador consideradas en el MIL-STD.
5. Función audible incorporada en la aplicación.
6. Secuencia finalización de variables.

Tomado de LabVIEW Professional Development System (N.º de versión 17.0). (2022). Windows. USA: National Instruments.

## Requerimientos Hardware

La arquitectura general del sistema está especificada por la infraestructura tecnológica necesaria para dar soporte al software y a los requerimientos de hardware forzosos para la operación, integración y conformación de la propuesta tecnológica. Dentro de este marco, en la Tabla 22, se revelan referencias, datos técnicos y arquitectura de los componentes seleccionados para hacer parte de la integración tecnológica. Adicionalmente, en el Apéndice J, se accede a la conexión eléctrica integrada por las tarjetas de adquisición de datos en la propuesta tecnológica implementada.

**Tabla 22**

*Detalle técnico tarjetas de adquisición de datos*

Tarjetas de Adquisición de Datos	Datos Técnicos	Arquitectura
Chasis	1075	PXIe
	Procesador: i7	
Controlador	RAM 8 Gb	PXIe
	Disco: 500 Gb	
Multímetro Digital PXI	NI-PXI-4071	PXI
Multiplexora DMM	NI-PXI-2527	PXI
Osciloscopio	NI-PXIe-5122	PXIe
Sincros resolver IN	PXI-75C3 SBSBW6	PXI
Sincros resolver Out	PXI-75DS2 10101FC0	PXI

---

Tarjetas de Adquisición de Datos	Datos Técnicos	Arquitectura
Tarjeta de Relevos	NI-PXI 2565	PXI
Tarjeta señales digitales entrada	NI-PXI-6511	PXI
Tarjeta Señales digitales de Salida	NI-PXI-6512	PXI

---

*Nota.* Configuración tarjetas adquisición de datos y hardware empleados en el estudio.

Adaptado de LabVIEW Professional Development System (N.º de versión 17.0). (2022).

Windows. USA: National Instruments.

## **Análisis e Interpretación Final Propuesta Tecnológica**

El análisis cuantitativo posterior a la propuesta tecnológica hace uso de elementos recabados, por medio, de la aplicación de instrumentos, integrando la escala de medida tipo Likert. Desde esta perspectiva, los datos ordinales considerados permiten ser analizados como variables continuas utilizando categorías, es por este motivo que, su distribución de frecuencia muestra los efectos generados a la hora de realizar el análisis (Viladrich et al., 2017).

### **Aplicación Instrumento de Medición Posterior a la Propuesta Tecnológica.**

Con base en las consideraciones éticas expuestas en el capítulo 5 de este estudio y el análisis diagnóstico pedestal de la propuesta de intervención tecnológica, se plantea la inclusión de categorías aplicadas a los cuestionamientos de los instrumentos de medición mencionados en el Capítulo 6. Debido a esto, se exhibe en la Tabla 23, la estructuración del instrumento medición posterior a la implementación de la propuesta tecnológica.

Es por este motivo que, se han estimado las relaciones entre, las bases tecnológicas y teóricas planteadas, los objetivos generales y específicos, al igual que, las variables relacionadas, tanto dependiente como independiente. Dentro de este marco, una vez identificados los elementos del análisis diagnóstica, la aplicación del instrumento de medición inicial y su respectivo estudio detallado, se procede a evaluar la propuesta de intervención tecnológica con base en requerimientos y necesidades observados dentro de la organización en los capítulos precedentes de este estudio.

**Tabla 23***Identificación categorías aplicadas al instrumento de medición*

Ítem	Categoría	Base Teórica	Interrelación	Variables
1	Valoración	Validación propuesta tecnológica.	Obj. General Obj. Específico 1	VD
2	Descripción	Modelamiento ensamble y desensamble 3D.	Obj. General Obj. Específico 1	VD
3	Valoración	Modelamiento en 3D, softwares CAD.	Obj. General Obj. Específico 1	VI
4	Explicación causal	Diseño asistido por computador, automatización y control de procesos.	Obj. General Obj. Específico 3	VD
5	Valoración	Integración MIL-STD en procesos de digitalización y automatización.	Obj. General Obj. Específico 2	VD
6	Generalidades o definiciones	Modelamiento de componentes, integración de elementos disruptivos y MIL-STD.	Obj. General Obj. Específico 1	VD
7	Comprobación	Inclusión plataforma LabVIEW, CAD e interfaz de usuario.	Obj. General Obj. Específico 1	VD
8	Predicción	Validación procedimientos de inspección y prueba.	Obj. Específico 1	VD
9	Valoración	Toma decisiones de mantenimiento aeronáutico, entrenamiento y evaluación impacto modelo de gestión TI.	Obj. Específico 3	VD
10	Gestión, valoración.	Integraciones técnicas de procesamiento digital,	Obj. General	VD

Ítem	Categoría	Base Teórica	Interrelación	Variables
		montaje, ensamble y desensamble en la evaluación del impacto del modelo de gestión TI.	Obj. Específico 3	
11	Valoración	Diseño e integración elementos relevantes en la interfaz de usuario.	Obj. General Obj. específico 3	VD
12	Descriptiva	Integración del MIL-STD en los procesos de automatización, control e identificación de fallas.	Obj. Específico 1	VD
13	Valoración	Herramientas de TI en la conformación y análisis de procesos automatizados.	Obj. General Obj. Específico 3	VD
14	Explicación causal	Usabilidad de herramientas de IoT en la aplicación y conformación de la propuesta tecnológica.	Obj. Específico 3	VI
15	Valoración	Diseño de herramientas de apoyo en el entrenamiento del personal aeronáutico.	Obj. General Obj. Específico 2	VD
16	Descriptiva, predictivas	Conformación de herramientas que apoyen el entrenamiento del personal aeronáutico con el fin de alcanzar reducción en costos y tiempo.	Obj. General Obj. Específico 3	VD
17	Predicción	Mejora en tiempos de diagnóstico y cuidado del medio ambiente.	Obj. General Obj. Específico 3	VD
18	Explicación causa	Herramientas de TI, optimización, reducción de costos y tiempo.	Obj. General Obj. Específico 2	VI

Ítem	Categoría	Base Teórica	Interrelación	Variables
19	Descriptiva	Visualización de herramientas CAD en la evaluación del impacto del modelo de gestión TI mediante el uso de técnicas inteligentes de realidad aumentada.	Obj. General Obj. Específico 3	VI
20	Valoración	Entrenamiento y optimización de recursos aeronáuticos.	Obj. General Obj. Específico 2 Obj. Específico 3	VI
21	Valoración	Modelo de gestión en el apoyo de labores de mantenimiento aeronáutico mediante el empleo de técnicas inteligentes de realidad aumentada y optimización de procesos.	Obj. Específico 1 Obj. Específico 3	VI
22	Valoración	Valoración del impacto del modelo de gestión TI en la evaluación de la propuesta tecnológica.	Obj. Específico 3	VI
23	Predicción	Modelo de gestión TI en el apoyo y optimización de recursos.	Obj. Específico 2	VD

*Nota.* La tabla muestra la categorización aplicada al instrumento de medición, posterior a la propuesta de intervención, identificando categorías, bases teóricas, relación con el objetivo general y específicos, al igual que la relación entre variables. Datos alcanzados en el estudio.

En definitiva, el instrumento de medición seleccionado fue la encuesta, es así como, los interrogantes se generaron a partir de los lineamientos expuestos en la identificación de categorías a considerar. En primera instancia, en el Apéndice K, se asocia el modelo de encuesta generado, usado como instrumento de medición, en segunda instancia, se hizo partícipe a la población elegida, otorgando el acceso a través del enlace:

<https://forms.gle/Srpahpfx2cqgc6v39>. En consecuencia, se enviaron mensajes no estructurados al grupo institucional en la plataforma Zextras Chats, mientras tanto, se realizó la invitación por este medio a contestar la encuesta virtual.

A partir de esto, las herramientas estadísticas consideradas en la evaluación de la propuesta tecnológica completaron: Google Forms, Microsoft Excel y el software estadístico SPSS. Dentro de este marco, en el Apéndice H, se confiere acceso a los certificados de confidencialidad y consentimiento informado debidamente diligenciados, procediendo de acuerdo con la directiva permanente 000027/2019, Lineamientos para la protección de la propiedad intelectual en el Ejército Nacional (MinDefensa, 2019).

### **Resultados Instrumento de Medición Posterior a la Propuesta Tecnológica**

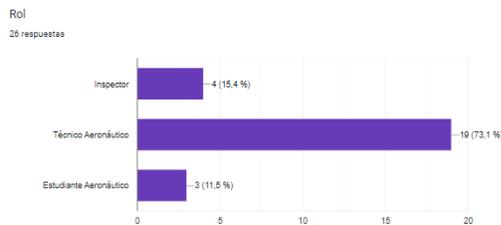
De acuerdo con los procedimientos especificados en el diseño de la investigación, se exhiben los resultados cuantitativos obtenidos con la aplicación del instrumento de medición posterior a la propuesta tecnológica, asimismo, se instruye aquí, los datos estadísticos calculados posterior a la aplicación del instrumento de medición.

Es por esta razón que, en la Figura 23, se incorpora la totalidad de la población encuestada en este estudio y su respectivo valor porcentual, con el propósito de integrar los análisis posteriores. En síntesis, la estimación correspondiente al 73.1% de la población

pertenece a técnicos aeronáuticos, 11,5% corresponde a estudiantes aeronáuticos y 15,4% concierne a inspectores aeronáuticos.

### **Figura 23**

*Totalidad población encuestada posterior a la implementación tecnológica*



*Nota.* En la figura se exhibe la estimación correspondiente al 73.1% de la población perteneciente a técnicos aeronáuticos, un 11,5% correspondiente a estudiantes aeronáuticos y un 15,4% pertenecientes a inspectores aeronáuticos. Tomado de Google Forms.

### **Análisis de Fiabilidad Instrumento de Medición al Integrar el Software SPSS**

El procedimiento de análisis de fiabilidad al instrumento de medición, posterior a la implementación tecnológica considera, entre otros, aspectos generales confrontados en el Capítulo 8 del presente estudio. Es necesario resaltar, características esenciales, tales como, la confiabilidad y validez, a partir de esto, se procede a la aplicación del análisis de fiabilidad, considerando el coeficiente estadístico Alfa de Cronbach, como un elemento decisivo que da razón del grado de confianza pertinente, con base en análisis estadístico que genera la herramienta estadística SPSS.

Mientras tanto, se formaliza el análisis cuantitativo de datos, fundamentado en los valores proporcionados por Google Forms, tal como, se observa en la Figura 24 y Figura 25, donde se identifican tanto la vista de datos como la vista de variables proporcionadas por el software IBM SPSS.

**Figura 24**

*Vista de datos software SPSS*

Label	Marcatemporal	Rol	@1. Valoración	@2. Descripción	@3. Valoración	@4. Explicación	@5. Valoración	@6. Generalidades	@7. Comentarios	@8. Prácticas	@9. Valoración	@10. Gestión y	@11. Valoración	@12. Descripción	@13. Valoración	@14. Explicación	@15. Valoración	@16. Predictiva	@17. Explicación	@18. Descripción	@19. Valoración	@20. Valoración	@21. Valoración	@22. Valoración	@23. Predicción
1	21-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	21-May-22	Inspector	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	21-May-22	Estudiante	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	23-May-22	Estudiante	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	23-May-22	Tecnico Aeronáutico	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2
6	23-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	23-May-22	Inspector	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	23-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	23-May-22	Inspector	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
10	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1
11	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1
13	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
16	24-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	25-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	25-May-22	Inspector	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
19	25-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	25-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1
21	27-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	27-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	27-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	27-May-22	Estudiante	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	27-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	27-May-22	Tecnico Aeronáutico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

*Nota.* La figura muestra la vista principal de los datos del software SPSS, donde se almacenan los datos organizados en variables (columnas) y casos (filas), medición posterior a la propuesta de intervención tecnológica. Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

**Figura 25**

*Vista de variables software SPSS*

Nombre	Tipo	Anchura	De...	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
Label	Numérico	2	0	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Ninguna
Marcatemporal	Fecha	10	0	Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
Rol	Cadena	20	0	{1, Inspecto...	Ninguna	14	Izquierda	Ordinal	Entrada
@1.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@2.Descripción	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@3.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@4.ExplicaciónCausal	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@5.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	4	Derecha	Ordinal	Entrada
@6.Generalidades	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	6	Derecha	Ordinal	Entrada
@7.Comprobación	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@8.Predicción	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	6	Derecha	Ordinal	Entrada
@9.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@10.Gestión_valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@11.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@12.Descriptiva	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	4	Derecha	Ordinal	Entrada
@13.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@14.ExplicaciónCausal	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@15.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	4	Derecha	Ordinal	Entrada
@16.Descriptiva_predictiva	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	3	Derecha	Ordinal	Entrada
@17.Predictiva	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@18.ExplicaciónCausal	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@19.Descriptiva	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	4	Derecha	Ordinal	Entrada
@20.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@21.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	4	Derecha	Ordinal	Entrada
@22.Valoración	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada
@23.Predicción	Numérico	1	0	{1, Muy de ...	Ninguna	5	Derecha	Ordinal	Entrada

*Nota.* La figura muestra la vista de variables del editor de datos SPSS, que permite llevar a cabo todas las tareas relacionadas con la definición de variables como son, la asignación de nombres y etiquetas, función de tipo de variable y asignación de casos necesarios, en la figura se presenta la medición posterior a la propuesta de intervención tecnológica. Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

A partir de los datos aludidos, el grado de confiabilidad en la metodología aplicada, se interpreta a la luz del coeficiente de Alfa de Cronbach, en tanto, esta herramienta permite evaluar la consistencia interna del instrumento de medición, integrando los promedios de las correlaciones entre ítems (P. Flores, 2019). Al mismo tiempo, este modelo favorece evaluar en qué porcentaje mejoraría o decaería la fiabilidad del instrumento de medición, en caso de excluir

un determinado ítem (Ponce et al., 2021). Al respecto, en la Tabla 24, se aprecia el criterio de confiabilidad considerando ciertos valores mínimos para definir el grado de aceptación.

**Tabla 24**

*Identificación criterios de confiabilidad*

Criterios de confiabilidad	Alfa de Cronbach
Excelente	Coeficiente alfa > 0,9
Bueno	Coeficiente alfa > 0,8
Aceptable	Coeficiente alfa > 0,7
Cuestionable	Coeficiente alfa > 0,6
Pobre	Coeficiente alfa > 0,5
Inaceptable	Coeficiente alfa $\leq$ 0,5

*Nota.* Adaptado de ¿Qué tan apropiadamente reportaron los autores el Coeficiente del Alfa de Cronbach? (p. 3-7), por Ponce et al., 2021, Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar y Uso de la realidad aumentada como herramienta digital para facilitar la lectura de compuertas lógicas en los estudiantes de sexto nivel de sistemas digitales de la carrera de pedagogía de las ciencias experimentales informática, (p. 42 – 45), por P. Flores, 2019, Universidad Central del Ecuador.

En pocas palabras, el análisis de fiabilidad global, como se registra en la Figura 26, arroja el número de elementos considerados, con un Alfa de Cronbach de 0.920, un valor cercano a uno (1) y mayor a 0.9, que resulta propicio a la hora de ratificar la fiabilidad del instrumento utilizado para la medición.

## Figura 26

Resultado prueba fiabilidad al instrumento mediado por el software SPSS



Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,920	,918	23

*Nota.* La figura muestra los resultados de la prueba de fiabilidad, posterior a la propuesta de intervención tecnológica, utilizando la herramienta SPSS. Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

En suma, los resultados del Alfa de Cronbach obtenidos después de aplicar el instrumento de medición, una vez implementada la propuesta tecnológica, se refieren en la Tabla 25. Es necesario resaltar que, dicho instrumento está dividido por categorías, consideradas en este estudio, no obstante, con el análisis de fiabilidad ejecutado, se observa que todas las categorías fueron aceptadas, dado su valor numérico mayor a 0.9. Siendo así, un instrumento válido y fiable la aplicación en términos de análisis estadístico. De las evidencias anteriores, si se suprimieran algunos elementos considerados en la categorización, el instrumento estimado sería aún válido, lo cual da valor a las operaciones de medición realizados.

**Tabla 25***Estadística total categorización SPSS*

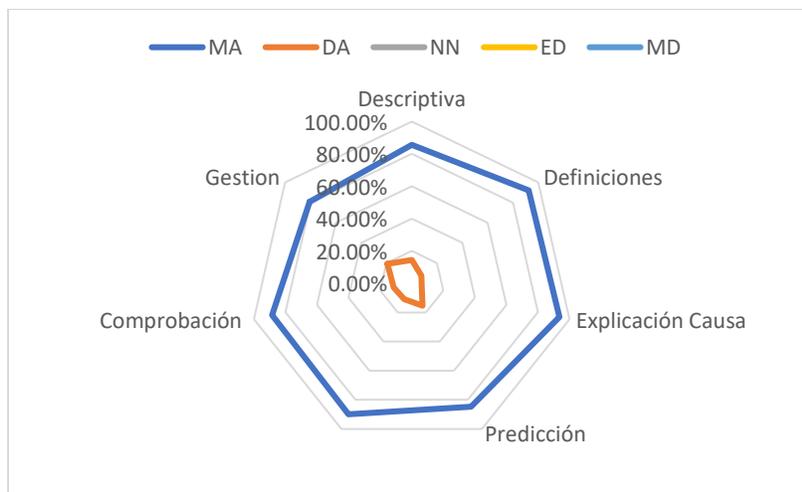
Ítem	Categorización	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
1	Valoración	0.921
2	Descripción	0.920
3	Valoración	0.920
4	Explicación Causal	0.917
5	Valoración	0.916
6	Generalidades	0.917
7	Comprobación	0.912
8	Predicción	0.915
9	Valoración	0.913
10	Gestión valoración	0.916
11	Valoración	0.921
12	Descriptiva	0.912
13	Valoración	0.913
14	Explicación Causal	0.923
15	Valoración	0.914
16	Descriptiva predictiva	0.922
17	Predictiva	0.912
18	Explicación Causal	0.917
19	Descriptiva	0.917
20	Valoración	0.917
21	Valoración	0.919
22	Valoración	0.916
23	Predicción	0.919

*Nota.* La tabla muestra los resultados del Alfa de Cronbach obtenidos después de aplicar el instrumento de medición, posterior a la propuesta de intervención tecnológica, dichos resultados están fraccionados por categorías, consideradas en este estudio. Tomado de IBM SPSS Statistics (N.º de versión 26.0.0.0). Windows.

Es por esta razón que, a partir de los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento de medición a la población, dada la clasificación establecida, en la Figura 27, se exhibe el gráfico radial resultado de la categorización de la encuesta aplicada. A partir de esto, cuanto más se asemeja la medición a la forma heptagonal, más positiva es la respuesta de la población a las condiciones consideradas.

### Figura 27

*Resultados categorización encuesta posterior intervención tecnológica*



*Nota.* Tomado de datos formulario de Google Forms, considerando las abreviaturas indicadas: Muy de Acuerdo=MA, De Acuerdo=DA, Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN, En Desacuerdo=ED, Muy Desacuerdo=MD.

### Tabulación y Análisis Encuesta Posterior a la Implementación Tecnológica

Para concluir, en la Tabla 26, se plasma el consolidado de los resultados obtenidos al aplicar el instrumento de medición a la población, posterior a la aplicación de la propuesta de intervención tecnológica, dada la categorización establecida, con la finalidad de alcanzar gran detalle en el análisis de resultados.

**Tabla 26**

*Resultado y análisis encuesta aplicada a la población*

Categoría	Ítem	Consideraciones	Resultados porcentuales					Análisis
			Muy de Acuerdo=MA	De Acuerdo=DA	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN	En Desacuerdo=ED	Muy Desacuerdo=MD	
Descriptiva	2-12-16-19	Con el propósito de describir aspectos tales como el modelamiento del ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos, con base en descripción conceptual del MIL-STD, en definitiva, se reseña el proceso de automatización y control que permite la identificación de fallas en componentes aeronáuticos, a partir de la implementación de estrategias de TI. Así mismo, se apoya el entrenamiento del personal aeronáutico, aportando a la reducción de costos y tiempos en la ejecución de tareas de mantenimiento aeronáutico. Aunado a esto, se valora el impacto del modelo de gestión en la implementación de técnicas inteligentes de realidad aumentada a partir de la validación de la propuesta tecnológica.	MA	DA	NN	ED	MD	Al considerando la alta rotación y cantidad de reparaciones anuales que se realizan al componente aeronáutico conjunto de actuador electromecánico, según las estadísticas recabadas del sistema SAP (Figura 12), adjuntas en el instrumento aplicado, se discurre que, un 85,6% de la población está muy de acuerdo con la implementación de un marco de referencia que agilice los procesos de inspección y prueba, en tanto, un 14,4% está de acuerdo. Es así como, esta categorización impacta de manera directa la comprobación del objetivo general, objetivo específico 1 y 3 del estudio, por ello da valor a la propuesta de intervención tecnológica en la organización.
			85.6%	14.4%	0%	0%	0%	
Gestión	10	Al considerar la propuesta tecnológica implementada, a partir del uso de técnicas de procesamiento digital, que permiten el montaje, ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, se evalúa el impacto del modelo de gestión TI. En ese mismo contexto, se pretende identificar y justificar las características principales de la propuesta tecnológica y su aplicación a entornos automatizados que apoyen en la toma de decisiones de mantenimiento y en el entrenamiento del personal. Al mismo tiempo, se evalúa el impacto del modelo gestión TI, usando RA en el ámbito	MA	DA	NN	ED	MD	El resultado de la aplicación del instrumento de medición arroja que, un 80,8% de la población encuestada está muy de acuerdo con el aporte que se alcanza mediante un modelo de gestión TI implementado en la organización, mientras que, el 19.2% está de acuerdo. En líneas generales, esta categoría impacta de forma directa la validación del objetivo general y el objetivo específico 3. En este contexto, se propicia la implementación de
			80.8%	19.2%	0%	0%	0%	

Categoría	Ítem	Consideraciones	Resultados porcentuales					Análisis
			Muy de Acuerdo=MA	De Acuerdo=DA	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN	En Desacuerdo=ED	Muy Desacuerdo=MD	
		aeronáutico, para validar la usabilidad de la propuesta tecnológica y la integración de metodologías y estrategias de TI.						un modelo de gestión TI en la organización.
Generalidades o definiciones	6	Con la integración de procesos automatizados, con base en el MIL-STD y a los manuales técnicos del fabricante, que circunscriben el empleo de plataformas de automatización y control diseñadas en las plataformas LabVIEW, SolidWorks y eDrawings, se aporta información relevante en la integración de tarjetas de adquisición de datos. A partir de estas afirmaciones se sugiere, la implementación de sistemas automatizados que apoyen en la toma de decisiones de mantenimiento y en el entrenamiento del personal. De las evidencias anteriores, este ordenamiento permite validar la integración de tendencias disruptivas a partir de la revolución 4.0 y el uso de herramientas de TI en el mantenimiento aeronáutico.	MA	DA	NN	ED	MD	Es por este motivo que, la aplicación de este ítem revela que un 92.3% de la población está muy de acuerdo con la categorización aplicada, mientras que, un 7.7% está de acuerdo, en tanto, se valida la usabilidad de la propuesta tecnológica. Dentro de este marco, se considera una relación directa, en la aplicación del instrumento de medición y la consecución del objetivo general y el objetivo específico 1 del estudio.
Explicación Causal	4, 14, 18	Con esta categorización, se pretende medir el impacto del diseño asistido por computador, la integración de estrategias de automatización y el control de procesos, con el uso de tecnologías emergentes de IoT. Por tal motivo, valora positivamente, la propuesta tecnológica integrando herramientas de TI, que optimizan el mantenimiento aeronáutico y contribuyen a la optimización de recursos y reducción de costos y tiempo. Al respecto, desde la relación causa, se evalúa el impacto del modelo gestión TI, usando herramientas de RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI.	MA	DA	NN	ED	MD	Con los resultados obtenidos, se estima una valoración positiva respecto a la usabilidad de entornos virtuales en la propuesta tecnológica, en tanto, se considera la inclusión de modelos CAD en 3D. De esto se desprende que, un 93.6% de la población encuestada está muy de acuerdo con categorización propuesta y un 6.4% está de acuerdo. En definitiva, se ha ratificado el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos 2 y 3 del presente estudio.

