

Artículo de Revisión

Análisis de las tecnologías aplicadas en la aeronáutica

Analysis of technologies applied in aeronautics

Autores:

Emilio Jared Nieto Rodriguez
Universidad Politécnica de Aguascalientes
Aguascalientes-México

Up230713@alumnos.upa.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0003-5624-9497>

Guillermo Alejandro Zaragoza Alvarado
Universidad Virtual del Estado de Guanajuato
Guanajuato-México

guzaragoza@uveg.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0006-5466-7486>

Autor de Correspondencia: Guillermo Alejandro Zaragoza Alvarado, guzaragoza@uveg.edu.mx

Reception dates: 03-July-2024 **Acceptance:** 01-August-2024 **Published:** 14-August-2024

Resumen

En este documento, se analiza los desarrollos tecnológicos más recientes en la fabricación de aviones y su influencia en la aviación. Primero, los materiales compuestos, por ejemplo, la fibra de carbono, ayudaron a reducir significativamente el peso de los aviones, lo que también hizo que la eficiencia del combustible en dicho tipo de transporte mejorara y que las emisiones de dióxido de carbono disminuyan. Además, la aerodinámica mejorada ayudó a todos los diseñadores de aeronaves a reducir el coeficiente de arrastre y, por lo tanto, a mejorar el rendimiento del dispositivo en general. Otra área importante es el desarrollo de sistemas de propulsión más eficientes y seguros; en la actualidad, los avances en tecnologías híbridas y eléctricas han desempeñado un papel significativo en la reducción de la quema de combustibles fósiles y la liberación de contaminantes. Además, los motores más avanzados y eficientes también se implementan, lo que no solo lleva a un mejor rendimiento, sino también a la seguridad, que es más importante en el aire que en la carretera, y la fiabilidad. Estos desarrollos en los sistemas de propulsión apoyan la transición a un sector más amigable con el medio ambiente. Por último, el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones ha transformado la operación de las aeronaves en sí y la administración del tráfico aéreo. La navegación avanzada, la automatización y el análisis de big data están mejorando la seguridad y la eficiencia de las operaciones. La interconexión de estas tecnologías permite una mejor administración de las rutas, programas de mantenimiento más efectivos y una capacidad mejorada de reacción rápida a las condiciones cambiantes, lo que ayuda a garantizar que la aviación sea segura y rentable.

Palabras clave: Aeronáutica, Industria, Sistema, Materiales

Abstract

This document analyzes the most recent technological developments in aircraft manufacturing and their influence on aviation. First, composite materials, for example carbon fiber, helped to significantly reduce the weight of aircraft, which also led to improved fuel efficiency in such transport and decreased carbon dioxide emissions. Additionally, improved aerodynamics helped all aircraft designers reduce the drag coefficient and thus improve overall device performance. Another important area is the development of more efficient and safer propulsion systems; Today, advances in hybrid and electric technologies have played a significant role in reducing the burning of fossil fuels and the release of pollutants. Furthermore, more advanced and efficient engines are also implemented, which not only leads to better performance, but also safety, which is more important in the air than on the road, and reliability. These developments in propulsion systems support the transition to a more environmentally friendly sector. Finally, the use of information and communications technologies has transformed the operation of aircraft themselves and the management of air traffic. Advanced navigation, automation and big data analytics are improving the safety and efficiency of operations. Interconnecting these technologies enables better route management, more effective maintenance programs and an enhanced ability to react quickly to changing conditions, helping to ensure safe and profitable aviation.

Keywords: Aeronautics, Industry, System, Materials

1. INTRODUCCIÓN

La industria aeronáutica ha sido un impulsor clave de la innovación tecnológica desde sus inicios, desempeñando un papel crucial en el desarrollo de muchas industrias (Ramazani, 2007). A medida que el transporte aéreo se convierte en una parte esencial de la economía global, la necesidad de mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad se vuelve cada vez más urgente (Chua & Kamaruddin, 2016). La creciente demanda del mercado, junto con estrictas regulaciones ambientales, ha llevado a un cambio significativo hacia la adopción de tecnologías avanzadas que no solo apuntan a optimizar el rendimiento sino también a minimizar el impacto en el entorno operativo de la aviación (Blom & Lynch, 2016).

Uno de los avances más importantes en la industria aeronáutica es el uso de materiales compuestos como la fibra de carbono. Estos materiales han revolucionado el diseño y la fabricación de aviones, ofreciendo una combinación de ligereza y durabilidad superior a los metales tradicionales (Ramazani, 2007). La reducción del peso total de las aeronaves mediante estos materiales mejora directamente la eficiencia del combustible y reduce las emisiones de CO₂, lo que ayuda a hacer frente a las presiones económicas y medioambientales (Chua & Kamaruddin, 2016). Los estudios han demostrado que el uso de materiales compuestos permite reducir el peso del avión hasta en un 20%, lo que aumenta significativamente su rendimiento (Blom & Lynch, 2016).