Categoría	Ítem	Consideraciones	Resultados porcentuales					Análisis
			Muy de Acuerdo=MA De Acuerdo=DA Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN En Desacuerdo=ED Muy Desacuerdo=MD					
Predicción	8, 16, 17, 23	Con la aplicación del instrumento de medición a la propuesta tecnológica, se deja en claro, la relevancia de aspectos, tales como, la valoración del mejoramiento en tiempos de diagnóstico y prueba a componentes aeronáuticos, lo que aporta al cuidado del medio ambiente y a la optimización de recursos. Mientras tanto, se minimizan los tiempos de vuelo de las aeronaves al soportar las pruebas de componentes aeronáuticos en bancos de diagnóstico. En tanto, es considerada la gestión de cambios futuros y la posibilidad de implementar un marco de referencia, que aporte en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, embebido en realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados.	MA	DA	NN	ED	MD	En definitiva, se evidencia aceptación por parte de la población encuestada en la implementación del producto tecnológico. Si bien es cierto que, se observa una valoración positiva respecto a la usabilidad de herramientas de TI, tales como, la realidad aumentada y el procesamiento digital de señales en el ámbito aeronáutico. Desde esta perspectiva, el 84.6 % de la población encuestada, considera estar muy de acuerdo, mientras un 15,3% está de acuerdo. En términos generales, la identificación de esta condición aborda aspectos estimados en el objetivo general y los objetivos específicos del estudio.
Valoración	1-3-5-9-10-11-13-15-20-21-22	Con la validación de la propuesta tecnológica, en aspectos tales como, el modelado en 3D y la integración de software CAD, a partir del MIL-STD, se apoya en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico, en el entrenamiento y evaluación del impacto del modelo de gestión TI. Dentro de este marco, la propuesta tecnológica contempla técnicas de procesamiento digital en el montaje, ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos. A partir de esto, se evalúa el impacto modelo de gestión TI, con el uso de técnicas inteligentes de realidad aumentada en la optimización de recursos aeronáuticos. De esto se desprende que, la propuesta, permite mejorar el apoyo en tareas, tales como, el entrenamiento del personal, el diagnóstico, la reparación y el mantenimiento a componentes aeronáuticos.	MA	DA	NN	ED	MD	En referencia al mantenimiento aeronáutico y al uso de herramientas de TI, la medición del instrumento arroja resultados positivos, en tanto, el 89.9% (muy de acuerdo) y un 10.8% (de acuerdo). No obstante, favorece el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos, considerados en esta investigación.

Categoría	Ítem	Consideraciones	Resultados porcentuales					Análisis
			Muy de Acuerdo=MA	De Acuerdo=DA	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo= NN	En Desacuerdo=ED	Muy Desacuerdo=MD	
Comprobación	7	Con la integración de herramientas TI con base en la aplicación de la propuesta tecnológica, a partir de herramientas de automatización industriales tales como LabVIEW y SolidWorks, se analiza la postura de la población encuestada, frente al impacto del modelo gestión TI, que usa RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad en la integración de metodologías y estrategias. Desde esta perspectiva, se valida la propuesta tecnológica posterior al análisis diagnóstico con la integración de herramientas de TI que portan a los procesos de mantenimiento, diagnóstico y reparación de componentes aeronáuticos.	88.5%	11.5%	0%	0%	0%	La implementación de la propuesta tecnológica posee gran aceptación entre la población, proporcionando como resultado, un 88.5% de la población está muy de acuerdo y un 11.5% está de acuerdo. En tanto, la consideración de esta categoría concierne directamente a la justificación del objetivo general y el objetivo específico 1.

*Nota.* Análisis basado en el formulario de Google Forms y los resultados arrojados por el software estadístico SPSS.

### **Conclusiones**

De acuerdo con el estudio realizado y los resultados obtenidos en la presente investigación aplicada, es posible plantear las siguientes conclusiones.

Se evidenció la agilidad alcanzada en los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico, al mismo tiempo que se circunscriben fundamentos teóricos que gobiernan la implementación de procesos de automatización y control que apoyan en la toma de decisiones aeronáuticas. De esto se desprende que, con el propósito de difundir la utilización de estas tecnologías se ostentan los primeros pasos en la integración de aplicación de realidad aumenta y herramientas disruptivas en entornos aeronáuticos al interior de la organización.

Por otra parte, la integración de herramientas tecnológica mediadas por el software computacional integrado, facilitó el acceso y manipulación de instrumentos de diseño de altas prestaciones que asisten en el mantenimiento aeronáutico al interior de la organización. En conclusión, al identificar estrategias inteligentes de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento y a los manuales aeronáuticos del fabricante, mediante un modelo de gestión TI, se redujo drásticamente costos por concepto de entrenamientos y tiempos en identificación de fallas a componentes aeronáuticos, con lo que se da cumplimiento riguroso al objetivo específico 2 de este estudio.

Al mismo tiempo, la valoración positiva en el uso de herramientas de realidad aumentada, alcanzada a partir de este estudio, permitió validar la usabilidad de la propuesta tecnológica y la integración de metodologías y estrategias de TI en el ámbito aeronáutico. En última instancia, el resultado de la aplicación del instrumento de medición arrojó gran interés en la organización por las implementaciones estratégicas que hacen uso de TI. En líneas generales, se evaluó el

impacto, de una manera efectiva, en el marco de la cuarta revolución, validando el objetivo general y el objetivo específico 3 de este estudio.

Mientras tanto, con la integración de procesos automatizados, que hacen uso de elementos contenidos en el MIL-STD y los manuales técnicos del fabricante, se circunscribe el empleo de las plataformas LabVIEW, SolidWorks y eDrawings, como herramientas que aportan valor y otorgan información contextual relevante en la integración de tarjetas de adquisición de datos de altas prestaciones. A partir de los resultados alcanzados, la implementación de sistemas automatizados que apoyan en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal admitieron validar la integración de tendencias disruptivas en el marco de la revolución 4.0 y el uso de herramientas de TI, tales como la realidad aumentada, IoT y el procesamiento digital de señales, entre otras, aportando valor al mantenimiento aeronáutico. Dentro de este marco, se considera una relación directa entre los resultados alcanzados en la aplicación del instrumento de medición y la consecución del objetivo general y el objetivo específico 1 del estudio.

En este contexto, se evaluó el impacto del modelo gestión TI, usando herramientas de realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI. Con los resultados obtenidos, se estima una valoración efectiva, respecto a la usabilidad de entornos virtuales dada la propuesta tecnológica. En última instancia, se ratifica el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos 2 y 3 del estudio.

Se constató que la propuesta tecnológica contempla técnicas de procesamiento digital que apoyan el modelado de componentes aeronáuticos, integrando herramientas de automatización y control en lazo cerrado, mediante la plataforma LabVIEW, agilizando los procesos de inspección

y prueba. A partir de esto, se evaluó el impacto del modelo de gestión TI, con el uso de técnicas inteligentes de realidad aumentada en la optimización de recursos aeronáuticos. De esto se desprende que, la propuesta tecnológica implementada, permite mejorar el apoyo en tareas, tales como, el entrenamiento del personal, el diagnóstico, reparación y mantenimiento general a componentes aeronáutico. Con ello, se corrobora el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos, considerados en esta investigación.

La validación de la propuesta tecnológica planteada se contrastó a partir del cumplimiento a satisfacción de las condiciones de operación y diagnóstico automatizadas, comprobando las interrelaciones entre los procedimientos de obligatorio cumplimiento del manual del fabricante (MIL-STD) y la operación satisfactoria de la propuesta tecnológica, enmarcada en procesos de mantenimiento y diagnóstico. En tanto, la evaluación de cada categoría propuesta en el instrumento de medición avaló la calidad del producto tecnológico, implementado buenas prácticas en la gestión TI al interior de la organización. En último lugar, con la implementación de la propuesta y la valoración de esta, es importante resalta que, se ha constatado, desde el marco de referencia TI que usa realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, la usabilidad del producto en los procesos de mantenimiento aeronáutico, con base en protocolos de comunicación militares referidos en el MIL-STS. De las evidencias anteriores y los resultados alcanzados en la investigación posterior a la propuesta de intervención tecnológica, se constata el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específico.

### **Recomendaciones**

Tecnologías apoyadas en TI, que integren realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados a partir de la implementación del MIL-STD y procesos de identificación de fallas automatizados, constituyen un enfoque. Dado que, consienten técnicas aplicadas al campo aeronáutico en la industria colombiana, facilitando la unificación de servicios de TI en un marco de referencia para la industria nacional.

En líneas generales, las mejoras a los procesos de entrenamiento, diagnóstico y prueba derivadas de esta investigación aplicada incorporan un punto de referencia en la implementación de bancos de prueba y diagnóstico análogos, al interior de la Brigada de Aviación del Ejército, haciendo extensivos los alcances del estudio a futuros prototipos digitales, que integren herramientas de TI en el mantenimiento y optimización de procesos. De las evidencias anteriores, un elemento prioritario a partir de este análisis es la generación de una cultura de cambio frente al marco de referencia expuesto, con lo cual se obtendrá una reducción en recursos y tiempo en pro de la optimización de proyectos aeronáuticos venideros.

En tanto, es fundamental asignar recursos y presupuesto para la inversión en software y hardware embebido en herramientas de automatización, control y realidad aumentada, al igual que capacitar al personal en el uso de herramientas tecnológicas que aporten y den valor a implementaciones futuras y aplicaciones que consideren la realidad aumentada dentro de procesos de mantenimiento aeronáutico.

Es probable que, se recomiende utilizar el SDK de Vuforia, dado que permite desarrollar aplicaciones de realidad aumentada con Unity 3D, obteniendo en el corto plazo, altos niveles de calidad y un set de herramientas con funcionalidades, tales como proyección de objetos en 3D,

lectura de marcadores, atributos de video en tiempo real y la utilización de escenarios realistas, entre otras características.

No obstante, en el uso de aplicaciones de realidad aumentada, es recomendable utilizar dispositivos móviles con una memoria RAM superior a 2GB, con el propósito de evitar fallas en el rendimiento y operación. De manera semejante, errores comunes como la aparición de pantallas negras o tildadas, en tanto, cierres inesperados de la aplicación pueden ser minimizados a partir de estas recomendaciones.

### Discusiones

La implementación a partir del marco de referencia TI, alcanzada en la entronización de la propuesta tecnológica al interior de la organización, apoya de manera efectiva en decisiones de mantenimiento aeronáuticas y en el entrenamiento del personal, hace uso de tecnologías disruptivas como la realidad aumentada y técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados. Así mismo, ofrece un panorama alentador para futuros desarrollos en la organización, es probable que, en el corto y mediano plazo ofrezca la posibilidad de alcanzar mejores capacidades que apoyen en la transformación de la industria aeronáutica nacional.

De igual manera, los resultados obtenidos, a partir del marco conceptual establecido en el estudio y la implementación de la propuesta de intervención tecnológica, responden a las necesidades actuales en la organización, la cuales, fueron identificadas a partir del análisis diagnóstico. Aunado a esto, el modelamiento de gestión TI, redujo drásticamente costos en términos de tiempo, al discernir fallas en los componentes aeronáuticos de manera rápida y efectiva.

Por otro lado, la consolidación del marco de referencia TI, dada la propuesta tecnológica, deja en claro, la contribución al mejoramiento en tiempos de diagnóstico y prueba de componentes aeronáuticos con alto grado de precisión, lo que aporta al cuidado del medio ambiente y a la optimización de recursos. Bien es cierto que, se minimizaron los tiempos de vuelo de las aeronaves al soportar las pruebas del componente conjunto de actuadores electromecánicos en el banco de prueba y diagnóstico diseñado para tal fin.

En tanto, es considerada la gestión de cambios futuros y la posibilidad de efectuar nuevas integraciones, que aporten en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, embebidas en realidad aumentada y herramientas inteligentes de

procesamiento digital y automatización industrial. Debido a esto, se conforma una tendencia marcada y de alto potencial, que integra tecnologías que dan paso a la conformación de modelos de gestión en la industria aeroespacial nacional, así como marcos de trabajo apoyados en tecnologías disruptivas que ofrecen productos potencialmente atractivos para el mercado nacional e internacional.

Sin embargo, es necesario mencionar la necesidad imperiosa de investigaciones más profundas frente a las herramientas disruptivas consideradas en el presente estudio, con el fin favorecer los procesos de mejoramiento continuos al interior de la organización. De manera similar, gradualmente se discurre integrar estrategias de realidad aumentada, procesamiento digital de señales y procesos automáticos de control industrial al mantenimiento aeronáutico, considerando otros componentes viables de las aeronaves, en la integración de estrategias de TI, ejemplo de estos son: el Panel de Relay izquierdo y derecho, Panel de precaución y advertencia, Sistema de Radaraltímetro, Sistema integrado de navegación VOR (Very High Frequency), Sistema ADF (Automatic Direction Finder) y los Sistemas de comunicación a bordo de la aeronave.

### **Limitaciones**

En la consolidación de la propuesta tecnológica se han identificado inconvenientes al integrar algunas librerías de realidad aumentada específicas en el desarrollo, dicho de otro modo, la unificación de diferentes plataformas tecnológicas representa sistemáticamente un reto para la consolidación de aplicaciones de valor al interior de la organización. En tanto, los resultados alcanzados, confirman que los sistemas de realidad aumentada embebidos en entornos autónomos de monitoreo y control abren un camino ambicioso en la consolidación de nuevos sistemas de prueba y diagnóstico al interior de la organización, buscando integrar, en última instancia, tecnologías disruptivas que mejoren los procesos de mantenimiento aeronáutico.

No obstante, se constató que la presente propuesta tecnológica requiere herramientas potentes de cálculo y presenta limitaciones a la hora de establecer paradigmas de programación e integración con entornos virtuales de realidad aumentada y diseños asistidos por computador. En suma, los elementos disruptivos utilizados, tales como tablets y smartphone, poseen características visuales limitadas, lo que sugiere la necesidad de considerar dispositivos visuales que contemplen estaciones de trabajo más robustas y efectivas a la hora de realizar cálculos en arquitecturas especializadas y dedicadas a la visualización de plataformas de realidad aumentada, como es el caso de tecnologías tipo: Óculos, HP, HTC, por citar las marcas más representativas en el mercado.

En este mismo sentido, es necesario fortalecer el entrenamiento del personal aeronáutico, mediante una base tecnológica apoyada en herramientas de TI, que favorezca la generación de diseños innovadores orientados hacia la automatización de procesos y permita la integración de elementos de las TICs, beneficiando el adiestramiento en el mantenimiento aeronáutico, facilitando el acceso a los manuales del fabricante en entornos virtuales, enriqueciendo la teoría

con elementos multimedia y permitiendo a los técnicos aeronáuticos integrar herramientas de la cuarta revolución industrial en el mantenimiento aeronáutico local y nacional.

Finalmente, considerar el hecho que los desarrollos de aplicaciones de realidad aumentada, embebidas en sistemas automáticos de prueba, obligatoriamente requiere la integración de librerías de múltiples desarrolladores en diferentes entornos de software, es por este motivo que, la complejidad que el sistema va adquiriendo, es un hecho a considerar.

### **Trabajos Futuros**

Desde un acercamiento al ámbito social, esta investigación espera contribuir al aprendizaje ubicuo mediante la generación de material significativo que aporte en los procesos pedagógicos y capacitaciones futuras al interior de la organización, con tecnologías disruptivas que den valor al proceso de aprendizaje en el mantenimiento aeronáutico.

Vinculado a esto, se espera gestionar recursos proyectados a inversiones futuras en capacitación, dando continuidad al desarrollo de funcionalidades previas, además realizar una búsqueda exhaustiva y continua de tecnologías que propicien actualizaciones a favor de un marco de referencia TI, usando realidad aumentada en el ámbito aeronáutico para validar la usabilidad y ampliar los desarrollos a otros sistemas de las aeronaves con las que cuenta el Ejército Nacional de Colombia.

En definitiva, se espera aportar al conocimiento de la comunidad científica local, estudiantil y aeronáutica con artículos de interés en donde se divulgue el desarrollo e implementación del modelo de gestión de TI, sus alcances y aportes al conocimiento aeronáutico en la Aviación del Ejército colombiano, además se pretende en primera instancia, integrar en el mantenimiento aeronáutico mínimos productos viable que sean soporte de valor y una herramienta estratégica para los trabajos de mantenimiento en las diferentes especialidades aeronáuticas.

**Tabla 27**

*Trabajos futuros*

Producto	Indicador	Beneficiarios
Ampliación del análisis, interpretación y discusión del proceso de implementación en el mantenimiento aeronáutico integral, a partir de la propuesta tecnológica.	Artículos producto resultados de investigación.	Aeronáutica civil, talleres de mantenimiento aeronáutico, Ejército Nacional de Colombia, empresas del sector aeronáutico, grupos de investigación y comunidad científica.
Ampliación y cobertura de iniciativas disruptivas aplicadas en la investigación a variadas propuestas tecnológicas al interior de la organización.	Herramientas y diseños tecnológicos innovadores que aporten y den valor a implementaciones basadas en TI.	Ejército Nacional de Colombia, empresas del sector aeronáutico.
Digitalización de los manuales aeronáuticos del fabricante en entornos gráficos, apoyados en TI, considerando inicialmente el componente aeronáutico Caution Advisory Panel como una alternativa viable en el corto plazo.	Herramientas y diseños tecnológicos innovadores en dispositivos móviles.	Talleres de mantenimiento aeronáutico, Ejército Nacional de Colombia, empresas del sector aeronáutico, alumnos escuelas aeronáuticas.
Sistemas tridimensionales en entorno virtuales que agilicen procesos de mantenimiento y minimicen costos en tiempo y ejecución, aplicados a componentes tales como: Sistema de Radaraltímetro, Sistema integrado de navegación VOR (Very High Frequency), Sistema ADF (Automatic Direction Finder) y los Sistemas de comunicación a bordo de la aeronave.	Herramientas y diseños tecnológicos innovadores.	Aeronáutica civil, talleres de mantenimiento aeronáutico, Ejército Nacional de Colombia, empresas del sector aeronáutico, comunidad aeronáutica y científica del país.

*Nota.* La tabla muestra el consolidado de productos, indicadores y beneficios que aportan a iniciativas futuras en la organización.

### Referencias

- Aerocivil. (2019). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia. RAC 1, Parte 1. Cuestiones Preliminares, Disposiciones Iniciales, Definiciones y Abreviaturas. In *Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil Oficina de Transporte Aéreo - Grupo de Normas Aeronáuticas Reglamentos*.
- Aerocivil. (2020). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia Organizaciones RAC 145 Organizaciones de mantenimiento aprobadas. In *Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil Oficina de Transporte Aéreo - Grupo de Normas Aeronáuticas REGLAMENTOS*.
- Águila, R., Rodríguez, Y., & Martínez, L. (2018). Realidad aumentada y sus aplicaciones. In C. Joven Club (Ed.), *XVII Convención y Feria Internacional* (p. 7). Joven Club Cuba.
- Albornoz, L., Betancur, C., Ospina, M., Sanabria, P., Castro, A., Cuevas, J., Cabrera, L., Corcione, M., & Latorre, E. (2020). *Práctica pedagógica en el Ejército Nacional de Colombia: Reflexiones en torno a la formación, gestión educativa y la investigación* (S. E. ESMIC (ed.)). <https://doi.org/10.21830/978-958-52414-5-9>
- Alcaide, J. (2020). *Sistema de reconocimiento de situaciones adversas mediante visión artificial sobre un entorno DevOps*. Universidad Politécnica.
- Almanza, A., & Quiñones, G. (2020). *Modelo de gestión para la cadena de suministro de la corporación de la industria aeronáutica colombiana – CIAC S.A.* Universidad ECCI.
- Alvarez, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. *Revista de Pedagogía*, 39(105), 12. <https://core.ac.uk/download/pdf/322967825.pdf>

- Álvarez, A. (2021). *Análisis de la incorporación de la Industria 4.0 en Pymes del sector del transporte*. Universidad de Sevilla.
- Álvarez, H. (2019). Vista de Ambientes Navales Aumentados para un aprendizaje más significativo en estudiantes grumetes. In *III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Movil*.  
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2298/3186>
- Anabitarte, A. (2020). *Análisis de sensibilidad de elementos finitos sobre la modelización de paneles de aluminio AL2024 para estructuras aeronáuticas*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Araujo, J. (2021). *La realidad aumentada como estrategia de marketing en la industria del entretenimiento*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Arboleda, W. (2017). *Uso de realidad aumentada en el proceso de aprendizaje de las figuras geométricas en un grupo de estudiantes del pregrado en Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria*. (Editorial, Issue Sep). <https://doi.org/10.5281/zenodo.2613950>
- Arce, C. (2015). *Realidad Aumentada*. Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción.”
- Arévalo, M. (2019). *Desarrollo de un sistema embebido para el control de un autoclave mediante una aplicación Android para el hospital provincial general docente de Riobamba a través de la empresa multiservicios COESTRA*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Arias, & Covinos. (2021). Diseño y metodología de la investigación. In E. C. E. P. A. E. 618 T. + 51 967702156 Arequipa-Perú (Ed.), *Enfoques Consulting EIRL (ENFOQUES C)*. Libro

electrónico disponible en: [www.tesisconjosearias.com](http://www.tesisconjosearias.com).

Arias, J., Villasís, M., & Guadalupe, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(núm. 2, abril-junio, 2016), 201–206.

[www.nietoeditores.com.mx](http://www.nietoeditores.com.mx)

Arrepol, A. (2020). *Estudio de la irrupción de la Industria 4.0 en la metodología Lean Manufacturing* [Universidad del Bío-Bío].

<https://www.researchgate.net/publication/340094110>

Arteaga, M., & Pazmiño, M. (2018). Uso de Buenas Prácticas en la Gestión de Proyectos de TI.

*INNOVA Research Journal*, 3(2), 49–59. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.2018.404>

Asqui, B. (2020). *Generación de un Sistema de control y monitoreo para un brazo robótico prototipo basado en la internet de las cosas y la integración de LABView y solidworks*.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Azuero, A. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 110.

<https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>

Bahamón, A., & Velásquez, C. (2020). *Modelo de gobierno de TI para la jefatura de las tecnologías de la información y las comunicaciones de la fuerza aérea colombiana*.

Universidad EAN.

Bajaña, L., & Paladines, J. (2021). *Diseño e implementaición de un prototipo clasificador de granos de cacao usando vision artificial y machine learning*.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9973/1/UPS-GT001090.pdf>

- Barbosa, C., Duque, A., & Ochoa, C. (2021). *Diseño de un laboratorio de Innovación orientado a resolver problemáticas militares del Ejército Nacional*. Universidad del Rosario.
- Barroso, J., Gutiérrez, J. J., Llorente, M. del C., & Valencia, R. (2019). Difficulties in the Incorporation of Augmented Reality in University Education: Visions from the Experts. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(2), 126.  
<https://doi.org/10.7821/naer.2019.7.409>
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0, Fabricando el futuro*. Union Industrial Argentina.
- Basco, I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro* (Unión Industrial Argentina (ed.)). Inter-American Development Bank.  
[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=geiGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=aeronautica+%2Brealidad+virtual+\(VR\),+la+cual+sumerge+por+completo+al+individuo+en+un+entorno+virtual+y+aislado+de+la+realidad,+por+otro+lado+la+RA+&ots=n-ERhthOL&sig=IJBvMGQZE](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=geiGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=aeronautica+%2Brealidad+virtual+(VR),+la+cual+sumerge+por+completo+al+individuo+en+un+entorno+virtual+y+aislado+de+la+realidad,+por+otro+lado+la+RA+&ots=n-ERhthOL&sig=IJBvMGQZE)
- Bedregal, N. (2017). The teaching attended by the Technologies of the Information and Communication . What ? How ? Why ? *Referencia Pedagógica*.
- Beltrán, N., & Rodríguez, J. (2022). *Desarrollo de un Recurso Virtual para las Prácticas de Laboratorio de Neumática Haciendo uso de la Realidad Aumentada* (Issue 8.5.2017). Universidad Santo Tomás.
- Berenguel, J., Gutiérrez, F., Paderewski, P., & Pérez, D. (2018). *Desarrollo de un Modelo Estandarde Interaccion para Entornos Virtuales*.

[https://sci2s.ugr.es/caepia18/proceedings/docs/CAEPIA2018\\_paper\\_250.pdf](https://sci2s.ugr.es/caepia18/proceedings/docs/CAEPIA2018_paper_250.pdf)

Bermúdez, J. (2019). *Pasos preliminares para un manual de diseño de moldes de inyección de plásticos con herramientas CAD/CAE/CAM*.

Bernal, M., & Rodríguez, D. (2019). Las tecnologías de la información y comunicación como factor de innovación y competitividad empresarial. *Scientia et Technica*, 24(1), 85.

<https://doi.org/10.22517/23447214.20401>

Berrios, R. (2020). Strategic use of augmented reality in marketing and education. *Red Marka*, 24, 217–237.

Bilbao, J., & Escobar, P. (2020). *Investigación y educación superior* (Lulu.com (ed.); 2da.

Edici).

<https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=W67WDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA37&dq=Una+variable+es+una+característica+o+cualidad,+magnitud+o+cantidad+que+puede+sufrir+cambios,+que+es+objeto+de+análisis,+medición,+manipulación+o+control+en+una+investigación.&ot>

Blázquez, A. (2017). Realidad Aumentada en Educación. In *Campus de Excelencia Internacional*.

Bockholt. (2017). *Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta. y ¿qué significa “inmersión” realmente?* [www.thinkwithgoogle.com](http://www.thinkwithgoogle.com)

Bohórquez, C., Pérez, S., & Casanova, R. (2021). *Aprender a Vivir para un Mundo diferente, Didáctica del autoconocimiento: un enfoque emergente en la mediación metacognitiva* (E. A. D. S.A. (ed.)). Universidad de Zulia.

- Bolarte, V. (2021). *Desarrollo de una aplicación móvil con tecnología de realidad aumentada para mejorar el aprendizaje de los alumnos del colegio privado cristiano ecologista Kairos de Iquitos*.  
<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/2216/Proyecto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bonafini, G. L. (2018). *MORPHOS: Plataforma médica para análisis de prótesis customizadas*. Universidad Tecnológica Federal de Panamá.
- Bonvin, E., Maligno, E., & Cid, G. (2019). Aplicación de técnicas de simulación al mantenimiento de aeronaves. *Julio*, 6, 39.
- Cabero, J., & Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 6(1), 44–50.  
<https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabrera, A., Garay, C., Contreras, C., & Gomez, E. (2020). Modelo para el desarrollo de proyectos de innovación en tecnología para la aviación: caso de estudio banco de pruebas digital para las pruebas caza fallas de la GCU. *Revista EAN* (89).
- Cadena, J., Pereira, N., & Perez, Z. (2019). Innovation and its impact on the growth and development of companies in the food and beverage sector of the Distrito Metropolitano de Quito during 2017 Contenido. *Espacios*, 40(2017), 1–17. moz-extension://fa2561b0-4978-43db-8aaa-01457718938a/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.revistaespacios.com%2Fa19v40n22%2Fa19v40n22p17.pdf

- Caguana, J. (2015). *Pizarra virtual usando Realidad Aumentada para el aprendizaje interactivo en la unidad educativa Tirso de Molina, de la ciudad de Ambato.*
- Calderon, P. (2020). *Introducción a la gestión de servicios TI gestión de servicios TI.*  
[https://www.academia.edu/40917853/Introducción\\_a\\_la\\_gestión\\_de\\_servicios\\_TI\\_gestión\\_de\\_servicios\\_TI](https://www.academia.edu/40917853/Introducción_a_la_gestión_de_servicios_TI_gestión_de_servicios_TI)
- Callejas, M., Alarcón, A., & Álvarez, M. (2017). *Modelos de calidad del software, un estado del arte.* 13(1). <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>
- Camacho, H., Casilla, D., & Finol De Franco, M. (2019). La Indagación: Una Estrategia Innovadora Para El Aprendizaje. In *Revista de Educación* (Vol. 14, Issue 26).
- Cárdenas, E., & Jaimes, S. (2019). Analizar la tecnología de realidad aumentada (RA) y virtual (RV) en la instrucción de pilotos en sistema no tripulados de el comando aéreo de combate n° 2 de Apiay Villavicencio. In *Αγαη* (Vol. 8, Issue 5).
- Carrera, A. (2021). *Desarrollo de una plataforma IOT para la supervisión y control de procesos industriales de fabricación inteligente en tiempo real a través de la nube.* Universidad Politécnica Salesiana.
- Carrión, E. (2018). *Comparativa de tres Herramientas de Realidad Aumentada Utilizando una Metodología de Medición de software ISO 25010.*  
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8750/1/04\\_ISC\\_494\\_TRABAJO\\_DE\\_GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8750/1/04_ISC_494_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)
- Carvalho, V., & Xavier, J. (2020). (2020, December). *Realidade Virtual Imersiva para Reproducção Cinematográfica.* In *Anais do XVII Congresso Latino-Americano de Software*

*Livre e Tecnologias Abertas (pp. 176-179). SBC.*

Castaño, A., & Ramirez, J. (2018). Modelado matemático y control de un sistema de despegue y aterrizaje vertical a escala. *Jóvenes En La Ciencia*, 4(1), 2480–2485.

Castelblanco, P. (2021). *Expectativas de formación de los oficiales de la policía nacional, desde el abordaje teórico-práctico en los primeros años de ejercicio profesional*. Universidad Santo Tomás.

Castro, A., Parra, E., & Calderón, I. (2020). Glosario para metodología de la investigación. *Working Paper ESACE*, 8, 41.

Caviedes, J., & Durán, P. (2017). *La Animación Experimental: un género de posibilidades infinitas para innovar en el campo de la Realidad Virtual*.

Ceruti, A., Marzocca, P., Liverani, A., & Bil, C. (2019). Maintenance in aeronautics in an Industry 4.0 context: The role of Augmented Reality and Additive Manufacturing. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(4), 516–526.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcde.2019.02.001>

Chaux, A., Leal, J., Tarazona, J., Sandoval, N., & Alfonso, W. (2020). Investigación correlacional entre la polivalencia, el ambiente físico y el ambiente personal, en la satisfacción laboral de los empleados de la aerolínea Spirit del aeropuerto José María Córdoba de Medellín [Institución Universitaria Politécnica Gancolombiano]. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.  
<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/2216/Proyecto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Conejero, J. (2020). An Approximation to Qualitative Research. *Revista Medica de Chile*, 145(3), 373–379. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000300012>
- Corbal. (2019). *Representación automática en 3d de bajo coste para inspección visual de componentes aeronáuticos instalados en ala con acceso limitado*.
- Cordero, R., Orozco, M., Renan, M., Hernández, J., Cetzal, G., & Couder, C. (2018). Clasificación de galaxias utilizando procesamiento digital de imágenes y redes neuronales artificiales Digital. In *Research in Computing Science* (Vol. 147, Issue 7).
- Córdoba, G. (2020). *Estrategia didáctica para el fomento de la lectura mediante la tecnología de la realidad aumentada, METAVERSE Y ARLOOPA, en los estudiantes de décimo grado*.
- Corona, J. (2016). *Apuntes sobre métodos de investigación*.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2016000100016&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2016000100016&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Cortina, G. (2019). *Actualidad y retos de la realidad virtual para el entrenamiento en la Industria aeronáutica de Defensa - Hispaviación*. <http://www.hispaviacion.es/actualidad-retos-la-realidad-virtual-entrenamiento-la-industria-aeronautica-defensa/>
- Cruz, D. (2020). Caracterización de recubrimientos de aluminio procesados por proyección fría (Cold Spray) para reparaciones aeronáuticas. In *Escuela Internacional de Doctorado* (Vol. 1, Issue 69).
- Cuertán, P. (2021). Creación de una aplicación multimedia para mantenimiento técnico basado en el modelamiento digital de un sistema de suspensión con realidad aumentada. In *Universidad Técnica del Norte*. Universidad Técnica del Norte.

- De-Matteis, L. (2021). *Dron: variantes gráficas, productividad y empleo fuera del ámbito aeronáutico*. 1–22.
- De Guevara, J. (2014). Fundamentos de programación en Java. *Archivos Españoles de Urología*, 8(2), 160–172.
- De La Espriella, A. (2020). *Vista de Comparación entre tecnologías emergentes y tradicionales en automatización e instrumentación industrial*.  
<http://revistas.unitecnar.edu.co/index.php/sth/article/view/11/55>
- De la Fuente, E., & Mazaeda, R. (2017). *Visión Artificial, Realidad Virtual y Realidad Aumentada*.
- Deroncele, A. (2022). The Epistemic Competence: A Pathway For Research. *Revista Universidad y Sociedad*, 8.5.2017, 2003–2005.
- Dos Santos, T. (2020). *Virtualização de processos na Indústria 4.0*. Instituto Politécnico de Leiria.
- Durán, D. (2019). *Instrumentos de investigación cualitativos y cuantitativos frente a la investigación mixta o complementaria Qualitative and quantitative research instruments against mixed or complementary research* Recibido : 20 / 03 / 2019 Aceptado : 25 / 04 / 2019 *RESUM*. 3, 41–56.  
<http://pragmatika.cl/review/index.php/consensus/article/view/38/50>
- Durán, Troya, J., & Vallecillo, A. (2019). *Desarrollo de software dirigido por modelos*.
- Erazo, A. F. (2020). *Control Para Sistemas Continuos Y Discretos Basado En La Ingeniería*

*Dirigida Por Modelos*. Universidad EAFIT.

- Eschen, H., Kötter, T., Rodeck, R., Harnisch, M., & Schüppstuhl, T. (2018). Augmented and Virtual Reality for Inspection and Maintenance Processes in the Aviation Industry. *Procedia Manufacturing*, 19, 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.01.022>
- Escobar, L., & García, C. (2016). *Diseño e implementación de un protocolo de ingeniería inversa*.
- Eslaba, M. (2020). *Incrementando la productividad en la organización de mantenimiento aeronáutico (OMA-013)* (Vol. 2507, Issue February).
- Esmartcity. (2017). *Una solución con realidad aumentada recrea el tráfico aéreo de un aeropuerto para diseñar sus rutas*. <https://www.esmartcity.es/2017/06/15/solucion-realidad-aumentada-recrea-trafico-aereo-aeropuerto-disenar-rutas>
- Espitia, F. (2017). *Modelo metodológico de implementación del proceso de Codificación de la Gestión del Conocimiento en Organizaciones Desarrolladoras de Software en Colombia*.
- FAC. (2020). Poder Aéreo en Colombia Evolución de Capacidades en las Bases de la Fuerza Aérea Colombiana 1916 - 2019. Agosto, 1–50.
- Ferreira, P. (2018). *Oportunidades y desafíos de tecnologías emergentes*. 36–48. [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/JOTA/Journals/Volume 1 Issue 2/Spanish/05-peterson\\_s.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/JOTA/Journals/Volume%201%20Issue%202/Spanish/05-peterson_s.pdf)
- Figuro, R., Bernal, M., & Bustamante, C. (2021). *Bibliometric Analysis of the Scientific Production of the Biology and Chemistry Program-Universidad del Atlántico (2016-2019)*.

Universidad del Atlántico.

- Flores, B. (2017). *La normativa internacional de calidad AS9110 en los escuadrones de mantenimiento aeronáutico y su incidencia en la disponibilidad de aeronaves de la fuerza aérea ecuatoria, durante el periodo 2010-2014.*
- Flores, Miranda, & Villasís. (2017). *El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial.* <http://www.revistaalergia.mx>
- Flores, Miranda, & Villasís. (2018). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Nature*, 388, 539–547.
- Flores, P. (2019). *Uso de la realidad aumentada como herramienta digital para facilitar la lectura de compuertas lógicas en los estudiantes de sexto nivel de Sistemas Digitales de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Informática- UCE en el periodo académico* [Universidad Central de Ecuador]. <https://doi.org/10.1037//0033-2909.126.1.78>
- Florez, Miranda, & Villasis. (2017). *El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial.* [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-91902017000300364](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902017000300364)
- Fornetti, L., & Martello, V. (2019). *Investigación SocilaSOCIAL I Las variables en investigacion Lucila.* 255. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/86707>
- Fornetti, L., & Martello, V. (2021). Las variables en investigacion. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 1–7.
- Galeano, M. (2020). *Diseño de proyectos en la investigación cuantitativa.*

Gallego, G. (2018). *Modelo para el Análisis de Aplicaciones Visuales Educativas en Realidad Aumentada desde la Perspectiva de la Semiótica Visual*.

Gamarra, M., Bertel, F., & Velásquez, J. (2016). Herramienta de Software para el Aprendizaje de Sistemas Difusos en un Curso de Control Digital Software Tool for the Learning of Fuzzy System in a Course of Digital Control. *Formación Universitaria*, 9(4), 33–40.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000400005>

Gamboa, M. (2017). *Estadística Aplicada a la Investigación Científica*.  
<https://michelenriquegamboagraus.wordpress.com/2016/12/01/curso-estadistica->

García. (2017). *Así ayudará la realidad mixta a controlar el tráfico aéreo - AS.com*.  
[https://as.com/meristation/2017/03/24/betech/1490377954\\_713218.html](https://as.com/meristation/2017/03/24/betech/1490377954_713218.html)

García, A., & Becerra, O. (2021). *Diseño de un Molde Industrial para la Inyección de Pa66 Y Validación Mediante Análisis de Flujo de Material por Elementos Finitos en Software CAD/CAE*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

García, C. (2015). *Aplicación de la Realidad Aumentada al Mantenimiento de Maquinaria Industrial de Cinco Ejes: una Integración Tecnológica*. Universidad de Montemorelos.

García, Furman, & Gutiérrez. (2013). Análisis de las Preguntas que Formulan los Estudiantes a Partir de Textos. *RIUPTC Repositorio Institucional UPTC*, 1(69), 5–24.

García, J., Fernández, B., & San Emeterio, C. (2020). Construction and validation of an instrument for measuring attitudes towards Body Expression. *Retos*, 83, 443–451.

García, K., & León, N. (2021). Industria 4.0: Explorando su Aplicación al Sector Aeronáutico y

- Espacial para el Desarrollo de la Fuerza Aérea Colombiana. *Publicación Anual*. / *EFICIENCIA Revista Especializada En Ciencias Administrativas, Económicas y Contables*, 1(3), 2805–5934.
- García, L., Fernández, E., Valderrama, F., & Verdú, A. (2021). *Modelling and Virtual Recreation of Aeronautical Heritage as a Teaching Innovation in Engineering Studies*. 5, 55–83. <https://doi.org/10.20868/abe.2021.2.4723>
- García, & Restrepo. (2019). Diseño del Tren Principal de Aterrizaje Tipo Triciclo para el Prototipo de Aeronave Remotamente Tripulada, en Convenio con la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- George, C., & Salado, L. (2019). Competencias investigativas con el uso de las TIC en estudiantes de doctorado. *Apertura*, 11(1), 40–55. <https://doi.org/10.32870/ap.v11n1.1387>
- Ger, D., & Pereguez, D. (2021). *Herramienta Tecnológica para el Aprendizaje de Dibujo Técnico, Mediante Realidad Aumentada en la Unidad Educativa Isaac Acosta de Tulcán*. Universidad Politécnica Estatal de Carchi.
- Gómez, J. (2019). Implementation of a Centralized Remote System as a way to improve Aeronautical Manintenance. *Revista Científica de La Escuela de Postgrados de La Fuerza Aérea de Colombia*, 14 (2). <https://doi.org/https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.634>
- Gómez, O. (2020). Metodología para la gerencia de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en el sector aeronáutico militar colombiano. [Universidad Militar Nueva Granada]. In *Engineering, Construction and Architectural Management* (Vol. 25,

Issue 1).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2014.12.010>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.034>  
<https://www.iiste.org/Journals/index.php/JPID/article/viewFile/19288/19711>  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.6911&rep=rep1&type=pdf>

Gonzales, M. (2019). *Herramienta para la Mejora de los Sistemas de Comunicación e Información Aplicados a una Empresa Subcontrata del Sector Aeronáutico*. Escuela Politécnica Superior de Jaén.

González, R. R., & Hernández, J. (2017). Diseños de investigación cuantitativos aplicados en las ciencias de la administración y gestión. *Globalciencia*, 3(1), 15–27.  
<https://globalciencia.com/index.php/globcien/article/view/11>

Granda, A. (2015). *Reflections on Educational Research*. 7511.  
<http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaRyS/article/view/606/1141>

Grangui, F. (2022). *Pregunta Problematizadora Esta*.  
<https://es.scribd.com/document/364102339/Preguntas-Problematizadoras>

Guilcamaigua, D., & Villacis, M. (2022). *Análisis del control PID de un sistema didáctico de tanques*. Universidad Politécnica Salesiana.

Guzmán, O. (2019). *Sistema automatizado para corte por plasma para la empresa invenios 3D*.

Hernández. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta* (M. Edition (ed.)).  
[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=investigacion+experimental+mixta&ots=Ti\\_mZWWpJZ&sig=jvSqsylhOgV77nZalj7E](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=investigacion+experimental+mixta&ots=Ti_mZWWpJZ&sig=jvSqsylhOgV77nZalj7E)

ojS1S3U&redir\_esc=y#v=onepage&q=investigacion experimental mixta&f=false

Hernández. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *ALERTA Revista Científica Del Instituto Nacional de Salud*, 2(1), 75–79. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>

Hernández, A. (2013). Automatización del Banco de Prueba Caution Advisory Test Bench Correspondiente al Panel de Advertencia y Aviso de Fallas de los Helicopteros Black Hawk UH-60L . 2013.

Hernández, & Coello. (2020). *El proceso de investigación científica*.

[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=03n1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&q=El+proceso+de+investigación+científica+%2B+hernandez+coelo&ots=oKzSV2lh1l&sig=VbCqED0j8cV-Wfv\\_6sWmUPry0FA&redir\\_esc=y#v=onepage&q=El+proceso+de+investigación+científica+%2B+herna](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=03n1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&q=El+proceso+de+investigación+científica+%2B+hernandez+coelo&ots=oKzSV2lh1l&sig=VbCqED0j8cV-Wfv_6sWmUPry0FA&redir_esc=y#v=onepage&q=El+proceso+de+investigación+científica+%2B+herna)

Hernández, & Coelo. (2020). *El proceso de investigación científica* (E. U. del M. de E. Superir (ed.)).

Hernández, & González. (2020). *El paradigma cuantitativo de la investigación científica* (E. Universitaria (ed.)). Cuba.

[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=5d\\_zDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&q=ya+en+el+siglo+XV+y+XVI,+con+el+nacimiento+de+la+ciencia+moderna,+las+mediciones+de+los+fenómenos+naturales+se+sustentaron+con+un+detallado+y+riguroso+análisis+numérico&ots=wex3t](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=5d_zDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&q=ya+en+el+siglo+XV+y+XVI,+con+el+nacimiento+de+la+ciencia+moderna,+las+mediciones+de+los+fenómenos+naturales+se+sustentaron+con+un+detallado+y+riguroso+análisis+numérico&ots=wex3t)

Hernandez, H., Guzman, D., & Guevara, D. (2020). *Augmented reality for education of financial mathematics and anapplication to improve university Ciencias Económicas y*

*Administrativas* (Vol. 12, Issue 12).

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta* (S. A. de C. V. Editores (ed.)).

Hidalgo, L. (2019). *Revisión de metodologías para evaluación y selección de un ERP*.

Huaire, E. (2019). Hipótesis y Variables. In *Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios*.  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis/Salud/valcarcel\\_mm/Cap4.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis/Salud/valcarcel_mm/Cap4.pdf)

Huaman, H. (2021). Clima organizacional y la seguridad operacional en el personal aeronáutico de una organización de mantenimiento aprobado, Lima, 2021. In *Universidad César Vallejo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76522>

Hurtado, F. (2020). Fundamentos Metodológicos de la Investigación: El Génesis del Nuevo Conocimiento. *Revista Scientific*, 5(16), 99–119.  
<https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2020.5.16.5.99-119>

Jácome, S., & Lara, J. (2019). *Propuesta de mecanismos de personalización de meta-modelos en la Ingeniería Dirigida pro modelos*.  
[https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/688851/jacome\\_guerrero\\_santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/688851/jacome_guerrero_santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Jarrín, A. (2020). *Desarrollo de una red neuronal difusa para la detección de fallos en maquinaria rotativa en tiempo real*. Universidad Técnica de Ambato.

Jayaweera, M., Wijesooriya, I., Wijewardana, D., De Silva, T., & Gamage, C. (2017). Demo abstract: Enhanced real-time machine inspection with mobile augmented reality for

- maintenance and repair. *Proceedings - 2017 IEEE/ACM 2nd International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation, IoTDI 2017 (Part of CPS Week)*, 287–288.  
<https://doi.org/10.1145/3054977.3057302>
- Jiménez, & García. (2019). *Methods with Methodology, Studies with Objective*. 1(1995), 5–8.  
<https://doi.org/10.35951/v1i1.21>
- Jiménez, J. (2017). *El mantenimiento intermedio de la aeronave TwinOtter y su incidencia en el cumplimiento de las Operaciones aéreas del escuadrón de transporte Liviano no. 1113, año 2014*.
- Josfal, E. (2020). *Aplicación de la realidad aumentada en la pedagogía de la educación primaria*.
- Juárez, J. (2017). *Diseño y Ensamblaje de Estación para Prueba Eléctrica de Faros BMW para la Empresa Hella*. Tecnológico Nacional de México.
- Lafuente, C., & Egoscozabal, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 64, 5–18. <https://doi.org/10.21158/01208160.n64.2008.450>
- Lazarte, I. (2016). *Desarrollo de Software Dirigido por Modelos: conceptos, lenguajes y desafíos* (Vol. 1).
- Lee, J., Doran, J., & Misra, N. (2016). *Unreal Engine: Game Development from A to Z* (B. Packt (ed.)). [www.packtpub.com](http://www.packtpub.com)
- Lera, A. (2019). Desarrollo de aplicación móvil en realidad aumentada con Unity3D. In

*Desarrollo de aplicación móvil en realidad aumentada con Unity3D* Desarrollo de aplicación móvil en realidad aumentada con Unity3D. Universidad Politécnica de Madrid.