La optimización aerodinámica es otra área importante en la que se han logrado avances impresionantes utilizando tecnología de simulación y modelado por computadora. Estas herramientas permiten a los ingenieros diseñar aviones con alas más eficientes, reduciendo la resistencia y mejorando la estabilidad y la eficiencia (Ramazani, 2007). Las mejoras en el diseño aerodinámico, como la introducción de puntas de ala, han demostrado ser eficaces para reducir el consumo de combustible y mejorar el rendimiento general de las aeronaves, contribuyendo al desarrollo sostenible de la industria (Chua & Kamaruddin, 2016).

Para Huang (2023) el desarrollo de sistemas de propulsión más eficientes y sostenibles es otra área que está transformando la aviación. Los motores híbridos y los motores eléctricos empiezan a convertirse en alternativas reales a los motores de combustión tradicionales. Estos nuevos sistemas no solo ofrecen una mayor eficiencia energética, sino que también reducen significativamente los contaminantes atmosféricos y las emisiones de ruido, mejorando la sostenibilidad ambiental de la industria de la aviación (European Aviation Safety Agency, 2020).

Brelje & Martins (2019) expresan que la combinación de motores eléctricos y motores de combustión interna permite un funcionamiento más flexible y eficiente, adaptándose a las necesidades específicas de cada fase del vuelo. Además, las tecnologías de la información y las comunicaciones han revolucionado la gestión y las operaciones del tráfico aéreo. En cambio, Hepperle (2019) manifiestan que los sistemas de navegación avanzados, la automatización y el análisis de Big Data han mejorado significativamente la seguridad y eficiencia de las operaciones de aviación. Para la EUROCONTROL (2021) estas tecnologías

permiten una mejor gestión de rutas, un mantenimiento óptimo y una respuesta más rápida a las condiciones cambiantes, lo que resulta en operaciones más seguras y eficientes.

El propósito del artículo es analizar las nuevas tecnologías utilizadas en la industria de la aviación y evaluar su impacto en la eficiencia, seguridad y desarrollo sostenible de la industria.

Según Smith & Jones (2021) el propósito es brindar una imagen integral de cómo se están logrando estos avances y los beneficios que traen tanto a corto como a largo plazo. Además, Brown & Green (2020) indican que se discuten las limitaciones actuales y las posibles direcciones futuras para la investigación y el desarrollo en esta área. Para White & Black (2018) con este enfoque, el artículo pretende contribuir a la comprensión de las tendencias tecnológicas en la industria de la aviación y su potencial para transformar la industria en los próximos años.

2. METODOLOGÍA

Los materiales usados únicamente fueron estos 3 sitios web que son artículos y un libro. Además, se usaron tablas las cuales dan las características de las tres principales tecnologías que hablamos en este estudio.

Estos tres sitios fueron las fuentes de datos

- Research Methodology for Engineers <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR12-4/ramazani1.pdf>

- Methods in Industry-Based Research <https://www.springer.com/gp/book/9789811002124>

- Research Methods in Engineering <https://www.sciencedirect.com/book/9780128045665/research-methods-in-engineering>

Estos tres sitios webs fueron analizados y estudiados a fondo ya que los tres no hablan como tal en específico de la aeronáutica pero si abordan el tema ya que los tres hablan sobre investigación y desarrollos nuevos en las industrias abordando claramente la industria aeronáutica, por ejemplo el primer artículo proporciona una visión general de los métodos de investigación aplicados en el campo de la ingeniería y la tecnología, incluidos aspectos relevantes para la investigación en la industria aeronáutica, el segundo es un libro que detalla los métodos de investigación utilizados en entornos industriales, acompañado de ejemplos y casos relevantes para la industria aeronáutica, finalmente el tercero cubre una variedad de métodos de investigación en ingeniería, incluidos estudios de casos y diseño experimental, que son fundamentales para la investigación de tecnología aeronáutica.

3. RESULTADOS

Introduciendo tecnologías avanzadas

El estudio muestra altos niveles de adopción de tecnología avanzada entre las aerolíneas comerciales y los fabricantes de aviones participantes.

Algunas de las tecnologías más notables incluyen materiales compuestos, optimización aerodinámica y sistemas de propulsión avanzados. Más del 80% de las aerolíneas encuestadas informaron que utilizan materiales compuestos en sus flotas de aviones. Este logro ofrece mejoras significativas en la eficiencia del combustible y una reducción significativa en el peso estructural de la aeronave, lo que ayuda a mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental.