Lésmes, R. (2021). *El principio de la integralidad en la formación de personal aeronáutico y gestión del riesgo*. 6.

Leyva, M., Viteri, J., Estupiñán, J., & Hernández, R. (2021). Diagnóstico de los retos de la investigación científica postpandemia en el Ecuador. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*, Edición Es, 6.

López. (2019). *Desarrollo de una aplicación para simular un vuelo con Realidad Virtual por el entorno Ecuatoriano con el avión de combate de las Fuerzas Armadas del Ecuador “Tucano”, para plataformas Android utilizando Unity y Google VR.*

López, O. (2021). *Exploración del sector TI y Defensa para la identificación de estrategias. Caso de estudio Codaltec.*

Lozano. (2022). *Desarrollo de un sistema basado en internet industrial de las cosas para el monitoreo y control de un banco de pruebas de intercambio de calor*. 277.

Lozano, A. (2019). Reseña: Realidad aumentada y educación . Innovación en contextos formativos. *Digital Education*, 35, 324–325.

<https://books.google.com.co/books?id=OgiIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Las+tecnologías+que+interactúan+con+los+entornos+digitales+hacen+una+transformación+del+universo+virtual+al+mundo+real&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj4trnCh9XrAhWkpFkKHWIO>

Luque, R. (2020). *Herramienta software de un proyector láser para aplicaciones de Realidad*

*Aumentada en entornos industriales Autor.*

- Macana, E., & Quiroga, J. (2019). *Análisis de la Exactitud Posicional de Productos Cartográficos Generados con Imágenes Adquiridas por Medio de Plataformas Aéreas no Tripuladas* (Vol. 3, Issue July). Universidad Católica de Manizales.
- Maiz, I., Garay, U., & Castaño, C. (2017). *Teknologia berriak eta Hezkuntza joerak / Nuevas tecnologías y tendencias en la Educación.*
- Mallqui, E. (2017). *Implementación del sistema de muestreo por salteo para inspección por atributos en el área de calidad de insumos en una empresa fabricante de electrodomésticos.*  
<https://core.ac.uk/download/pdf/323342185.pdf>
- Marciszack, M., Moreno, J., Sánchez, C., Medina, O., Delgado, A., & Castro, C. (2019). *Patrones en la construcción del modelo conceptual para sistemas de información.*
- Marimán, C., & Mera, M. (2018). *El desarrollo del pensamiento científico a través de las preguntas del profesor en clases.*
- Marotta, F., Montes, J., & Addati, G. (2020). Simulación con realidad inmersiva, semi inversiva y no inmersiva. *N 720*. [www.cema.edu.ar/publicaciones/doc\\_trabajo.html](http://www.cema.edu.ar/publicaciones/doc_trabajo.html)
- Márquez, C. (2020). *Propuesta de diseño y desarrollo del Manual de la Organización de Mantenimiento (MOM) para una Organización de Mantenimiento Aprobada (OMA) Presentado por*. Fundación Universitaria Los Libertadores.
- Márquez, C., & Roca, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 61–71.

<http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaey/article/view/6087/5493>

Martín, A. (2019). *Aplicación de Realidad Mixta para la Asistencia en Tareas de Ensamblaje*.

Universidad Politécnica de Madrid.

Martínez, C. (2019). *Estadística Básica Aplicada* (Ecoe (ed.); 5a. Edición).

Martínez, J., Padilla, A., Rodríguez, E., Jiménez, A., & Orozco, H. (2017). Diseño de

Herramientas Didácticas Enfocadas al Aprendizaje de Sistemas de Control Utilizando

Instrumentación Virtual. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica*

*Industrial*, 14(4), 424–433. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.03.003>

Medina. (2022). *Instrumento de medición de voltaje DAQ HAT para Raspberry Pi*. 33, 1–3.

Medina, C. (2019). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje de meteorología aeronáutica en una institución militar, Lima 2019* [Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48641>

Mejía, Á., Jabba, D., Carrillo, G., & Caicedo, J. (2019). The Influence of Software Engineering on Industrial Automation Processes. *Información Tecnológica*, 30(5), 221–230.

Mendoza, & Zea. (2019). *Diseño de guías de aprendizaje para el tema lotes de aceptación en la asignatura de ingeniería de la calidad de la universidad de Ibagué*.

[https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/1370/1/Trabajo de grado.pdf](https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/1370/1/Trabajo%20de%20grado.pdf)

MinDefensa. (2019). *Ministerio de Defensa Nacional Directiva No. 000027 del 06 marzo de 2019 Lineamientos para la protección de propiedad intelectual en el Ejército Nacional*.

Ministerio de salud. (1993). Resolución 8430 de 1993 (october 4). *Diario Oficial*, 32(4), 471–

473.

Mira, N., Giro, J., Clark, V., Felippa, M., & García Cuerva, F. (2017). *Desarrollo de una Herramienta para Gestión de Mantenimiento Aeronáutico*. <http://www.iua.edu.ar>

Mitaritonna, A. (2019). *Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para Mejorar la Conciencia Situacional en el Ámbito Militar*. Universidad Nacional de la PLata.

Mitaritonna, A., Abásolo, M., & Montero, F. (2020). *Empoderamiento de la Conciencia Situacional en operaciones militares usando Realidad Aumentada*.

Montero, G. (2020). *Diseño, Simulación y Ensayo de Mecanismos Cinemáticos/Dinámicos*.

Mora, G. (2020). *Inspección Visual Mediante el Empleo de una Aeronave Tipo UAV Equipado con Tecnología VR (Realidad Virtual) y una Cámara De 360° para la detección de FOD en la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE*. Universidad de las Fuerzas Armadas.

Mora, J. (2019). *Propuesta exploratoria para la identificación de la compatibilidad funcional de modelos de capacidades productivas dinámicas en procesos de manufactura, soportados por Realidad aumentada*. Iberoamericana Corporacion Universitaria.

Moral, J. (2019). Revisión de los criterios para validez convergente estimada a través de la Varianza Media Extraída. *Psychologia*, 13(2), 25–41.

<https://doi.org/10.21500/19002386.4119>

Morales, F. (2014). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. *DIVULGARE Boletín Científico de La Escuela Superior de Actopan*, 1(1).

<https://doi.org/10.29057/esa.v1i1.1580>

- Moreno, I. (2019). *Diseño e implementación de un transformador de señal para el bus de aviónica MIL-STD 1553*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Muñoz, Barzola, & Cabrera. (2021). Análisis de un plan de importación sobre equipos de detección y diagnóstico en pérdida auditiva. In *Espí-ritu Emprendedor TES* (Vol. 5, Issue 4). <https://doi.org/10.33970/eetes.v5.n4.2021.289>
- Muñoz, C., & Sorzano, L. (2017). Diseño de un sistema de Producción y Operaciones para la gestión de capacidad en el mantenimiento aeronáutico de corto plazo, caso estudio en la flota de aviones Avianca. In *reponame: Repositorio Institucional Sergio Arboleda*. [https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1123/Diseño de un sistema de producción y operaciones. Flota de aviones Avianca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1123/Diseño%20de%20un%20sistema%20de%20producci3n%20y%20operaciones.%20Flota%20de%20aviones%20Avianca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Negrín, A. (2018). *Control y monitorización de un prototipo de dron con NI myRIO y LabVIEW*.
- Nevárez, C., & Vallejo, F. (2021). *Propuesta de un sistema de gestión de seguridad para la aviación militar considerando las nuevas tecnologías* [ESPE Universidad de las fuerzas armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26845/1/T-ESPE-050909.pdf>
- Ochoa, R., Nava, N., & Fusil, D. (2020). Comprensión epistemológica del tesista sobre investigaciones cuantitativas, cualitativas y mixtas. *Orbis*, 15(45), 13–22. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7407375.pdf>
- Oliva, M., Mas, F., Ríos, J., Olmos, V., & Gómez, A. (2014). Soluciones avanzadas para la industrialización de montajes aeronáuticos complejos: el proyecto CALIPSONeo. *XX Congreso Nacional ...*, March 2020.

[https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Rios6/publication/340272456\\_Soluciones\\_avanzadas\\_para\\_la\\_industrializacion\\_de\\_montajes\\_aeronauticos\\_complejos\\_el\\_proyecto\\_CALIPSONeo/links/5e81ac7a458515efa0b89a20/Soluciones-avanzadas-para-la-industrializacion](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Rios6/publication/340272456_Soluciones_avanzadas_para_la_industrializacion_de_montajes_aeronauticos_complejos_el_proyecto_CALIPSONeo/links/5e81ac7a458515efa0b89a20/Soluciones-avanzadas-para-la-industrializacion)

Ordoñez, C. (2021). Seguridad Operacional en el Mantenimiento Mayor de Helicópteros MI-171SH del Centro de Mantenimiento Aeronáutico del Ejército, 2019 [Escuela Superior de Guerra del Ejército]. In *Repositorio Institucional - ESGE*.  
<http://repositorio.esge.edu.pe/handle/ESGEEPG/107>

Orozco, H. (2019). Selección de la muestra, recolección de los datos y análisis de datos. *CUUAEM Valle de México*.  
<http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/35481/1/secme-23183.pdf>

Ortega, B., & Tejedor, E. (2020). *Estadística Descriptiva Básica Aplicada a la Educación Física*.

Otalora, J. (2013). *Volando en la Tierra los Simuladores de Vuelo Dentro de la Actividad Aérea*.  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/10441/OtaloraCastanedaJhonattan2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Otero, A. (2018). *Enfoques de Investigación: Métodos para el Diseño Urbano- Arquitectónico*. Universidad del Atlántico.

Paesano, F., & Fratini, J. (2021). *El impacto de la Industria 4.0 en Argentina*. Universidad Nacional de San Martín.

Pallarés, I. (2016). *Desarrollo de un juego de tablero con Realidad Aumentada*.

- Parra, A., Rivera, D., Ruiz, A., & Vargas, M. (2020). *¿Cuáles son las causas y efectos de las demoras en los vuelos saliendo y llegando a Bogotá en el aeropuerto ElDorado en febrero del 2020?* 2507(February), 1–9.
- Peña, C., & Vélez, C. (2019). Diseño y Simulación del Sistema de Control de una Plataforma de Movimiento para Simuladores de Vuelo. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Universidad Autónoma de Occidente.
- Peralta, A., & Ruiz, J. (2021). Selección de personal y desempeño laboral de la empresa Servicios Aeronáuticos CAIMM S.R.L., 2021. In *Proceso de gestion de compras de la empresa Cencosud S.A. Metro* (Vol. 1). <https://bit.ly/3BXwq5b>
- Pérez, F., Molero, M., Gázquez, J., Mercado, I., Cardila, F., Martos, Á., Belén, A., Archila, M., & García, C. (2020). *Guía Práctica de Orientación a la Investigación*.
- Piattini, M., & Garzás, J. (2015). *Fábricas de Software: Experiencias, Tecnologías y Organización*. 2ª Ed. -. [https://books.google.com.co/books?id=WI6fDwAAQBAJ&pg=PA117&lpg=PA117&dq=%22los+modelos+son+los+verdaderos+artífices+de+su+funcionamiento+final%22&source=bl&ots=INn64UBbsG&sig=ACfU3U2uqDn0fh30z1tQioF1kzdoSJullg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwik19rM9f\\_rAhXDqFkKH](https://books.google.com.co/books?id=WI6fDwAAQBAJ&pg=PA117&lpg=PA117&dq=%22los+modelos+son+los+verdaderos+artífices+de+su+funcionamiento+final%22&source=bl&ots=INn64UBbsG&sig=ACfU3U2uqDn0fh30z1tQioF1kzdoSJullg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwik19rM9f_rAhXDqFkKH)
- Pillajo, A. (2019). *Estudio de las Redes de Fabricación en el Contexto 4.0 para la Industria Aeronáutica* (Issue 524). Universidad Tecnológica Israel.
- Ponce, H., Cervantes, D., & Robles, A. (2021). ¿Qué tan apropiadamente reportaron los autores el Coeficiente del Alfa de Cronbach? *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*,

5(3), 2438–2462. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.463](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.463)

Porcelli, A. (2020). Inteligencia Artificial y la Robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos.

*Derecho Global. Estudios Sobre Derecho y Justicia*, 6(16), 49–105.

<https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i16.286>

Proaño, E. P. (2019). *El estatuto de la realidad aumentada desde el pragmatismo*

*norteamericano. La línea teórico-genética de Richard Rorty*. Universidad Complutense de

Madrid.

Puente, J. (2019). *Estudio de las Redes de Fabricación en el Contexto 4.0 para la Industria*

*Aeronáutica*. Universidad del País Vasco.

Queiroz, F., & Simão, B. (2021). *Desenvolvimento de um Aplicativo de Realidade Aumentada*

*para Compreensão Espacial e Geométrica na Engenharia*. 1–10.

Quintero, L. (2020). *Modelo basado en ITIL para la Gestión de los Servicios de TI en la*

*Cooperativa de Caficultores de Manizales - Dialnet*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6409604>

Quintero, R. (2019). *Análisis de la Eficiencia de los Software Utilizados en la Industria*

*Colombiana para Modelar Piezas en 3D que Puedan Ser Utilizadas en la Manufactura de*

*Moldes de Inyección*. Universidad Antonio Nariño.

Quintero, Sierra, & Pavi. (2021). *Propuesta de modelo de Gestión para el proceso de*

*mantenimiento aeronáutico en la aviación naval con base en la norma técnica de calidad*

*en la gestión pública NTCGP*.

- Quiroz, A. (2022). *Elaboración de una Metodología de Gestión de Riesgos Integral para una Empresa Logística del Sector Aéreo*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rafidah, S., Al-Kathiri, F., & Muhammad, Y. (2014). El proyecto SICEMAM en el que participa el Grupo TIDOP de la Universidad de Salamanca trabaja en el desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada para asistir en el mantenimiento de la flota aérea militar. *English Language Teaching*, 39(1), 1–24.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402><http://dx.doi.org/10.1038/nature21059><http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127><http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577>
- Ramírez, L., Strober, G., Vergara, L., & Suarez, L. (2022). Plan de Área Emprendimiento. In *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. (Vol. 1, Issue 69). Institución Educativa Asamblea Departamental.
- Ramos, C. (2020). The scope of an investigation. *CienciAmérica*, 9(3), 1.  
<https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Ramos, J. (2019a). *Realidad Aumentada Aplicada a Cimentaciones de Obras de Construcción* [Escola de Camins]. <http://hdl.handle.net/2117/178759>
- Ramos, J. (2019b). *Realidad Aumentada Aplicada a Cimentaciones de Obras de Construcción*. Escola de Camins.
- Rico, K. (2020). *Proceso de Normalización y Documentación de los Procedimientos Técnicos Estandarizados para la VP Técnica de Avianca Holdings*. Fundación Universitaria Los Libertadores.

- Rigueros, C. (2017). *Vista de La realidad aumentada: lo que debemos conocer*.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/11278/pdf>
- Rivera, V., Charles, N., & Becerra, D. (2020). *Modelo de gestión aeroportuaria*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31027.86568>
- Rivera, V., & Gedeon, I. (2019). *Implementación de un Sistema de Control Distribuido Integrando Virtualización y el Entorno LabVIEW* [Universidad Técnica Federico Santa Maria]. <https://hdl.handle.net/11673/48952>
- Rodriguez. (2020). Solución informática con inteligencia artificial para resolver consultas normativas en el ámbito de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC). *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 951–952.  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35166/prodriguezp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, A. (2019). *Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta* [Universidad Politecnica de Valencia]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127249/Rodríguez -  
Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127249/Rodríguez-Diseño-y-desarrollo-de-una-aplicación-de-realidad-mixta.pdf?sequence=1)
- Rodríguez, N. (2019). *Implementación de una Aplicación Basada en el Paradigma de la Realidad Aumentada para Procesos de Capacitación en la Sección Fruver de la Tienda Metro Soacha* [Universidad ECCI].  
[https://colciencias.metabiblioteca.com.co/bitstream/handle/001/1436/Trabajo de  
grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://colciencias.metabiblioteca.com.co/bitstream/handle/001/1436/Trabajo-de-grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Rodríguez, P. (2020). Inteligencia artificial para la administración de los Reglamentos

- Aeronáuticos De Colombia (RAC). *Revista Estrategia Organizacional*, 10(1), 1–27.  
<https://doi.org/10.22490/25392786.4551>
- Rodríguez, & Reguant. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista de Innovación Recerca En Educació*, 13(2), 1–13. <https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048>
- Roig, R., Lorenzo, A., & Mengual, S. (2019). Utilidad percibida de la realidad aumentada como recurso didáctico en Educación Infantil. *Campus Virtuales*, 8(1), 19–35.  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90547/1/2019\\_Roig\\_Vila\\_et\\_al\\_CampusVirtuales.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90547/1/2019_Roig_Vila_et_al_CampusVirtuales.pdf).
- Rojas, D. (2016). *Desarrollo y Elaboración del Manual de Procedimientos de Inspección para Talleres Aeronáuticos de Reparación de Ensayos no Destructivos*.  
<https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/968/RojasRodríguezDavidAndrés.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Romano, L., Sanz, C., & Gorga, G. (2021). *Realidad Aumentada y su Vinculación con el Rendimiento Académico Resumen*.
- Romero, M. (2021). *La Industria 4.0 en el Sector Aeronáutico*. Universidad de Sevilla.
- Romero, & Sosa. (2017). *Análisis de las ventajas de la aplicación de metáforas en la interfaz de usuario*. 36(July), 203–228.
- Rovira, S., & Peres, W. (2022). Tecnologías Digitales para un Nuevo Futuro. *CEPAL*, 3, 99.
- Ruiz, L. (2020). Sistema de gestión y visualización de diseños Cad mediante realidad virtual.

- Caso: sector diseño y manufactura en Perú. In *Proceso de gestion de compras de la empresa Cencosud S.A. Metro* (Vol. 1). <https://bit.ly/3BXwq5b>
- Sala, J., & Arnau, L. (2014). Las preguntas y los objetivos de investigación criterios de redacción y check list para formularlas correctamente. *Departament de Teories de l'Educació i Pedagogia Social*, 1–18. [https://ddd.uab.cat/pub/recdoc/2014/126350/preinv\\_a2020.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/recdoc/2014/126350/preinv_a2020.pdf)
- Salazar, N. (2019). *Análisis Comparativo De Librerías De Realidad Aumentada. Sus Posibilidades Para La Creación De Actividades Educativas*. Universidad Nacional de la Plata.
- Salgado, M. (2019). *Muestra Probabilística y no Probabilística* [Universidad Autónoma del Estado de México]. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108928/secme-10911\\_1.pdf?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108928/secme-10911_1.pdf?sequence=1)
- Salse, R. (2021). *Estudio para el Diseño de un Vehículo del Tipo Kart Cross*. Escola Tecnica Superior Barcelona.
- Sánchez. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria*, 13(1), 101–122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sanchis, J. (2019). *Diseño y Evaluación de un Sistema de Interacción Avanzada para el Diseño Conceptual de Componentes Mecánicos en un Entorno de Realidad Virtual*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Santiesteba, N. (2018). Metodología de la investigación para las ciencias contables. In *Editorial Académica Universitaria (Edacun)* (Editorial).

- Selzer, M., Gazcón, N., Trippel, J., Larrea, M., Castro, S., & Bjerg, E. (2018). *Tecnologías Inmersivas Aplicadas: Realidad Virtual y Aumentada*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/301082507.pdf>
- Serafín, E., & Simancas, P. (2015). *Metodología para la presentación de trabajos de investigación: “Una manera práctica de aprender a investigar, investigando.”*
- Serra, P. (2019). *Análisis estructural del ala de una aeronave tilt-rotor en material compuesto*.
- Serván, J., Arista, R., Oliva, M., Mas, F., & Ríos, J. (2015). *Tecnología de Realidad Aumentada aplicada a los procesos de montaje aeronáuticos*.
- Simancas, M., & Guillen, A. (2021). *Diseño de la Unidad Organizacional de Mantenimiento basada en las buenas prácticas de sistemas de calidad de clase mundial en el sector aeronáutico. Caso de Estudio: Venezuela*. 60–69.
- Solano. (2014). *Prototipo interactivo para visualizar sitios turísticos en el departamento de Santander, utilizando realidad aumentada y trabajo colaborativo en teléfonos inteligentes*. c, 1–43.
- Solano, Rey, J., Hernández, I., & Duarte, N. (2021). *Diseño, desarrollo e implementación de una plataforma IIoT para formación de profesionales en tecnología de la cuarta revolución industrial*.
- Suárez, N., Sáenz, J., & Mero, J. (2016). Elementos esenciales del diseño de la investigación. *Dominio de Las Ciencias*, 2(3 Especial), 72–85. <https://doi.org/10.23857/DC.V2I3>  
ESPECIAL.294

- Sucasaire, J. (2022). Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra en investigación. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- Tacillo, E. (2016). *Metodología de la Investigación Científica*. Universidad Jaime Bausate y Meza.
- Tandazo, C. (2021). *Desarrollo de una Aplicación Multimedia con Realidad Aumentada para el Entrenamiento Técnico del Sistema de Frenos de un Vehículo*. Universidad Técnica del Norte.
- Torres, D. (2019). *Desarrolla Instrumentación Virtual con LabVIEW y Reduce Costo*. Congreso de Ingeniería y Arquitectura.
- Torres, J. (2021). *Fiabilidad de las escalas: interpretación y limitaciones del Alfa de Cronbach*. April. file:///C:/Users/User/Desktop/Fiabilidaddelasescalas-interpretacionylimitacionesdelAlfadeCronbach..pdf
- Torres, J., & Díaz, C. (2021). *Modelo integral de procesos para el alistamiento de los servicios de mantenimiento para las aeronaves de HELISTAR S.A.S*. Universidad EAN.
- Tous, D., Guzman, V., Cordero, M., & Sánchez, E. (2019). *Sistemas de Producción: Análisis de las actividades primarias de la cadena de valor* (E. Editorial (ed.); Primera).
- Ulrich, C., Cabrero, P., & González, D. (2019). *Realidad aumentada sin marcadores : posibilidades , librerías y prueba de concepto*. Universidad Complutense Madrid.
- Us Army Aviation. (2002). *DMWR 1-1680-332 STAB LINEAR ACTUATOR.pdf*.
- Useche, O., & Espinosa, J. (2020). *Comparativo entre el marco de referencia de arquitectura*

*empresarial para la gestión de TI de MINTIC con respecto a TOGAF, ZACHMAN y FEA* (Vol. 2507, Issue February). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Vallejo, D., Pilaguano, J., Atiencia, E., Moncayo, Y., & Ajitimbay, C. (2017). *La Gestión de las empresas basado en el modelo del Balanced Scorecard.*

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/173405/Plan-de-negocios-para-empresa-de-Servicios-Aeronauticos.pdf?sequence=1>

Varela, F., Muñoz, M., & Flores, J. (2018). AR Cocoa: diseño e implementación de siete estaciones de realidad: aumentada en el campus de la Universidad San Francisco de Quito. *INNOVA Research Journal*, 158–171. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.492>

Vega, C. (2016). *Implementación de las Lista Maestras en el Sistema SAP de las Fases de Mantenimiento Programado de 50, 100 Y 500 Horas de la Aeronave Schweizer* (Issue August). Universidad Militar Nueva Granada.

Viladrich, C., Angulo, A., & Doval, E. (2017). Un viaje alrededor de alfa y omega para estimar la fiabilidad de consistencia interna. *Anales de Psicología*, 33(3), 755–782.

<https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.268401>

Villacreses, A. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de medición y supervisión de eficiencia productiva de una máquina FESTO MPS-500 del laboratorio de flexible utilizando TVC.*

Villar, R. (2020). *XXIII Diplomado en: “Gerencia y Gestión de Proyectos.”*

[https://www.academia.edu/8186053/Gestion\\_de\\_TI](https://www.academia.edu/8186053/Gestion_de_TI)

Villegas, Y. A. (2015). *Realidad Aumentada Móvil Aplicada en el Proceso de Flip Learning.*

Viloria, S. (2019). *Diseño de una Metodología para la Gestión de Proyectos de TI en el MINTIC* (Vol. 45, Issue 45). Universidad Externado de Colombia.

Yanguas, J., & Bajo, J. (2021). *Inteligencia Artificial Basada en Multiagentes para Aplicaciones Interactivas Multimedia*. Universidad Politécnica de Madrid.

Zubieta, K. (2019). *Auditoría para los Procesos de Pruebas y Calidad del Software del Proyecto Comisiones Callidus Accenture Colombia Basada en la Norma ISO 9001:2015* (Vol. 45, Issue 45). Universidad Católica de Colombia.

## Apéndices

## Apéndice A

## Patente por invención sistema AFCS



REPÚBLICA DE COLOMBIA  
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Resolución N° 63947

Ref. Expediente N° NC2018/0004237

*Por la cual se otorga una Patente de Invención*

**EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 26 del artículo 3° del Decreto 4886 de 2011, y

**CONSIDERANDO:**

**PRIMERO:** Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 20 de abril de 2018, con el N° NC2018/0004237, por el MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, presentó la solicitud de patente de invención titulada "BANCO DIAGNÓSTICO DE PRUEBAS DEL SISTEMA AFCS PARA HELICÓPTEROS".

**SEGUNDO:** Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial N° 842 el 22 de octubre de 2018, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

**TERCERO:** Que realizado el examen de fondo mediante Oficio N° 2901, notificado el 2 de marzo de 2020, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico, relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente.

**CUARTO:** Que el solicitante mediante escrito radicado bajo el N° NC2018/0004237 el 16 de junio de 2020, respondió oportunamente el requerimiento formulado y presentó las reivindicaciones 1 a 4 que reemplazan las originalmente presentadas. Se acepta este último capítulo reivindicatorio presentado, comoquiera que se ajusta a las prescripciones contenidas en el artículo 34 de la Decisión 486.

**QUINTO:** Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial".

**SEXTO:** Que en el presente caso las reivindicaciones 1 a 4 incluidas en el radicado bajo el N° NC2018/0004237 el 16 de junio de 2020, cumplen los requisitos indicados en el considerando anterior, toda vez que refieren a un banco de pruebas y diagnóstico para el sistema automático de control de vuelo en una aeronave de ala rotatoria que difiere del estado de la técnica más cercano, US4608531, en que incluye un sistema de Pitot estático, actuadores electromecánicos y sensores de posición. Adicionalmente, estas diferencias no se encuentran sugeridas en el estado de la técnica y, como consecuencia de ello, se evidencia el efecto simular la velocidad en vuelo y los movimientos de la aeronave. Sumado a lo anterior, la materia reivindicada, es susceptible de aplicación industrial.

Página 1 de 2

Señor ciudadano, para hacer seguimiento a su solicitud, la entidad le ofrece los siguientes canales:  
www.sic.gov.co - Teléfono en Bogotá: 9925400 - Línea gratuita a nivel nacional: 019 000910168  
Dirección: Cra. 12 # 27 - 90 pisos 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 10, Bogotá D.C. - Colombia  
Teléfono: (071) 5875000 - e-mail: contactos@sic.gov.co

 Nuestro aporte es fundamental, al usar menos papel contribuimos con el medio ambiente.



El futuro  
es de todos

Gobierno  
de Colombia



**Resolución N° 63947**

Ref. Expediente N° NC2018/0004237

En consecuencia, las reivindicaciones 1 a 4 cumplen los requisitos de novedad, nivel inventivo y aplicación industrial establecidos en la normatividad citada en precedencia y este Despacho encuentra procedente conceder para las mismas la patente solicitada.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, el Superintendente de Industria y Comercio,

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar patente de invención para la creación titulada:

**“BANCO DIAGNÓSTICO DE PRUEBAS DEL SISTEMA AFCS PARA HELICÓPTEROS”**

**Clasificación IPC:** G01M 9/08, G01M 99/00, G01L 5/00.

**Reivindicación(es):** 1 a 4 incluidas en el radicado bajo el No NC2018/0004237 el 16 de junio de 2020.

**Titular(es):** MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL.

**Domicilio(s):** CARRERA 54 # 26-25 CANO. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA.

**Inventor(es):** Gustavo Alfredo FRANCO GARCÍA, Yonny Alexander MORA GONZÁLEZ, Luis Enario ALTAMIRANDA RAMOS, Cesar Augusto PEÑA CALLE y Julio Andrés CUESTA DÍAZ.

**Vigente desde:** 20 de abril de 2018

**Hasta:** 20 de abril de 2038.

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El titular tendrá los derechos y las obligaciones establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y en las demás disposiciones legales vigentes sobre propiedad industrial, precisando que para mantener vigente la patente se deberá cancelar la tasa anual de mantenimiento, conforme lo dispone el artículo 80 de la referida norma comunitaria.

**ARTÍCULO TERCERO:** Notificar el contenido de la presente resolución al MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, advirtiéndole que contra ella procede el recurso de reposición, ante el Superintendente de Industria y Comercio, el cual podrá ser interpuesto en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

**NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE**  
Dada en Bogotá D.C., el 13 de octubre de 2020.

ANDRÉS BARRETO GONZÁLEZ  
SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Firmado digitalmente por ANDRÉS BERNARDO BARRETO GONZALEZ  
Fecha: 2020.10.13 12:01:06 COT  
Razón: Validez jurídica.  
Ubicación: Bogotá, Colombia.



**Apéndice B**

*Patente modelo utilidad banco ICS*



**REPÚBLICA DE COLOMBIA  
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

Resolución N° 40725

Ref. Expediente N° NC2018/0013587

*Por la cual se otorga una Patente de Modelo de Utilidad*

**LA DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**  
en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 5° del artículo 20 del Decreto 4886 de 2011, y

**CONSIDERANDO**

**PRIMERO:** Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 14 de diciembre de 2018 con el N° NC2018/0013587, por el MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, presentó la solicitud de patente de modelo de utilidad titulada "BANCO DE DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE AERONAVES".

**SEGUNDO:** Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial N° 851 el 8 de febrero de 2019, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

**TERCERO:** Que realizado el examen de fondo mediante Oficio N° 200493, notificado el 30 de abril de 2020, se requirió a la solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico, relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente.

**CUARTO:** Que el solicitante mediante escrito radicado bajo el N° NC2018/0013587 el 12 de junio de 2020, respondió oportunamente el requerimiento formulado sin presentar nuevo capítulo reivindicatorio. Por lo tanto, se tendrá en cuenta el capítulo reivindicatorio presentado con el radicado N° NC2018/0013587 el 1 de octubre de 2019.

**QUINTO:** Teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 85 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Son aplicables a las patentes de modelo de utilidad, las disposiciones sobre patentes de invención contenidas en la presente Decisión en lo que fuere pertinente, salvo en lo dispuesto con relación a los plazos de tramitación, los cuales se reducirán a la mitad. Sin perjuicio de lo anterior, el plazo establecido en el artículo 40 quedará reducido a doce meses."

Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial".

Asimismo, el artículo 81 de la Decisión 486 indica "Se considera modelo de utilidad, a toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. Los modelos de utilidad se protegerán mediante patentes".

Página 1 de 3





## Resolución N° 40725

Ref. Expediente N° NC2018/0013587

**SEXTO:** Que en el presente caso la reivindicación 1 incluida en el radicado bajo el N° NC2018/0013587 el 1 de octubre de 2019, cumple los requisitos indicados en el considerando anterior, toda vez que se refiere a un dispositivo de diagnóstico y pruebas para sistemas de intercomunicación de aeronaves que difiere del estado de la técnica más cercano, RU2647345 en que la invención incluye un módulo para la operación, control y monitoreo que incorpora una pantalla táctil para el control y visualización del banco de pruebas, adicionalmente incluye un controlador de pruebas que se conecta con el módulo de operación. Como consecuencia de ello, se ha definido que la materia en dicha reivindicación proporciona la ventaja técnica consistente en permitir la conexión de los instrumentos a ser evaluados para posteriormente diagnosticar y probar en tiempo real sistemas de intercomunicación en aeronaves en el sitio donde normalmente trabajan. Sumado a lo anterior, la materia reivindicada, es susceptible de aplicación industrial.

En consecuencia, la reivindicación 1 cumple los requisitos de novedad y aplicación industrial establecidos en la normatividad citada en precedencia y este Despacho encuentra procedente conceder para la misma la patente solicitada.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, la Directora de Nuevas Creaciones,

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar patente de modelo de utilidad para la creación titulada:

**"BANCO DE DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE AERONAVES"**

**Clasificación IPC:** H04B 7/185, H04B 7/005, G01S 5/02, H04B 17/11, H04B 17/21.

**Reivindicación(es):** 1 incluida en el radicado bajo el N° NC2018/0013587 el 1 octubre de 2019.

**Titular(es):** MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL.

**Domicilio(s):** CARRERA 54 # 26-25 CANO, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

**Inventor(es):** Gustavo Alfredo FRANCO GARCÍA, César Augusto PEÑA CALLE, Julio Andrés CUESTA DÍAZ, Ariel Fernando DUARTE FERREIRA, Rubén Darío CUADROS ANTOLÍNEZ, Yonny Alexander MORA GONZALEZ, Luis Enairo ALTAMIRANDA RAMOS y Walter de Jesús GUISSADO SEPÚLVEDA

**Vigente desde:** 14 de diciembre de 2018

**Hasta:** 14 de diciembre de 2028.

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El titular tendrá los derechos y las obligaciones establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y en las demás disposiciones legales vigentes sobre propiedad industrial, precisando que para mantener vigente la patente se deberá cancelar la tasa anual de mantenimiento, conforme lo dispone el artículo 80 de la referida norma comunitaria.

**ARTÍCULO TERCERO:** Notificar el contenido de la presente resolución al MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL., advirtiéndole que contra ella procede el recurso de apelación, ante el Superintendente Delegado para la Propiedad Industrial, del cual





Resolución N° 40725

Ref. Expediente N° NC2018/0013587

podrá hacer uso en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

**NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá D.C., el 22 de julio de 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edna Marcela Ramirez Orozco'.

Edna Marcela Ramirez Orozco  
**DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**

## Apéndice C

*Patente modelo utilidad banco luces*

**REPÚBLICA DE COLOMBIA  
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

Resolución N° 61691

Ref. Expediente N° NC2018/0004242

*Por la cual se otorga una Patente de Modelo de Utilidad*

**LA DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**  
en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 5° del artículo 20 del Decreto 4886 de 2011, y

**CONSIDERANDO**

**PRIMERO:** Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 20 de abril de 2018, con el N° NC2018/0004242, por el MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, presentó la solicitud de patente de invención titulada "BANCO DIAGNÓSTICO DE PRUEBAS SISTEMA DE LUCES DE AERONAVES DE ALA FIJA Y ALA ROTATORIA".

**SEGUNDO:** Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial N° 842 el 22 de octubre de 2018, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

**TERCERO:** Que realizado el examen de fondo mediante Oficio N° 1843, notificado el 11 de febrero de 2020, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico, relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente.

**CUARTO:** Que el solicitante mediante escrito radicado bajo el N° NC2018/0004242 el 18 de marzo de 2020, respondió oportunamente el requerimiento formulado, presentó las reivindicaciones 1 a 3 que reemplazan las originalmente presentadas y solicitó conversión de modalidad de patente de invención a patente de modelo de utilidad mediante escrito radicado bajo el N° NC2020/0009203 el 26 de julio de 2020. Se acepta tanto el último capítulo reivindicatorio presentado como el cambio de modalidad, comoquiera que se ajustan a las prescripciones contenidas en los artículos 34 y 35 de la Decisión 486 y el artículo 2.2.2.19.2.2 del Decreto 1074 de 2015. Por lo tanto, la presente decisión hace referencia a una patente de modelo de utilidad.

**QUINTO:** Teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 85 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Son aplicables a las patentes de modelo de utilidad, las disposiciones sobre patentes de invención contenidas en la presente Decisión en lo que fuere pertinente, salvo en lo dispuesto con relación a los plazos de tramitación, los cuales se reducirán a la mitad. Sin perjuicio de lo anterior, el plazo establecido en el artículo 40 quedará reducido a doce meses."

Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial".

Asimismo, el artículo 81 de la Decisión 486 indica "Se considera modelo de utilidad, a toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta,

Página 1 de 3

Señor ciudadano, para hacer seguimiento a su solicitud, la entidad le ofrece los siguientes canales:  
www.sic.gov.co - Teléfono en Bogotá: 5920400 - Línea gratuita a nivel nacional: 08000910195  
Dirección: Cra. 13 # 27 - 90 pisos 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 10, Bogotá D.C. - Colombia  
Teléfono: (57) 5670000 - e-mail: contactenos@sic.gov.co

 Nuestro aporte es fundamental, al usar menos papel contribuimos con el medio ambiente



**El futuro  
es de todos**

Gobierno  
de Colombia



## Resolución N° 61691

Ref. Expediente N° NC2018/0004242

*instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. Los modelos de utilidad se protegerán mediante patentes”.*

**SEXTO:** Que en el presente caso las reivindicaciones 1 a 3 incluidas en el radicado bajo el N° NC2018/0004242 el 18 de marzo de 2020, cumplen los requisitos indicados en el considerando anterior, toda vez que se refieren a un banco de pruebas para el sistema de luces de navegación en una aeronave de ala rotatoria que difiere del estado de la técnica más cercano, CN105222989 en que presenta cajas polarizadas para alojamiento de luces anticollisión. Como consecuencia de ello, se ha definido que la materia en dichas reivindicaciones proporciona la ventaja técnica consistente en minimizar el haz de luz que emiten las luces de aterrizaje durante el chequeo operacional. Sumado a lo anterior, la materia reivindicada, es susceptible de aplicación industrial.

En consecuencia, las reivindicaciones 1 a 3 cumplen los requisitos de novedad y aplicación industrial establecidos en la normatividad citada en precedencia y este Despacho encuentra procedente conceder para las mismas la patente solicitada.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, la Directora de Nuevas Creaciones,

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar patente de modelo de utilidad para la creación titulada:

**“BANCO DIAGNÓSTICO DE PRUEBAS SISTEMA DE LUCES DE AERONAVES DE ALA FIJA Y ALA ROTATORIA”**

**Clasificación IPC:** G01M 9/08, G01M 99/00, G01L 5/00.

**Reivindicación(es):** 1 a 3 incluidas en el radicado bajo el N° NC2018/0004242 el 18 de marzo de 2020.

**Titular(es):** MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL.

**Domicilio(s):** CARRERA 54 # 26-25 CANO, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

**Inventor(es):** Gustavo Alfredo FRANCO GARCÍA, Yonny Alexander MORA GONZÁLEZ, Luis Enario ALTAMIRANDA RAMOS, Cesar Augusto PEÑA CALLE, Julio Andrés CUESTA DÍAZ y Ariel Fernando DUARTE FERREIRA.

**Vigente desde:** 20 de abril de 2018

**Hasta:** 20 de abril de 2028.

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El titular tendrá los derechos y las obligaciones establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y en las demás disposiciones legales vigentes sobre propiedad industrial, precisando que para mantener vigente la patente se deberá cancelar la tasa anual de mantenimiento, conforme lo dispone el artículo 80 de la referida norma comunitaria.





Resolución N° 61691

Ref. Expediente N° NC2018/0004242

**ARTÍCULO TERCERO:** Notificar el contenido de la presente resolución al MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, advirtiéndole que contra ella procede el recurso de apelación, ante la Superintendente delegada para la Propiedad Industrial, el cual podrá ser interpuesto en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

**NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá D.C., el 30 de septiembre de 2020

Edna Marcela Ramirez Orozco  
**DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**



## Apéndice D

### *Patente modelo utilidad panel de relevos*



**REPÚBLICA DE COLOMBIA  
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

Resolución N° 37605

Ref. Expediente N° NC2018/0013589

*Por la cual se otorga una Patente de Modelo de Utilidad*

**LA DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**  
en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 5° del artículo 20 del Decreto 4886 de 2011, y

#### CONSIDERANDO

**PRIMERO:** Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 14 de diciembre de 2018 con el N° NC2018/0013589, por MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, presentó la solicitud de patente de modelo de utilidad titulada "BANCO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS PARA PANEL DE RELEVOS".

**SEGUNDO:** Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial N° 851 el 8 de febrero de 2019, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

**TERCERO:** Que realizado el examen de fondo mediante Oficio N° 3195, notificado el 28 mayo de 2019, se requirió a la solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico, relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente.

**CUARTO:** Que el solicitante mediante escrito radicado bajo el N° NC2018/0013589 el 8 de julio de 2019, respondió oportunamente el requerimiento formulado sin presentar nuevo capítulo reivindicatorio. Por lo tanto, se tendrá en cuenta el capítulo reivindicatorio presentado con el radicado N° NC2018/0013589 el 14 de diciembre de 2018.

**QUINTO:** Teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 85 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina *"Son aplicables a las patentes de modelo de utilidad, las disposiciones sobre patentes de invención contenidas en la presente Decisión en lo que fuere pertinente, salvo en lo dispuesto con relación a los plazos de tramitación, los cuales se reducirán a la mitad. Sin perjuicio de lo anterior, el plazo establecido en el artículo 40 quedará reducido a doce meses."*

Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina *"Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial"*.

Asimismo, el artículo 81 de la Decisión 486 indica *"Se considera modelo de utilidad, a toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo, que permita un mejor"*





## Resolución N° 37605

Ref. Expediente N° NC2018/0013589

*o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. Los modelos de utilidad se protegerán mediante patentes”.*

**SEXTO:** Que en el presente caso la reivindicación 1 incluida en el radicado bajo el N° NC2018/0013589 el 14 de diciembre de 2018, cumple los requisitos indicados en el considerando anterior, toda vez que se refiere a un dispositivo de diagnóstico y pruebas para paneles de relevos izquierdo y derecho de un helicóptero que difiere del estado de la técnica más cercano, CN207096806 en que incluye módulos de evaluación ubicados a cada lado del dispositivo donde cada uno cuenta con los elementos necesarios para evaluar paneles de relevos izquierdo y derecho, y además incorpora un arnés eléctrico ubicado en un módulo integrado que permite la interacción entre los elementos a evaluar y el dispositivo de pruebas. Como consecuencia de ello, se ha definido que la materia en dicha reivindicación proporciona la ventaja técnica consistente en la independencia y adaptabilidad del dispositivo para evaluar los paneles de relevos de un helicóptero de manera simple puesto que permite realizar el chequeo operacional de los componentes ubicados en los paneles izquierdo y derecho de la aeronave. Sumado a lo anterior, la materia reivindicada, es susceptible de aplicación industrial.

En consecuencia, la reivindicación 1 cumple los requisitos de novedad y aplicación industrial establecidos en la normatividad citada en precedencia y este Despacho encuentra procedente conceder para la misma la patente solicitada.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, la Directora de Nuevas Creaciones,

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar patente de modelo de utilidad para la creación titulada:

**“BANCO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS PARA PANEL DE RELEVOS”**

**Clasificación IPC:** G01R 31/327.

**Reivindicación(es):** 1 incluida en el radicado bajo el N° NC2018/0013589 el 14 de diciembre de 2018.

**Titular(es):** MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL.

**Domicilio(s):** CARRERA 54 # 26-25 CANO, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

**Inventor(es):** Gustavo Alfredo FRANCO GARCÍA, César Augusto PEÑA CALLE, Julio Andrés CUESTA DÍAZ, Ariel Fernando DUARTE FERREIRA, Rubén Darío CUADROS ANTOLÍNEZ, Yonny Alexander MORA GONZALEZ, Luis Enairo ALTAMIRANDA RAMOS y Walter De Jesús GUISSADO SEPÚLVEDA.

**Vigente desde:** 14 de diciembre de 2018

**Hasta:** 14 de diciembre de 2028.

Página 2 de 3

Señor ciudadano, para hacer seguimiento a su solicitud, la entidad le ofrece los siguientes canales:  
[www.sic.gov.co](http://www.sic.gov.co) - Teléfono en Bogotá: 5920400 - Línea gratuita a nivel nacional: 018000910965  
 Dirección: Cra. 13 # 27 - 05 pisos 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 10, Bogotá D.C. - Colombia  
 Teléfono: (571) 5870300 - e-mail: [contactenos@sic.gov.co](mailto:contactenos@sic.gov.co)



Nuestro aporte es fundamental,  
 al usar menos papel contribuimos con el medio ambiente



El progreso  
 es de todos

Mincomercio

**Resolución N° 37605**

Ref. Expediente N° NC2018/0013589

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El titular tendrá los derechos y las obligaciones establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y en las demás disposiciones legales vigentes sobre propiedad industrial, precisando que para mantener vigente la patente se deberá cancelar la tasa anual de mantenimiento, conforme lo dispone el artículo 80 de la referida norma comunitaria.

**ARTÍCULO TERCERO:** Notificar el contenido de la presente resolución a MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL., advirtiendo que contra ella procede el recurso de apelación, ante el Superintendente Delegado para la Propiedad Industrial, del cual podrá hacer uso en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

**NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá D.C., el 20 de agosto de 2019

MARÍA JOSÉ LAMUS BECERRA  
DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES



Apéndice E

*Patente modelo utilidad banco de diagnóstico Radaraltímetro*



REPÚBLICA DE COLOMBIA  
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Resolución N° 40726

Ref. Expediente N° NC2018/0013591

*Por la cual se otorga una Patente de Modelo de Utilidad*

**LA DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**

en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 5° del artículo 20 del Decreto 4886 de 2011, y

**CONSIDERANDO**

**PRIMERO:** Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 14 de diciembre de 2018 con el N° NC2018/0013591, por el MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, presentó la solicitud de patente de modelo de utilidad titulada "BANCO DE DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS PARA RADAR Y/O ALTÍMETRO".

**SEGUNDO:** Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial N° 851 el 8 de febrero de 2019, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

**TERCERO:** Que realizado el examen de fondo mediante Oficio N° 200492, notificado el 30 de abril de 2020, se requirió a la solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico, relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente.

**CUARTO:** Que el solicitante mediante escrito radicado bajo el N° NC2018/0013591 el 12 de junio de 2020, respondió oportunamente el requerimiento formulado sin presentar nuevo capítulo reivindicatorio. Por lo tanto, se tendrá en cuenta el capítulo reivindicatorio presentado con el radicado N° NC2018/0013591 el 1 de octubre de 2019.