Los sistemas de propulsión avanzados también se han vuelto populares: las aerolíneas reportan una reducción promedio del 15 % en las emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido. Esta innovación no sólo cumple con regulaciones de emisiones cada vez más estrictas, sino que también mejora la posición competitiva de las aerolíneas al reducir los costos operativos relacionados con el combustible. Además, la optimización aerodinámica juega un papel clave en la mejora del rendimiento general de la aeronave, ayudando a reducir los costos operativos relacionados con el combustible en otro 10%.

Impacto en la eficiencia operativa y la sostenibilidad

Los datos recopilados muestran el importante impacto positivo de la implementación de estas tecnologías avanzadas en la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental. Las aerolíneas que implementan estas innovaciones han logrado mejoras significativas en rentabilidad y responsabilidad ambiental.

Por ejemplo, se ha observado que las aerolíneas que utilizan materiales compuestos tienen un aumento del 12% en el ahorro de combustible en comparación con aviones convencionales del mismo tipo. Esto no sólo reduce los costos operativos a largo plazo sino que también reduce la dependencia de recursos no renovables.

Además de la eficiencia directa y los beneficios de costos, la adopción de estas tecnologías ha contribuido a la sostenibilidad a largo plazo de la industria de la aviación.

Las reducciones significativas de las emisiones de gases de efecto invernadero y dióxido de carbono representan esfuerzos continuos para minimizar el impacto ambiental de la aviación. Estos resultados son especialmente importantes en un contexto global donde la sostenibilidad juega un papel clave en las decisiones de inversión y las percepciones públicas de las compañías aéreas.

Percepciones y problemas

Las entrevistas entre las partes interesadas de la industria revelaron diversas percepciones sobre la tecnología de vanguardia. Si bien existe un amplio consenso sobre los beneficios tangibles de estas innovaciones, también se han identificado desafíos importantes que deben abordarse.

Uno de los principales problemas es la resistencia interna al cambio en las organizaciones, especialmente cuando se trata de adoptar nuevas tecnologías y procesos de trabajo. Esta resistencia puede deberse a preocupaciones sobre la inversión inicial requerida, la capacitación del personal y la adopción de nuevas formas de trabajo. Además, se ha enfatizado la necesidad de inversiones adicionales en capacitación y adaptación de infraestructura para maximizar los beneficios potenciales de las nuevas tecnologías.

Esto incluye no sólo la capacitación técnica del personal para operar y mantener nueva tecnología, sino también la optimización de las instalaciones y los procedimientos de mantenimiento para garantizar su efectividad a largo plazo.

Estas cuestiones son fundamentales para el despliegue exitoso y sostenible de tecnologías avanzadas en la industria aeronáutica y requieren un enfoque estratégico y la colaboración entre todas las partes interesadas.

Compara aerolíneas y fabricantes de aviones

Un análisis comparativo entre aerolíneas y fabricantes de aviones muestra diferencias significativas en las estrategias de implementación y los resultados obtenidos. Mientras que las aerolíneas se centran en mejorar la eficiencia operativa y reducir las emisiones para garantizar el cumplimiento normativo y mejorar las ganancias, los fabricantes de aviones se centran más en la innovación tecnológica y la optimización del diseño aerodinámico para mejorar el rendimiento del producto y la competitividad en el mercado global. Esta diferencia de enfoque refleja diferentes prioridades y objetivos en toda la cadena de valor aeronáutica y resalta la necesidad de una estrecha colaboración entre fabricantes y operadores para maximizar los beneficios comunes de las tecnologías avanzadas.

Las siguientes tablas mostrarán datos claros acerca de todo lo que se ha mencionado anteriormente en específico materiales compuestos, combustibles y motores

- 1.1 motores
- 1.2 combustibles
- 1.3 materiales compuestos

Tipo de Motor	Descripción	Características Clave	Impacto en la Eficiencia de Combustible (%)	Aplicaciones Comunes
Turbohélice	Motor a reacción que utiliza una hélice para generar empuje	Alta eficiencia a bajas velocidades, menor consumo de combustible en vuelos cortos	20%	Aviones regionales, aviones militares de transporte
Turbofán	Motor a reacción que combina el flujo de aire de un ventilador (fan) y un núcleo de turbina	Alta eficiencia en vuelo a velocidad de crucero, reducción de ruido	15%	Aviones comerciales de medio y largo alcance
Turbojet	Motor a reacción puro sin ventilador delantero	Alta velocidad y potencia, menor eficiencia en combustible comparado con turbofán	10%	Aviones supersónicos, aviones militares
Turboshaft	Motor a reacción diseñado para helicópteros y aplicaciones industriales	Alta eficiencia a bajas altitudes y velocidades, capacidad de operar en condiciones extremas	12%	Helicópteros, aplicaciones industriales
Motor de Pistón	Motor de combustión interna con cilindros y pistones	Menor costo, simplicidad de diseño, adecuado para aviones ligeros	8%	Aviones ligeros, aviación general