**QUINTO:** Teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 85 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Son aplicables a las patentes de modelo de utilidad, las disposiciones sobre patentes de invención contenidas en la presente Decisión en lo que fuere pertinente, salvo en lo dispuesto con relación a los plazos de tramitación, los cuales se reducirán a la mitad. Sin perjuicio de lo anterior, el plazo establecido en el artículo 40 quedará reducido a doce meses."

Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial".

Asimismo, el artículo 81 de la Decisión 486 indica "Se considera modelo de utilidad, a toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. Los modelos de utilidad se protegerán mediante patentes".

Página 1 de 3

Señor ciudadano, para hacer seguimiento a su solicitud, la entidad le ofrece los siguientes canales:  
www.sic.gov.co - Teléfono en Bogotá: 8920400 - Línea gratuita a nivel nacional: 01800091010  
Dirección: Cra. 19 # 27 - 00 pisos 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 10, Bogotá D.C. - Colombia  
Teléfono: (571) 8705000 - e-mail: contactenos@sic.gov.co

Nuestro aporte es fundamental,  
si usar menos papel contribuimos con el medio ambiente





## Resolución N° 40726

Ref. Expediente N° NC2018/0013591

**SEXTO:** Que en el presente caso las reivindicaciones 1 a 2 incluidas en el radicado bajo el N° NC2018/0013591 el 1 de octubre de 2019, cumplen los requisitos indicados en el considerando anterior, toda vez que se refieren a un dispositivo de diagnóstico y pruebas para radares y/o altímetros que difieren del estado de la técnica más cercano, RU2250511 en que la invención incluye un módulo para la operación, control y monitoreo que incorpora una dispositivo de diagnóstico y emulación para un radar/altímetro de una aeronave que es gestionado por una interfaz para control y monitoreo del equipo, donde dicho dispositivo se conecta a los radares y altímetros de las aeronaves que se quieren evaluar. Como consecuencia de ello, se ha definido que la materia en dicha reivindicación proporciona la ventaja técnica consistente en permitir la conexión de los instrumentos a ser evaluados para posteriormente diagnosticar y probar en tiempo real sistemas de radares y/o altímetros en aeronaves en el sitio donde normalmente trabajan. Sumado a lo anterior, la materia reivindicada, es susceptible de aplicación industrial.

En consecuencia, las reivindicaciones 1 a 2 cumplen los requisitos de novedad y aplicación industrial establecidos en la normatividad citada en precedencia y este Despacho encuentra procedente conceder para las mismas la patente solicitada.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, la Directora de Nuevas Creaciones,

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar patente de modelo de utilidad para la creación titulada:

**“BANCO DE DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS PARA RADAR Y/O ALTÍMETRO”**

**Clasificación IPC:** G01S 7/497, G01S 13/00, G01S 7/42, G01S 7/484, G01S 7/486.

**Reivindicación(es):** 1 a 2 incluidas en el radicado bajo el N° NC2018/0013591 el 1 de octubre de 2019.

**Titular(es):** MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL.

**Domicilio(s):** CARRERA 54 # 26-25 CANO, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

**Inventor(es):** Gustavo Alfredo FRANCO GARCÍA, César Augusto PEÑA CALLE, Julio Andrés CUESTA DÍAZ, Ariel Fernando DUARTE FERREIRA, Rubén Darío CUADROS ANTOLÍNEZ, Yonny Alexander MORA GONZALEZ, Luis Enairo ALTAMIRANDA RAMOS y Walter de Jesús GUIASADO SEPÚLVEDA

**Vigente desde:** 14 de diciembre de 2018

**Hasta:** 14 de diciembre de 2028.

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El titular tendrá los derechos y las obligaciones establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y en las demás disposiciones legales vigentes sobre propiedad industrial, precisando que para mantener vigente la patente se deberá cancelar la tasa anual de mantenimiento, conforme lo dispone el artículo 80 de la referida norma comunitaria.

**ARTÍCULO TERCERO:** Notificar el contenido de la presente resolución al MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL., advirtiéndole que contra ella procede el recurso de apelación, ante el Superintendente Delegado para la Propiedad Industrial, del cual





Resolución N° 40726

Ref. Expediente N° NC2018/0013591

podrá hacer uso en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

**NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá D.C., el 22 de julio de 2020

Edna Marcela Ramirez Orozco  
**DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES**



Apéndice F

Patente modelo utilidad VOR-HSI-VSI



REPÚBLICA DE COLOMBIA  
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Resolución N° 17390

Ref. Expediente N° NC2018/0013590

*Por la cual se otorga una Patente de Modelo de Utilidad*

**EL DIRECTOR DE NUEVAS CREACIONES**

en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 5° del artículo 20 del Decreto 4886 de 2011, y

**CONSIDERANDO**

**PRIMERO:** Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 14 de diciembre de 2018 con el N° NC2018/0013590, por MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL, presentó la solicitud de patente de modelo de utilidad titulada "BANCO DE PRUEBA Y DIAGNOSTICO DE SISTEMAS DE NAVEGACION VOR/HSI-VSI PARA AERONAVES".

**SEGUNDO:** Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial N° 851 el 8 de febrero de 2019, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

**TERCERO:** Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial".

Asimismo, el artículo 81 de la Decisión 486 indica "Se considera modelo de utilidad, a toda nueva forma, configuración o disposición de elementos, de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía. Los modelos de utilidad se protegerán mediante patentes".

**CUARTO:** Que en el presente caso la reivindicación 1 incluida en el radicado bajo el N° NC2018/0013590 el 14 de diciembre de 2018, cumple los requisitos indicados en el considerando anterior y, en consecuencia, este Despacho encuentra procedente conceder para la misma la patente solicitada.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, el Director de Nuevas Creaciones,

**RESUELVE**

**ARTÍCULO PRIMERO:** Otorgar patente de modelo de utilidad para la creación titulada:

**"BANCO DE PRUEBA Y DIAGNOSTICO DE SISTEMAS DE NAVEGACION VOR/HSI-VSI PARA AERONAVES"**

**Clasificación IPC:** G01C 23/00, G09B 9/08, G09B 9/16, B64D 43/00.

**Reivindicación(es):** 1 incluida en el radicado bajo el N° NC2018/0013590 el 14 de diciembre de 2018.



Resolución N° 17390

Ref. Expediente N° NC2018/0013590

**Titular(es):** MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL.

**Domicilio(s):** CARRERA 54 # 26-25 CANO, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

**Inventor(es):** Gustavo Alfredo FRANCO GARCÍA, Cesar Augusto PEÑA CALLE, Julio Andrés CUESTA DÍAZ, Rubén Darío CUADROS ANTOLÍNEZ, Yonny Alexander MORA GONZALEZ, Luis Enairo ALTAMIRANDA RAMOS y Walter De Jesús GUIBADO SEPÚLVEDA.

**Vigente desde:** 14 de diciembre de 2018

**Hasta:** 14 de diciembre de 2028.

**ARTÍCULO SEGUNDO:** El titular tendrá los derechos y las obligaciones establecidos en la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y en las demás disposiciones legales vigentes sobre propiedad industrial, precisando que para mantener vigente la patente se deberá cancelar la tasa anual de mantenimiento, conforme lo dispone el artículo 80 de la referida norma comunitaria.

**ARTÍCULO TERCERO:** Notificar el contenido de la presente resolución a MINISTERIO DE DEFENSA - EJERCITO NACIONAL., advirtiéndole que contra ella procede el recurso de apelación, ante el Superintendente Delegado para la Propiedad Industrial, del cual podrá hacer uso en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

**NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá D.C., el 28 de mayo de 2019

MARÍA JOSÉ LAMUS BECERRA  
DIRECTORA DE NUEVAS CREACIONES

**Apéndice G**

*Autorización acceso a información clasificada - Consentimiento informado*

**RESTRINGIDO**

CONTINUACION DIRECTIVA PERMANENTE No. 000027 /2019 LINEAMIENTOS PARA LA PROTECCION DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN EL EJERCITO NACIONAL

 <p>MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES EJERCITO NACIONAL DEPARTAMENTO DE EDUCACION MILITAR</p>	<p>COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD PERSONAL MILITAR</p>	Pág. 1 de 2
		Código: FO-CEDE7-DIPTE-948
		Versión: 1
		Fecha de emisión: 2022-05-20

(Lugar y Fecha) \_\_\_\_\_

**AUTORIZACIÓN PARA EL ACCESO A INFORMACIÓN CLASIFICADA**

YO \_\_\_\_\_ expedido en \_\_\_\_\_ identificado (a) con documento de identificación No. \_\_\_\_\_ me COMPROMETO A GUARDAR CONFIDENCIALIDAD de todos los procesos, procedimientos, actividades, proyectos que se adelanten de investigación, desarrollo e innovación del Centro de Desarrollo Tecnológico de Aviación BRIAV/32, talleres e instalaciones de la BRIAV/32. Ello incluye datos, diseños, fotografías, dibujos, especificaciones de software, programas de software y Estudios de ingeniería, ordenes de ingeniería, manuales, muestras entre otros que deba conocer con ocasión de mis funciones.

Por el término de CINCO (5) años desde la suscripción de este COMPROMISO mantendré confidencialidad de toda la información que adquiriera de cualquier manera y que su uso será exclusivo para la tarea u objetivo asignado conforme las funciones del Centros de Investigación y no será para mi beneficio o propósito personal o de un tercero. Me comprometo a revelar información únicamente a los empleados y terceros que autorizan mis superiores e informaré a quien le revele información de la CONFIDENCIALIDAD sobre la misma.

También me comprometo a mantener a salvo cualquier dibujo, documento, muestra, proceso, datos y a no reproducir ni modificar dichos elementos que pongan en riesgo el proyecto o investigación en curso y las creaciones amparadas por la propiedad intelectual.

Cualquier vulneración de confidencialidad la comunicaré en forma inmediata a mi superior que tenga bajo su cargo el Centro de Investigaciones.

Declaro conocer la Política Ministerial establecida en la Directiva Permanente 36 del 30 noviembre del 2011 o norma que la modifique, que establece: "...el titular de los derechos de propiedad intelectual y demás derechos sobre las Creaciones y los Activos Intangibles creados o desarrollados por sus funcionarios en ejercicio de sus funciones o con informaciones conocidas o utilizadas para ello," serán de propiedad del Ministerio de Defensa-Ejército Nacional.

Suscribo el presente COMPROMISO en mi calidad encuestado al servicio del Ejército Nacional, en dos (2) ejemplares en la ciudad de \_\_\_\_\_ a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 2022. Certifico haber sido notificado sobre las implicaciones jurídicas que tipifica la divulgación no autorizada de información clasificada, de acuerdo con la legislación vigente y su sanción penal y/o disciplinaria. Como rezan al respaldo de la hoja.

\_\_\_\_\_  
Posfirma  
  
Firma \_\_\_\_\_  
Documento de Identificación \_\_\_\_\_

Huella  


RESTRINGIDO

CONTINUACION DIRECTIVA PERMANENTE No. 000027 /2019 LINEAMIENTOS PARA LA PROTECCION DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN EL EJERCITO NACIONAL

 <p><b>MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES EJERCITO NACIONAL DEPARTAMENTO DE EDUCACION MILITAR</b></p>	<p><b>COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD PERSONAL MILITAR</b></p>	Pág. 2 de 2
		Código: FO-CEDE7-DIPTE-848
		Versión: 1
		Fecha de emisión: 2018-01-17

Fundamento Jurídico - PROMESA DE RESERVA PARA PERSONAL MILITAR

Fundamento Jurídico -

Constitución Política, Artículos. 6, 15, 74 y 122.  
**Código Penal** (Ley 596 de 2000) Artículos 194, 196, 418, 419, 420, 431 y 463.  
**Código de Procedimiento Penal** (Ley 906 de 2004) Artículos 383 y 385.  
**Ley General de Archivos** (Ley 594 de 2000) Artículos 4, 5 (literales e y), 14, 15, 16, 17, 27, 28 y 30.  
**Ley 57 de 1985**, Artículo 12, 13, 20 y 26.  
**Código Disciplinario Único** (Ley 734 de 2002) Artículo 34 numeral 4 y 5.  
**Reglamento del Régimen de los Servidores Públicos** (Decreto 1792 de 2000) Artículo 8 Numeral 7 y Artículo 9 Numeral 22.  
**Manual de Contrainteligencia FF.MM. 2-6** reservado según la decisión de 2002 segunda parte.  
 (Ver texto del aporte jurídico anexo)

**CONSTITUCIÓN POLÍTICA. Título I Artículo. 6.** Los particulares en sus responsabilidades ante las autoridades por infringir la Constitución y las Leyes. Los servidores públicos, los son por la misma causa y por omisión o extralimitación en el ejercicio de sus funciones. **Título II Capítulo I Artículo 15** Todas las personas tienen derecho a su intimidad personal y familiar y a su buen nombre, y el Estado debe respetarlo y hacerlo respetar. De igual modo, tiene derecho a conocer, actualizar y rectificar las informaciones que se hayan recogido sobre ellas en bancos de datos y archivos de entidades públicas y privadas. En la recolección, tratamiento y circulación de datos, se respetará la libertad y de más garantías consagradas en la Constitución. La correspondencia y demás forma de comunicación privada son inviolables. Solo pueden ser interceptadas o registradas mediante orden judicial, en los casos y con las formalidades que establezca la Ley. Para efectos tributarios o judiciales y para los casos de inspección, vigilancia e intervención del Estado, podrá exigirse la presentación de contabilidad y demás documentos privados en los términos que señale la Ley. **Título II Capítulo II Artículos 74** Todas las personas tienen derecho a acceder a los documentos públicos salvo en los casos que establezca la Ley. El secreto profesional es inviolable. **Título V Capítulo II Artículo 122** No habrá empleo público que no tenga funciones establecidas en Ley o Reglamento y para proveerlos, de carácter remunerados, se requiere que estén contemplados en la respectiva planta y previstos sus emolumentos en el presupuesto correspondiente. Ningún servidor público entrará a ejercer su cargo sin prestar juramento de cumplir y defender la Constitución y desempeñar los deberes que le incumben. Antes de tomar posesión del cargo, al relevarse del mismo o cuando autoridad competente se lo solicite, deberá declarar, bajo juramento el monto de sus bienes y rentas. Dicha declaración solo podrá ser utilizada para los fines y propósitos de la aplicación de las normas del servicio público. Sin perjuicio de las demás sanciones que establezca la Ley, el servidor público que sea condenado por delitos contra el patrimonio del Estado, quedará inhabilitado para el desempeño de funciones públicas.

**CÓDIGO PENAL Ley 596 de 2000) Título II Capítulo VII Artículo 194. DIVULGACION Y EMPLEO DE DOCUMENTOS RESERVADOS.** El que en provecho propio o ajeno o con perjuicio de otro divulgue o emplee el contenido de un documento que deba permanecer en reserva, incurrirá en multa, siempre que la conducta no constituya delito sancionado con pena mayor.  
**Artículo 196. VIOLACION A LA LEY DE COMUNICACIONES O CORRESPONDENCIA DE CARACTER OFICIAL.** El que ilícitamente sustraiga, oculte, extravíe, destruya, intercepte, controle o impida comunicación o correspondencia de carácter oficial, incurrirá en prisión de tres (3) a seis (6) años. La pena descrita en el inciso anterior se aumentará hasta en una tercera parte cuando la comunicación o la correspondencia está destinada o remitida a la Rama Judicial o a los organismos de control o de seguridad del Estado. **Título XV Capítulo VII Artículo 418. REVELACION DE SECRETO.** El servidor público que indebidamente a conocer documento o noticia que deba mantener en secreto o reserva, incurrirá en multa y pérdida del empleo o cargo público. Si de la conducta resultare perjuicio, la pena será de uno (1) a tres (3) años de prisión, multa de quince (15) a sesenta (60) salarios mínimos legales mensuales vigentes, e inhabilitación para el

ejercicio de derechos y funciones públicas por cinco (5) años. **Artículo 419. UTILIZACION DE AGUNTO SOMETIDO A SECRETO O RESERVA.** El servidor público que utilice en provecho propio o ajeno, descubrimiento científico, u otra información o dato sagrados a su conocimiento por razón de sus funciones y que deban permanecer en secreto o reserva, incurrirá en multa y pérdida del empleo o cargo público, siempre que la conducta no constituya otro delito sancionado con pena mayor. **Artículo 420. UTILIZACION DE INFORMACION OFICIAL PRIVILEGIADA.** El servidor público que como empleado o directivo o miembro de una junta u órgano de administración de cualquier entidad pública, que haga uso indebido de información que haya conocido por razón o con ocasión de sus funciones y que no sea objeto de conocimiento público, con el fin de obtener provecho para sí o para un tercero, sea éste persona natural o jurídica, incurrirá en multa y pérdida del empleo o cargo público. **Capítulo XI Artículo 431 UTILIZACION INDEBIDA DE INFORMACION OBTENIDA EN EL EJERCICIO DE FUNCION PUBLICA.** El que habiéndose desempeñado como servidor público durante el año inmediatamente anterior utilice, en provecho propio o de un tercero, información obtenida en calidad de tal y que no sea objeto de conocimiento público, incurrirá en multa. Y **Título XVI Capítulo I Artículo 463. ESPIONAJE.** El que indebidamente obtenga, emplee o revele secreto político, económico o militar relacionado con la seguridad del Estado, incurrirá en prisión de cuatro (4) a doce (12) años. **CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO PENAL. (Ley 906 de 2000) Artículo 383 - OBLIGACION A RENDIR TESTIMONIO.** Toda persona está obligada a rendir, bajo juramento, el testimonio que se le solicite en el juicio oral y público o como prueba anticipada, salvo las excepciones constitucionales y legales.  
**Artículo 385. EXCEPCIONES CONSTITUCIONALES.** Nadie podrá ser obligado a declarar cuando el proceso o contra su cónyuge, uno de sus hijos o uno de sus padres o parientes dentro del cuarto grado de consanguinidad o civil, o segundo de afinidad.

**LEY GENERAL DE ARCHIVOS (Ley 594 de 2000) Título I. Artículo 4. Base de Responsabilidad.** Los servidores públicos son responsables de la organización, conservación, uso y manejo de los documentos y f Administrativa y acceso. Es una obligación del Estado la administración de los archivos públicos y un derecho de los ciudadanos el acceso a los mismos, salvo las excepciones que establezca la Ley. **Título IV Artículo 14 PROTECCION, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS ARCHIVOS PUBLICOS.** La documentación de la administración pública es producto y propiedad del Estado, y será ejercido el pleno control de sus recursos informativos. Los archivos públicos, por ser un bien de uso público, no son sujeción a pólizas de enajenación. **Artículo 15. RESPONSABILIDAD ESPECIAL Y OBLIGACIONES DE LOS SERVIDORES PUBLICOS.** Los servidores públicos, al desarrollarse de las funciones estatales, entregarán los documentos y archivos a su cargo debidamente inventariados, conforme a las normas y procedimientos que establezca el Archivo General de la Nación, sin que ello implique exoneración de la responsabilidad a que haya lugar en caso de irregularidades. **Artículo 16. OBLIGACIONES DE LOS FUNCIONARIOS A CUYO CARGO ESTÉN LOS ARCHIVOS DE LAS ENTIDADES PUBLICAS.** Los secretarías generales o los funcionarios administrativos de igual o superior jerarquía, pertenecientes a las entidades públicas, a cuyo cargo estén los archivos públicos, tendrán la obligación de velar por la integridad, autenticidad, veracidad y fidelidad de la información de los documentos de archivo y serán responsables de su organización y conservación, así como de la prestación de los servicios archivísticos. **Artículo 17 RESPONSABILIDAD GENERAL DE LOS FUNCIONARIOS DE ARCHIVO.** Los funcionarios de archivo trabajarán sujetos a los más rigurosos principios de la ética profesional, a lo dispuesto en la Constitución Política de Colombia, especialmente en lo previsto en el artículo 15, a las leyes y disposiciones que regulen su labor. Actuarán siempre guiados por los valores de una sociedad democrática que les confiere la misión de organizar, conservar y poner al servicio de la comunidad la documentación de la administración del Estado y aquella que forme parte del patrimonio documental de la Nación. **Título VI Artículo 27. ACCESO Y CONSULTA DE LOS**

**DOCUMENTOS.** Todas las personas tienen derecho a consultar los documentos de archivos públicos y a que se les expida copia de los mismos, siempre que dichos documentos no tengan carácter reservado conforme a la Constitución o a la ley. Las autoridades responsables de los archivos públicos y privados garantizarán el derecho a la intimidad personal y familiar, honra y buen nombre de las personas y demás derechos consagrados en la Constitución y las leyes. **Artículo 28 MODIFICACION DE LA LEY 57 DE 1985.** El inciso 2o del artículo 13 de la Ley 57 de 1985, el cual quedará así: "La reserva legal sobre cualquier documento cesará a los treinta (30) días de su expedición. Cumplidos éstos, el documento por este solo hecho no adquiere el carácter histórico y podrá ser considerado por cualquier ciudadano, y la autoridad que esté en su posesión adquiere la obligación de expedir a quien lo demande copias o fotocopias del mismo. **Título VII Artículo 36 DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS.** Solo por motivos legales las entidades del Estado podrán autorizar la salida temporal de los documentos de archivo. **LEY 57 DE 1985, Numeral II Artículo 12.** Toda persona tiene derecho a consultar los documentos que reposan en las oficinas públicas y a que se le expida copia de los mismos, siempre que dichos documentos no tengan carácter reservado conforme a la Constitución o la ley, o no hagan relación a la defensa o seguridad nacional. **Artículo 13.** La reserva legal sobre cualquier documento cesará a los treinta (30) días de su expedición. **Artículo 20** El carácter reservado de un documento no será oponible a las autoridades que lo soliciten para el debido ejercicio de sus funciones y **Numeral II Artículo 29** Constituye causal de mala conducta que se sancionará con la destitución, el incumplimiento o violación de cualquiera de las disposiciones aquí consignadas. **CÓDIGO DISCIPLINARIO UNICO (LEY 734 DE 2002) Título IV Capítulo II. Artículo 34. DEBERES.** Son deberes de todo servidor público: 1. Cumplir y hacer que se cumplan los deberes contenidos en la Constitución, los tratados de Derecho Internacional Humanitario, los demás ratificados por el Congreso, las leyes, los decretos, las ordenanzas, los acuerdos distritales y municipales, los estatutos de la entidad, los reglamentos y los manuales de funciones, las decisiones judiciales y disciplinarias, las convenciones colectivas, los contratos de trabajo y las órdenes superiores emitidas por funcionario competente.

Los deberes consignados en la Ley 190 de 1985 se integran a este código.  
**Numeral 4.** Utilizar los bienes y recursos asignados para el desempeño de su empleo, cargo o función, las facultades que le sean atribuidas, o la información reservada a que tenga acceso por razón de su función, en forma exclusiva para los fines a que están afectos.  
**Numeral 5.** Custodiar y cuidar la documentación e información que por razón de su empleo, cargo o función conserve bajo su custodia o a la cual tenga acceso, e impedir o evitar la sustracción, destrucción, ocultamiento o utilización indebidos.  
**Reglamento del Régimen de los Servidores Públicos.** (Decreto 1792 de 2000) **Título II Capítulo II Artículo 8, Numeral 7.** Custodiar y cuidar la documentación e información que por razón de su empleo cargo o función conserve bajo su custodia o a la cual tenga acceso, impidiendo estricto la sustracción, destrucción, el ocultamiento o utilización indebidos.  
**Art. 9 Numeral 22.** permite el acceso o exhibir expedientes, documentos o archivos a personas no autorizadas.  
**MANUAL DE CONTRAINTELIGENCIA FF.MM. 2-6** Reservado según la decisión de 2002, segunda parte. **Segunda Parte Capítulo I artículo 4.** establece los grados para la clasificación de Seguridad de los documentos informáticos: **Clasificación - Secreto - Reservado - Confidencial y Restringido**









## Apéndice I

*Diseño instrumento de medición a partir de la prueba diagnóstica.*

Enlace encuesta: <https://forms.gle/6oMywer45BJQbC6cA>

1. En la definición del concepto de modelo, Espitia (2017), sugiere que: “Un Modelo es un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo” (p. 3), en tanto, desde el punto de vista metodológico, el modelo es un conjunto de sistemático que guían una investigación o implementación, aplicando consideraciones, medidas, definiciones, etc. (Marciszack et al., 2019). Vinculado a esto, se considera el modelamiento como una guía para la implementación de los diferentes procesos de ingeniería, gestión de conocimiento, Tecnología de la Información y procesamiento digital de señales e imágenes, enmarcado en el uso de tecnologías disruptivas que dan valor a la gestión del conocimiento.

En este sentido, ¿considera usted que la implementación de un Modelo de Gestión TI, que apoye en las tareas de mantenimiento aeronáutico permite agilizar los procesos de inspección y prueba que se llevan a cabo en el laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación de la Brigada de Apoyo y Sostentamiento del Ejército Nacional de Colombia, en Tolemaida - Nilo, Cundinamarca?

- a. Muy de acuerdo
- b. De acuerdo
- c. Ni en acuerdo ni en desacuerdo
- d. En desacuerdo
- e. Muy desacuerdo

2. El desarrollo avanzado y las nuevas tecnologías digitales aplicadas a los sistemas de radioayudas, navegación, instrumentos y radar en el área militar y aeroespacial exige la creación de nuevos y modernos laboratorios que combinen la flexibilidad de los lenguajes de programación con el poder de herramientas de ingeniería avanzada para adquirir, analizar, presentar mediciones y señales en tiempo real (Villacreses, 2021).

En este sentido, ¿considera que es pertinente integrar un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal, que integre tecnologías disruptivas como la realidad aumentada y el procesamiento digital de señales, desde enfoques pedagógicos y más aún desde rutinas de prueba automatizadas a procesos de diagnóstico y casa falla en componentes aeronáuticos, aplicado al laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación de la Brigada de Apoyo y Sostenimiento del Ejército Nacional de Colombia, en Tolemaida - Nilo, Cundinamarca.?

3. Los entornos automatizados son cada día más utilizados en la industria, poseen la capacidad de procesar grandes volúmenes de información e integrarla en un sistema, en este sentido, ejercen control sobre el tráfico de información en entornos interactivos, diseñados para controlar y crear un flujo de datos, mediante una interfaz hombre-máquina, de manera local o remota, controlando y operando los procesos en tiempo real (Romero, 2019). Entonces, mediante el uso de máquinas, los entornos automatizados, implementan operaciones ordenadas según un flujo programado, con el uso de dispositivos y sistemas que controlan las variables del proceso, en tanto, en las técnicas de automatización,

convergen generalmente la mecánica, el procesamiento digital de señales y la tecnología de la información, entre otros, consiguiendo la optimización de procesos (Carrera, 2021).

En este sentido: ¿Cree usted que es posible usar técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales que agilicen los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico mediante el uso de herramientas de TI, para generar test automáticos que aceleren los procesos de caza fallas, diagnóstico y prueba a componentes aeronáuticos?

4. Los entornos virtuales implican ámbitos de estudio relacionados con la comunicación hombre-máquina, encaminados a las interacciones que pueden realizar los individuos al operar dispositivos, videojuegos, plataformas, entre otros. En tanto, dichos ambientes virtuales cada día toman mayor importancia (Berenguel et al., 2018). En este sentido, es común evidenciar ambientes virtuales generados desde plataformas de bajo costo, especialmente en dispositivos tipo Smartphone o Tablet (Selzer et al., 2018). Dicho de otro modo, los entornos virtuales sobreimprimen datos en el mundo real, por tanto, la Realidad Aumentada permite combinar elementos físicos reales con información presente en entornos virtuales (Rigueros, 2017).

¿Considera que la identificación de estrategias inteligentes, inmersas en entornos virtuales que se apoyen en tecnologías disruptivas como la Realidad Aumentada, aplicada al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante aportaría en la identificación de fallas en los componentes aeronáuticos?

5. En la construcción de modelos tridimensionales realistas, aplicables a implementaciones en Realidad Aumentada, se usan paquetes de simulación y parametrización, bajo los

cuales, se somete un componente aeronáutico a análisis (Escobar y García, 2016). En este sentido, la plataforma SolidWorks, proporciona herramientas de modelamiento integral, visualización, diseño de ensamble y desensamble, simulación de fatiga en sistemas compuestos, al igual que herramientas de integración de aplicaciones mecánicas con software de automatización y control como LabVIEW (Asqui, 2020).

Dicho de otro modo, los ensambles de componentes aeronáuticos simulados, dan una aproximación real a los elementos que conforman un diseño (García y Restrepo, 2019), aportan y dan valor a la instrucción en la operación de modelos y sistemas reales, en estos se puede apreciar y diferenciar correctamente las piezas mediante simulaciones con movimiento (Peña y Vélez, 2019).

Con base en afirmaciones previas, ¿considera que modelar el ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales, permitiría optimizar y agilizar los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico mediante el uso de herramientas de TI que, de manera visual, asistan en las tareas de mantenimiento aeronáutico?

6. Águila et al. (2018) sugieren que: “La Realidad Aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real” (p. 2), en este sentido, se toman elementos diseñados artificialmente y se superponen al mundo real, utilizando sonidos y video que interaccionan con el mundo existente, mostrando información

relevante de variables reales que intervienen al momento de hacer uso de ella, integrando información que da valor al usuario y que se complementa con la realidad.

A partir de estas afirmaciones: ¿Considera que una propuesta que integre técnicas de RA desde un enfoque pedagógico y más aún desde la práctica, con rutinas de prueba automáticas a procesos de diagnóstico y caza fallas en componentes aeronáuticos, contribuiría al mejoramiento en el apoyo y toma de decisiones, en el ámbito aeronáutico?

7. La Realidad Aumentada, considerada como una sobreposición de elementos virtuales a la realidad, integra información valiosa que apoya las tareas de mantenimiento aeronáutico.

A partir de esta afirmación: ¿Considera que herramientas de Realidad Aumentada, pueden ser tenidas en cuenta por un especialista aeronáutico al momento de realizar pruebas e inspecciones en componente aeronáutico, dando valor a la inclusión de estrategias de Tecnología de la Información en el mantenimiento aeronáutico, mediante el uso de herramientas de RA?

8. El uso de los manuales técnicos y de operación del fabricante de las aeronaves es dispendioso y no se han implementado herramientas tecnológicas para actualizar los procedimientos en las tareas de diagnóstico y prueba de componentes aeronáuticos. En tanto, una posible causa es la escasez de personal capacitado en el uso de herramientas disruptivas, enmarcadas TI, que den valor al diseño de estrategias de trabajo colaborativo. Por tanto, de seguir presentándose esta situación, la organización seguirá incurriendo en altos costos económicos y de tiempo para realizar tareas de mantenimiento sin optimizar los procesos. En última instancia, el uso de herramientas de modelado en 3D e

integración de tecnologías disruptivas permitiría la automatización de los manuales aeronáuticos, en el marco de la implementación de un modelo de gestión TI.

¿Está de acuerdo con la anterior afirmación?

9. Al interior de la organización no se han implementado técnicas digitales, análisis de datos, inteligencia artificial, RA ni ninguna tendencia disruptiva, enmarcada TI, en procedimientos de inspección y prueba de componentes aeronáuticos. En tanto, una posible causa de esta situación es que, se adolece de personal entrenado y capacitado en TICs, que genere estrategias innovadoras aplicadas al mantenimiento aeronáutico e integradas a los manuales técnicos del fabricante de las aeronaves. Es por este motivo que, de seguir presentándose esta situación, en el corto plazo, los procesos se seguirán realizando de forma convencional, invirtiendo tiempo y considerables recursos. En tanto, el coste de oportunidad en el mediano y largo plazo será muy alto, dada las oportunidades que ofrece la revolución tecnológica y de la información. En última instancia, mediante la implementación de un modelo de gestión TI, que apoye en las tareas de mantenimiento y diagnóstico de los componentes aeronáuticos, tales como, el conjunto de actuadores del sistema de estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria sentará un precedente en pro del de la optimización del mantenimiento aeronáutico.

¿Está de acuerdo con la anterior afirmación?

10. Actualmente, en la organización, no se está efectuando integración de herramientas tecnológicas que agilicen los procesos de mantenimiento aeronáutico. En tanto, una posible causa de esta situación el uso deficiente o inexistente de herramientas tecnológicas en el marco TI. En este sentido, en el corto y mediano plazo la organización no asumirá

un marco de referencia sobre el cual pueda fundamentarse la revolución 4.0. En última instancia, mediante la implementación de mínimos productos viables, es posible evaluar la versatilidad de un modelo de gestión TI aplicado a tareas de mantenimiento aeronáutico.

¿Está de acuerdo con la anterior afirmación?

11. Las normas Military Standard, históricamente se originaron a partir de la aceptación de productos que se elaboraban para el ejército de Estados Unidos, en tanto, en la actualidad, los fabricantes de aeronaves militares usan estándares, tales como, el MIL-STD-1553 en las definiciones, planos e integraciones de componentes aeronáuticos, este es el estándar militar publicado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos que define las características mecánicas, eléctricas y funcionales de un bus de datos en serie (Moreno, 2019). Es por esta razón que, al identificar componentes eléctricos, electrónicos y circuitos, presentes en cualquier aplicación aeronáutica de componentes militares, se debe tener en cuenta el estándar MIL-STD-1553 a la hora de realizar cualquier tipo de implementación (Moreno, 2019).

¿Considera que un modelo gestión TI, que use RA en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimientos y realimentación continuo en la integración de metodologías y estrategias de TI, aportaría a los procesos de mantenimiento, diagnóstico y reparación de componentes aeronáuticos cumpliendo a cabalidad los estándares militares de obligatorio cumplimiento descritos en los manuales de operación y mantenimiento aeronáuticos?

12. Opina que: ¿La implementación de un modelo de gestión TI, basado en el Military Standard (MIL-STD), usando técnicas de realidad aumentada y procesamiento digital de

señales, permitiría mejorar las tareas de entrenamiento, diagnóstico, reparación y mantenimiento aeronáutico en el laboratorio de Aviónica del Batallón de Especialistas de Mantenimiento de Aviación de la Brigada de Apoyo y Sosténimiento del Ejército Nacional de Colombia, en Tolemaida - Nilo, Cundinamarca?

13. Un marco de referencia, que haga uso de la Tecnología de la Información (TI) beneficiaría a estudiantes, talleres, empresas y en general al sector aeronáutico colombiano, mediante un esfuerzo que apoye y de soporte a los procedimientos de prueba, diagnóstico, reparación y entrenamiento del personal que tiene poca pericia y realiza tareas de mantenimiento aeronáutico, logrando con ello, minimizar recursos económicos y de tiempo. ¿Está de acuerdo con la anterior afirmación?
14. El entrenamiento del personal de alumnos que estudia mantenimiento aeronáutico, requiere el uso de herramientas cada vez más pedagógicas, que combinen el materiales multimedia, bases de dato, internet de las cosas (IIoT), entre otros (Bedregal, 2017), aprovechando la disrupción digital, para generar conocimientos de valor. En tal sentido, numerosos estudios sostienen que el formato realidad aumentada (RA), permite a los estudiantes posibilidades como, eliminar información que pueda entorpecer la captación de la información significativa, aumentar o enriquecer la información de la realidad para hacerla más comprensible, observar un objeto desde diferentes puntos de vista, potenciar el aprendizaje ubicuo, crear escenarios “artificiales” seguros para el aprendizaje, enriquecer los materiales impresos con información adicional en diferentes plataformas y convierte al personal de alumnos en partícipes de los objetivos de aprendizaje en el

formato RA (Barroso et al., 2019; Cabero et al., 2016; Maiz et al., 2017; Roig et al., 2019).

¿Está de acuerdo con la anterior afirmación?

15. En la digitalización de componentes, que conforman una estructura aeronáutica, es común realizar un bosquejo o diseño digital, que permita visualizar el modelamiento en 3D de cada uno de los elementos de un sistema en particular. En tanto, la integración de software de simulación tales como SolidWorks, Inventor, Blender y Sketchup, entre otros, permite el bosquejo de piezas. Vinculado a esto, se sigue una etapa de montaje, ensamble y desensamble, que admite una aproximación visual a un estudio de movimiento y análisis 3D mediante la simulación (Cuertán, 2021). Mientras tanto, es claro que la integración de la tecnología digital en la presentación de información es relevante para el personal aeronáutico, proporciona una base teórica de conocimiento que da valor e integra herramientas de la tecnología de la información (TI), a favor de la calidad, aportando al sostenimiento aeronáutico.

¿Considera que la generación de aplicativos que fortalezcan el entrenamiento del personal aeronáutico, mediante una base tecnológica que automatice procesos y permita la integración de elementos de las TICs, favorecería los procesos de adiestramiento y contribuiría a la eficiencia en el mantenimiento aeronáutico, facilitando el acceso a los manuales del fabricante, enriqueciendo la teoría con herramientas multimedia, dando a los técnicos aeronáuticos herramientas que faciliten el montaje, ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos?

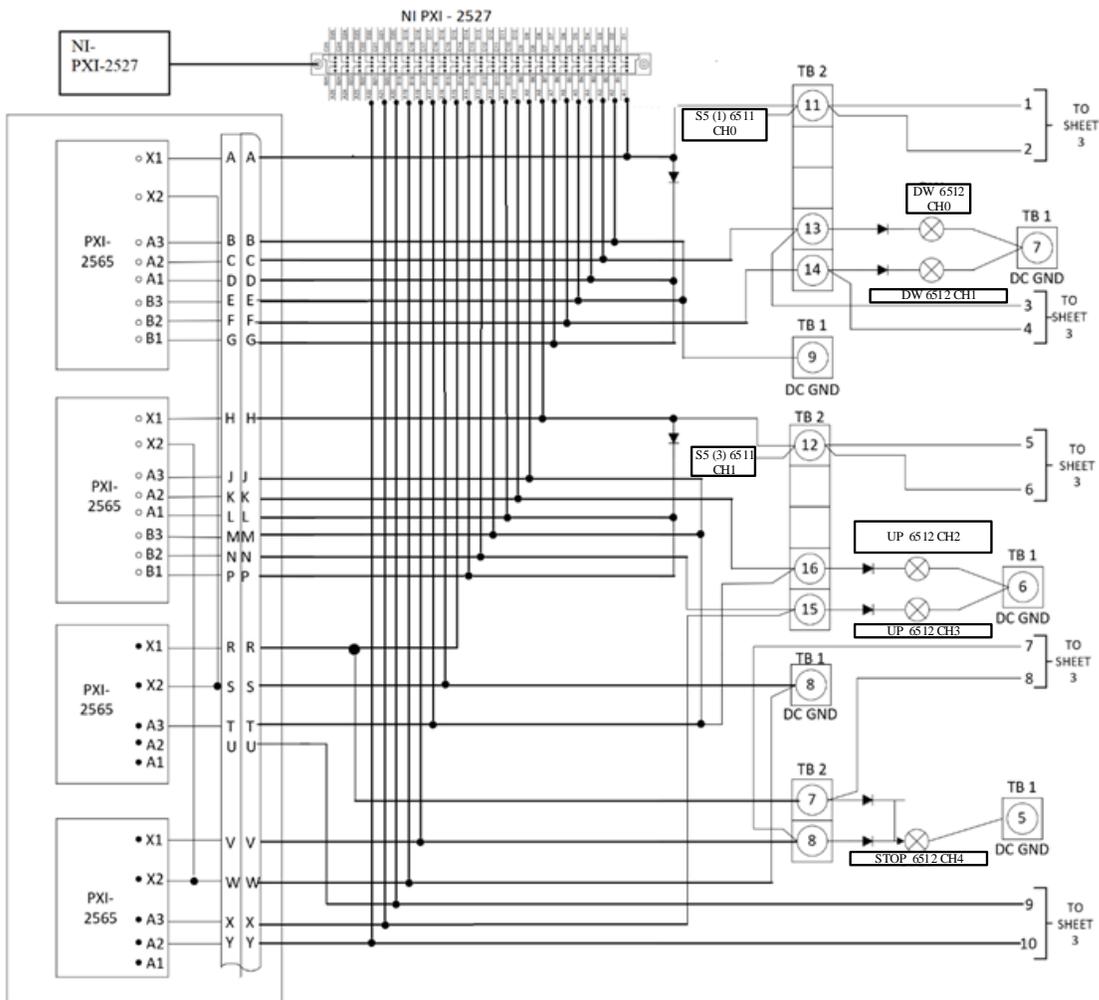
16. En el contexto de la revolución industrial 4.0, el avance vertiginoso de las tecnologías, la automatización industrial y el procesamiento digital de señales (PDS) e imágenes (PDI),

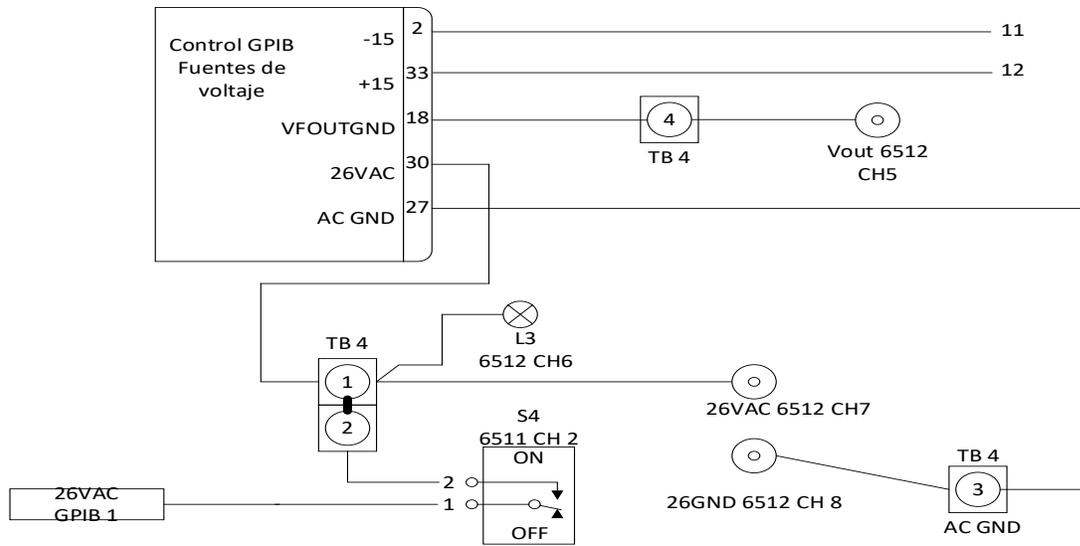
son aspectos fundamentales para la mayoría de las implementaciones en la industria (López, 2021). En tanto, muchas de las actividades repetitivas que antes se llevaban a cabo de manera manual, hoy en día se realizan de manera automática, optimizando tiempos y tecnologías (Gamarra et al., 2016). De este modo, se aporta gran precisión a los procesos, mediante la integración de inteligencia artificial, redes neuronales y procesamiento digital, a modo de herramientas inteligentes que se incorporan cada vez más a la industria.

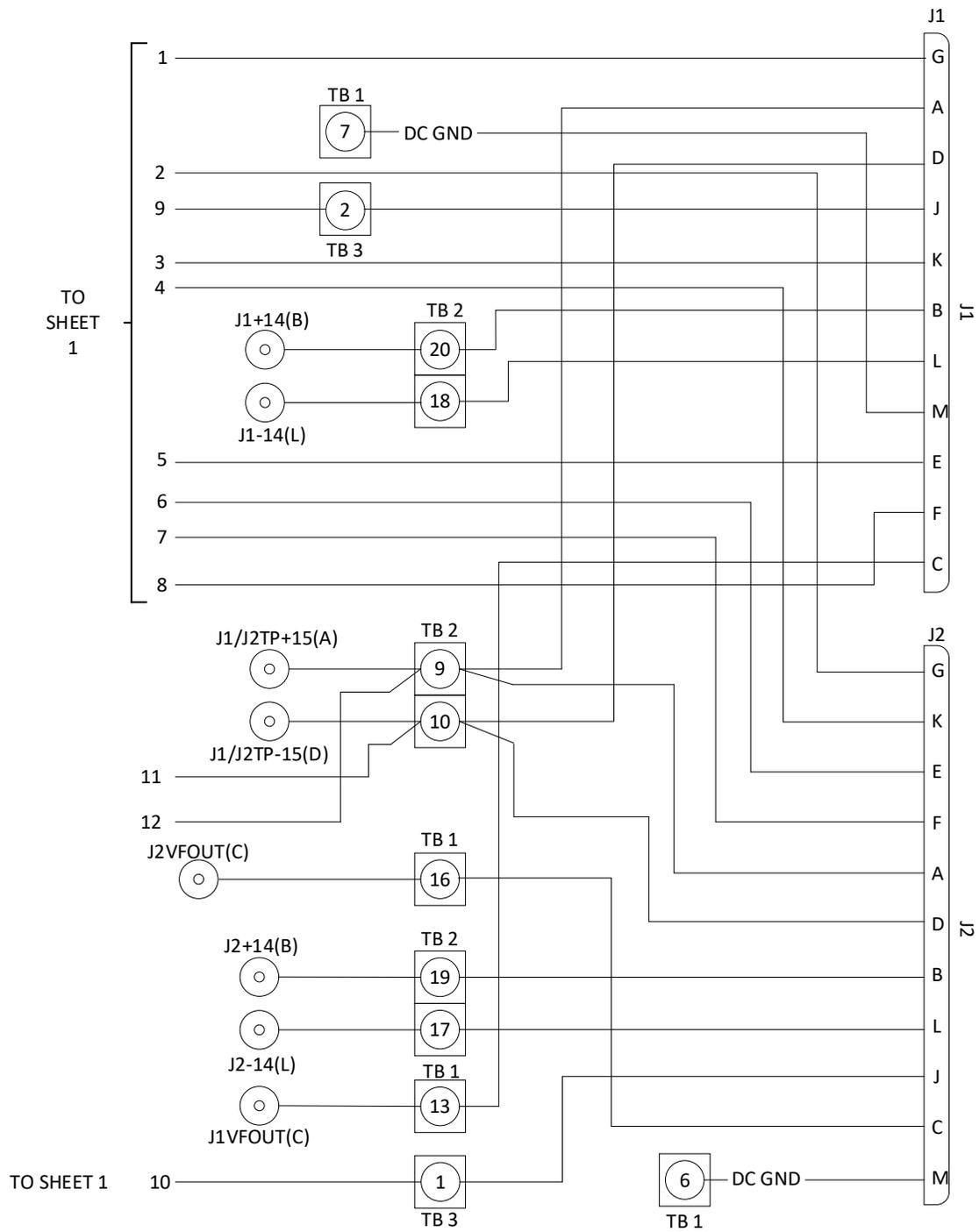
17. A partir de las consideraciones anteriores: ¿Implementar un modelo de gestión TI, que apoye en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento de personal, usando estrategias de procesamiento digital en entornos automatizados, aportaría a la agilidad de los procesos, al ahorro de recursos económicos del estado y validaría un marco de referencia apoyado en TI, en las tareas aeronáuticas de mantenimiento?

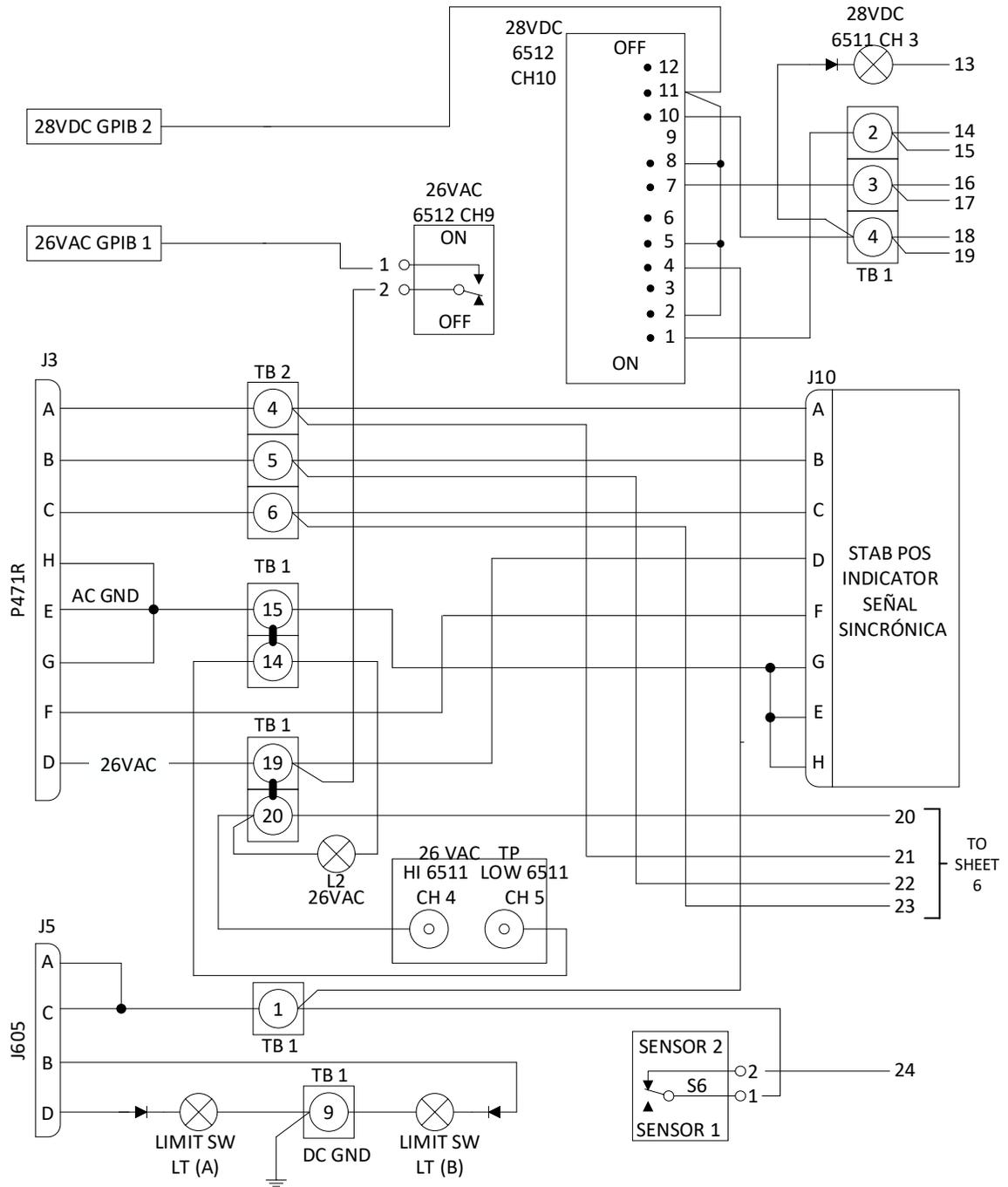
Apéndice J

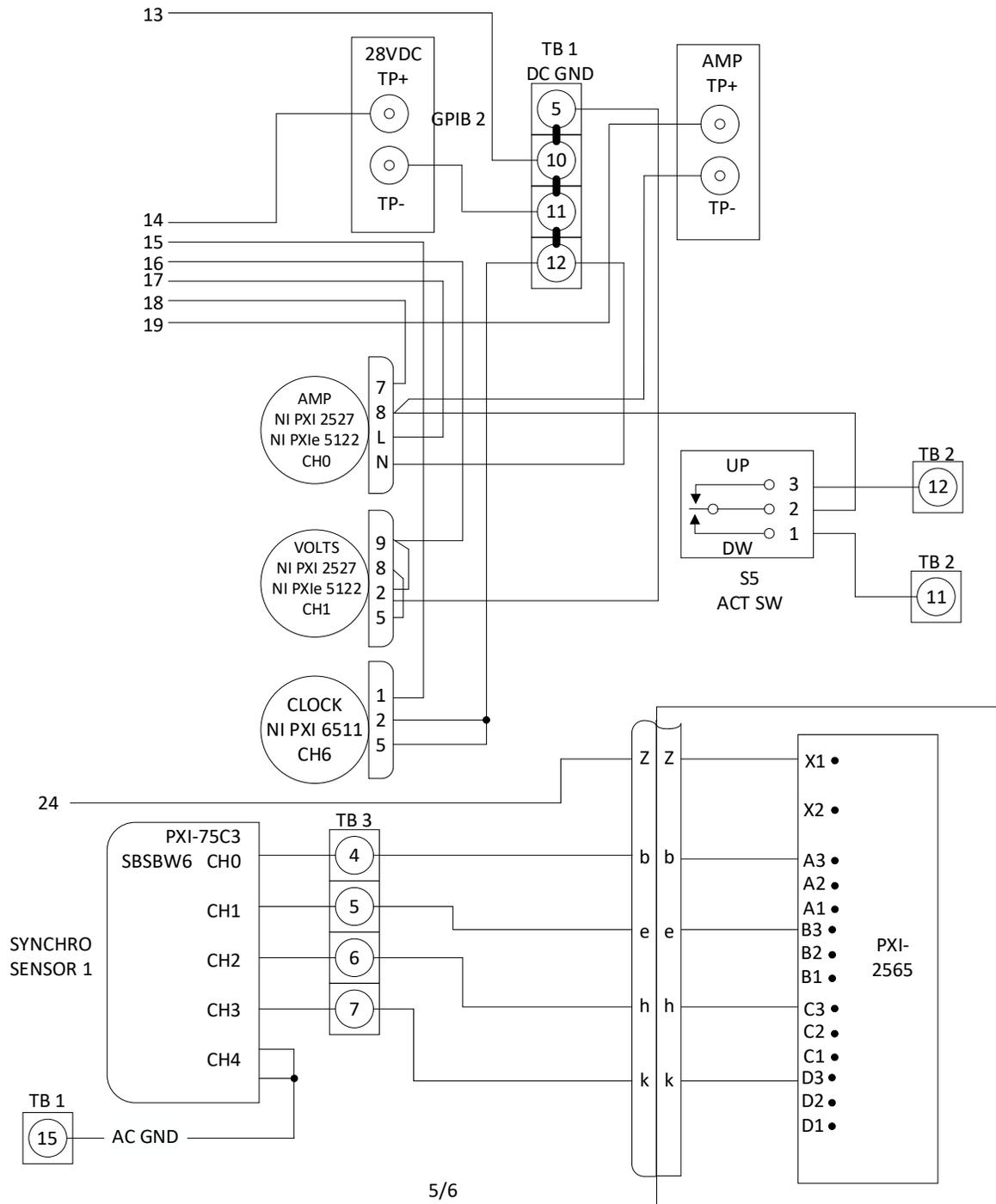
Diagrama eléctrico componente propuesta tecnológica

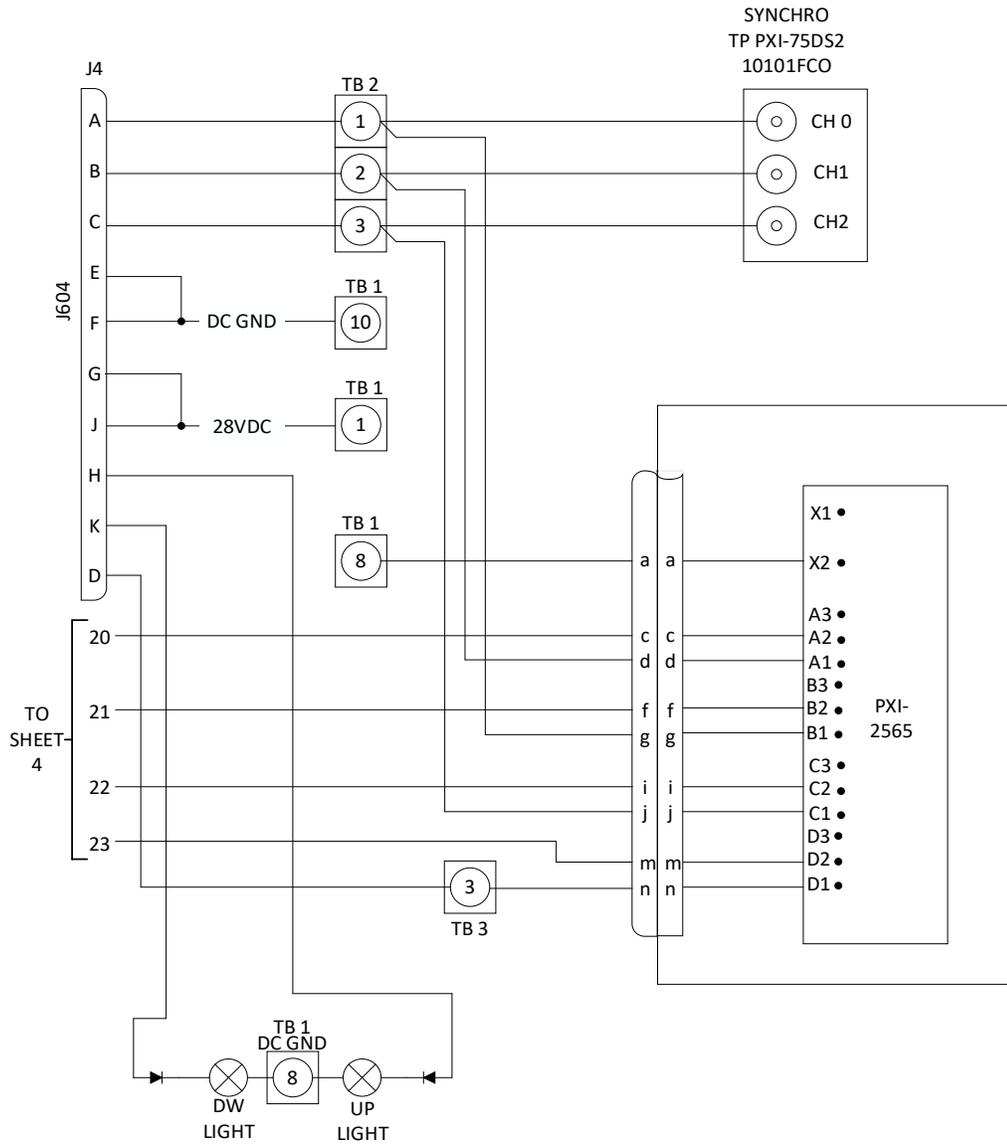










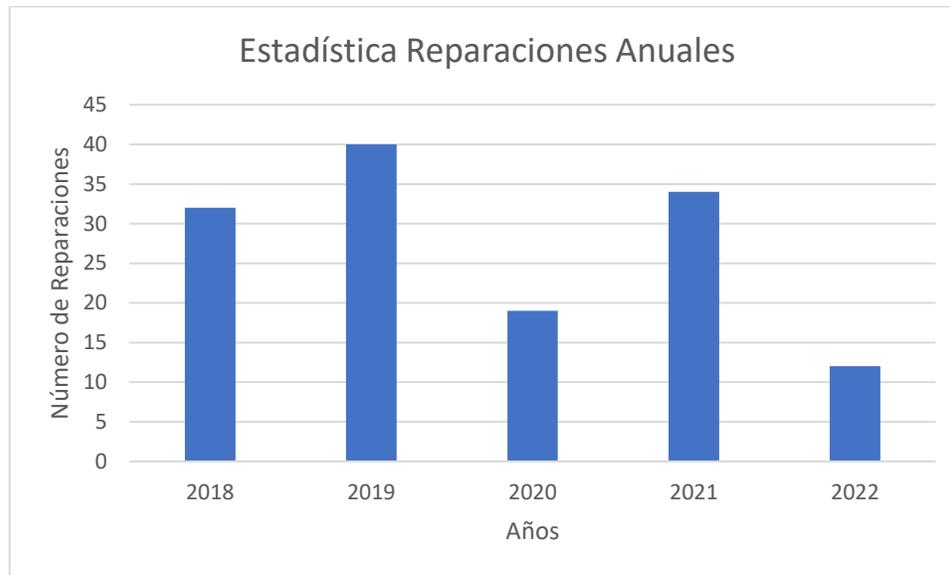


Nota. Diseño autoría propia.

**Apéndice K***Diseño instrumento de medición posterior a la propuesta de intervención*

Enlace encuesta: <https://forms.gle/y6Nh6G1SRnovpZm4A>

1. Dada la alta rotación y cantidad de reparaciones anuales que se realizan al componente aeronáutico conjunto de actuadores electromecánicos ¿Considera que la propuesta tecnológica orientada a la consolidación de un mínimo producto viable con base en el sistema conjunto de actuadores electromecánicos del estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria, genera elementos que apoyan en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico y en el entrenamiento del personal aeronáutico, mediante el uso de técnicas inteligentes digitales en entornos automatizados, basados en el MIL-STD?.
  - a. Muy de acuerdo.
  - b. De acuerdo.
  - c. Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
  - d. En desacuerdo.
  - e. Muy en desacuerdo.

**Estadística rotación actuador electromecánico**

*Nota.* Datos extractados sistema SAP, incluyen la estadística de reparaciones del conjunto de actuadores electromecánicos en el período comprendido entre el 2018 y lo corrido del 2022.

2. Dada la propuesta tecnológica implementada, ésta permite modelar el ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, usando técnicas inteligentes digitales e integración automática en entornos virtuales, ¿Considera que la presente propuesta, constituye una herramienta didáctica que apoya en el entrenamiento del personal aeronáutico y permite agilizar los procesos de inspección y prueba mediante el uso de herramientas de TI?

<https://youtu.be/j9dJFkIBG2E>

3. A partir de los datos técnicos extractados de los manuales de fabricantes aeronáuticos y la conformación de un modelo de gestión TI, se apoya en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico mediante la representación en 3D de componentes, integrando software de desarrollo CAD embebido en aplicaciones

automatizadas. ¿Considera que el ensamble y desensamble de mecanismos aeronáuticos tridimensionales, usando técnicas inteligentes y procesos automáticos, agiliza los procesos de inspección y prueba con el uso de herramientas de TI?

<https://youtu.be/91L1MC7FHQA>

4. Con base en la propuesta de intervención tecnológica ¿Considera que el diseño asistido por computador CAD permite utilizar gran cantidad de herramientas que aportan a la visualización de elementos electromecánicos aeronáuticos, utilizando dispositivos disruptivos, lo que constituye una herramienta de valor que aporta a la digitalización y automatización de procesos aeronáuticos enmarcados en TI?

<https://youtu.be/AfoxbyjPiX8>

5. Con la integración del MIL-STD y la digitalización de componentes aeronáuticos con base en manuales técnicos del fabricante, ¿Considera de valor la visualización de elementos constitutivos del conjunto de actuadores que integren información relevante, tales como el número de parte, mediante el empleo de componentes disruptivos e IoT?

[https://youtu.be/H2IcH\\_dBZ2s](https://youtu.be/H2IcH_dBZ2s)

6. Al utilizar la plataforma de automatización y control diseñada en LabVIEW y la integración de instrumentos virtuales (VIs), ¿Considera que se aporta información relevante al incorporar tarjetas de adquisición de datos, que permiten un posterior análisis para el apoyo en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico, utilizando técnicas inteligentes de procesamiento digital en entornos automatizados, con base en el MIL-STD y a los manuales técnicos del fabricante?

<https://youtu.be/kDMant87w2E>

7. ¿La interfaz de usuario diseñada en la plataforma LabVIEW, que integra el software CAD (SolidWorks) para la implementación del mínimo producto viable, es intuitiva, de fácil operación y uso, para el personal aeronáutico?  
<https://youtu.be/ez38t-cLE9c>
8. ¿Considera que la aplicación de control que usa técnicas digitales inteligentes e integración automática en entornos virtuales agiliza los procesos de inspección y prueba en el mantenimiento aeronáutico con el uso de herramientas de TI y la implementación de software en plataformas tales como: LabVIEW, SolidWorks, Matlab, etc.?  
<https://youtu.be/7j32Pdwx2Qw>
9. ¿Los resultados alcanzados mediante la automatización del sistema de prueba y diagnóstico del componente conjunto de actuadores electromecánico, apoyan en la toma de decisiones de mantenimiento aeronáutico, aportan al entrenamiento del personal y permite en el mediano plazo evaluar el impacto del modelo de gestión planteado?  
[https://youtu.be/7t\\_aeJ570PU](https://youtu.be/7t_aeJ570PU)
10. Considera que la implementación de software y hardware utilizados en la propuesta tecnológica, mediada por la integración de tarjetas de adquisición de datos PXIe, el acceso desde la nube a la plataforma, con dispositivos inteligentes disruptivos que utilizan IoT, las bases de datos conformadas por los manuales técnicos del fabricante, la integración de terminal board y el dispositivo aeronáutico elegido para la conformación del mínimo producto viable, ¿Permiten evaluar el impacto del modelo de gestión TI valorando la usabilidad del producto mediante un seguimiento y realimentación continuos en los procesos de inspección y prueba de componentes aeronáuticos?  
<https://youtu.be/yeBsZJXuUiE>

11. La interfaz de usuario diseñada en la plataforma eDrawings permite identificar elementos relevantes aplicados al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante mediante un modelo de gestión TI, que reduce drásticamente costos por concepto de entrenamiento y tiempos en la identificación de fallas en los componentes aeronáuticos. ¿Considera que su uso es intuitivo y de fácil operación para el personal aeronáutico?

<https://youtu.be/kdNsJQnInTE>

12. ¿Los manuales aeronáuticos del fabricante apoyados en herramientas de TI, de manera digital, aportan al seguimiento paso a paso en la identificación de fallas en la operación del conjunto de actuadores del sistema del estabilizado?

<https://youtu.be/52GQMgipuYY>

13. ¿Considera que la aplicación de herramientas de TI, en el marco del presente modelo de gestión, aportan mejoras sustanciales y prácticas al mantenimiento aeronáutico, utilizando el internet de las cosas, aprovechando las disrupciones digitales, los datos en la nube y demás herramientas tecnológicas diseñadas para la valoración del mínimo producto viable aplicado al conjunto de actuadores del estabilizador de cola de aeronaves de ala rotatoria?

<https://youtu.be/rbGUfoxfwg>

14. ¿La integración de dispositivos tales como tablets y smartphone a tareas de mantenimiento aeronáutico, detección de fallas y análisis en el conjunto de actuadores del estabilizador de aeronaves de ala rotatoria, permite evaluar la usabilidad de herramientas de TI aplicadas a sistemas de prueba y diagnóstico automáticos?

<https://youtu.be/nPy3A8bHWmY>

15. ¿En el entrenamiento del personal aeronáutico cree usted que la propuesta tecnológica favorece la utilización de herramientas digitales como medio de aprendizaje a los estudiantes o técnicos con poca experticia mediante la integración herramientas de TI?  
<https://youtu.be/mUwHE-kEiaA>
16. ¿Considera que la propuesta tecnológica implementada favorece el entrenamiento del personal aeronáutico mediante la identificación de estrategia inteligente de realidad aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante al integrar un modelamiento de gestión TI, que reduce drásticamente costos por concepto de entrenamiento y tiempos en la identificación de fallas en los componentes aeronáuticos y podría ser utilizado como base para generar un sistema de administración de información seguro y confiable?  
<https://youtu.be/WxxPehE01Ls>
17. ¿Considera que la propuesta tecnológica implementada, mejora los tiempos de diagnóstico, caza fallas y reparación del conjunto de actuadores, a la vez que es amigable con el medio ambiente al reducir horas de vuelo de pruebas de componentes aeronáuticos?  
[https://youtu.be/ul\\_LKPP29LU](https://youtu.be/ul_LKPP29LU)
18. Con el uso de herramientas inteligentes de realidad aumentada, con base en requerimientos de los manuales técnicos del fabricante, se aporta al entrenamiento del personal y se reduce la probabilidad de errores a la hora de identificar fallas en componentes. ¿Considera que la aplicación de elementos disruptivos como realidad aumentada orientada a procesos de ensamble, desensamble e inspección, dan valor y apoyan en la optimización del mantenimiento aeronáutico, lo que conlleva a una

reducción drástica de costos por concepto de entrenamiento y tiempos en la identificación de fallas?

[https://youtu.be/GOLiee\\_YmSQ](https://youtu.be/GOLiee_YmSQ)

19. El ensamble y desensamble de componentes aeronáuticos en 3D, que emplea instrumentos constituidos por realidad aumentada y técnicas inteligentes de automatización y control, representa un tipo especial de herramienta inteligente de software que cada día toma más fuerza en la comunidad aeronáutica (García, 2015), ¿Considera que es posible evaluar el impacto del modelo de gestión TI, integrando elementos de realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad de mínimos productos viables integrando metodologías y estrategias de TI, como se representa en el diagrama adjunto?

<https://youtu.be/EoYfUK2d6c0>

20. ¿Considera que el modelamiento de componentes aeronáuticos aplicando herramientas de realidad aumentada aporta beneficios en el progreso de aprendizaje ubicuo de alumnos en el área del mantenimiento aeronáutico, mostrando un panorama alentador mediante el prototipado de configuraciones en tareas de montaje y desmontaje que normalmente se guían por extensas referencias documentales, en donde se invierte gran cantidad de tiempo y recursos?

<https://youtu.be/jO7SzOtSiW4>

21. ¿La interfaz de usuario diseñada en la plataforma eDrawings permite identificar estrategias inteligentes de Realidad Aumentada aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales aeronáuticos del fabricante mediante un modelamiento de gestión TI, que reduce drásticamente costos por concepto de entrenamiento y tiempos en la identificación

de fallas en los componentes aeronáuticos, es intuitiva y de fácil operación para el personal aeronáutico?

<https://youtu.be/i3tg51udsCE>

22. ¿Considera que es posible evaluar el impacto del modelo de gestión TI, usando herramientas de realidad aumentada en el ámbito aeronáutico, para validar la usabilidad del producto mediante un seguimiento y realimentación continuos en la integración de metodologías y estrategias de TI aplicados a la conformación de la propuesta tecnológica implementada?
23. En el marco de la propuesta tecnológica establecida con la inclusión de un mínimo producto viable para el conjunto de actuadores electromecánicos. ¿Considerando que la propuesta tecnológica permite identificar estrategias inteligentes de automatización aplicadas al mantenimiento aeronáutico y a los manuales del fabricante de las aeronaves pertinentes, mediante la implementación de un marco de referencia TI, que reduzca drásticamente costos por concepto de entrenamiento y tiempo en la identificación de fallas en los componentes?