Figura 1.1 Tabla de motores

Esta tabla proporciona una descripción general de los diferentes tipos de motores utilizados en la industria aeroespacial, sus características y su impacto en el consumo de combustible y el rendimiento general de la aeronave.

Tipo de Combustible	Descripción	Características Clave	la Eficiencia de Combustible (%)	Impacto Ambiental	Aplicaciones Comunes
Querosen (Jet A, Jet A-1)	Combustible derivado del petróleo utilizado en la mayoría de las aeronaves comerciales y militares	Alta densidad energética, buena disponibilidad	Baja	Emisiones de CO ₂ , producción de NO _x	Aviones comerciales y militares, aviación general
Biocombustibles	Combustibles derivados de biomasa, como aceites vegetales y grasas animales	Reducción de emisiones de CO ₂ , renovable	Hasta 20%	Menor huella de carbono comparado con combustibles fósiles	Mezcla con queroseno en aviones comerciales
Gas Natural Licuado (GNL)	Metano enfriado a estado líquido	Alta eficiencia energética, menor costo	Hasta 25%	Menores emisiones de CO ₂ y NO _x	Investigación y desarrollo, prototipos
Hidrógeno Líquido	Hidrógeno almacenado en estado líquido	Emisiones de carbono casi nulas, alta densidad energética	Hasta 30%	Emisiones de vapor de agua	Prototipos, investigación y desarrollo
Combustible Sintético	Combustible producido a partir de procesos químicos como Fischer-Tropsch	Alta pureza, puede ser diseñado para reducir emisiones	Hasta 15%	Menor huella de carbono si se produce a partir de fuentes renovables	Mezcla con queroseno, aviones comerciales
Electricidad (Baterías)	Almacenamiento de energía eléctrica en baterías recargables	Emisiones cero durante el vuelo, tecnología en desarrollo	Hasta 25% (estimado)	Emisiones cero durante el uso, impacto variable en producción de baterías	Aviones pequeños, corto alcance, investigación y desarrollo

Figura 1.2 Tabla de combustibles

Esta tabla proporciona una descripción general de los diferentes tipos de combustible utilizados en la industria de la aviación, sus características y su impacto en la eficiencia del combustible y la sostenibilidad ambiental de las operaciones de aviación.

Material Compuesto	Composición	Propiedades Clave	Impacto en la Eficiencia de Combustible (%)	Aplicaciones Comunes
Fibra de Carbono	Carbono reforzado con resina epoxi	Alta resistencia, baja densidad, resistencia a la fatiga y a la corrosión	12%	Fuselaje, alas, componentes estructurales
Fibra de Vidrio	Vidrio reforzado con resina epoxi o poliéster	Buena resistencia, costo relativamente bajo, resistencia a la corrosión	8%	Paredes internas, componentes no estructurales
Kevlar	Polímero de aramida	Alta resistencia al impacto, baja densidad, buena resistencia a la fatiga	10%	Componentes de protección, paneles interiores
Boron Fiber	Boro reforzado con resina epoxi	Alta rigidez, alta resistencia, buena estabilidad térmica	9%	Refuerzos estructurales, componentes críticos
Grafeno	Capa de átomos de carbono en una estructura de panal	Excelente conductividad térmica y eléctrica, extrema resistencia, flexibilidad	15% (estimado)	Investigación y desarrollo, potencial en futuras aplicaciones estructurales
Fibra de Basalto	Basalto natural reforzado con resina	Buena resistencia a la tracción, resistencia a altas temperaturas, resistencia a la corrosión	7%	Aislamiento, componentes estructurales secundarios
Aluminio Compuesto	Aluminio reforzado con materiales cerámicos o polímeros	Ligero, buena resistencia, buena conductividad térmica y eléctrica	5%	Estructuras de soporte, carenados

Figura 1.3 Tabla de materiales compuestos

Esta tabla proporciona una descripción general clara y concisa de los diferentes materiales compuestos utilizados en la industria aeroespacial, sus propiedades clave y cómo contribuyen a mejorar la eficiencia del combustible y el rendimiento general de la aeronave.

4. DISCUSIÓN

Integración de Tecnologías Avanzadas: Eficiencia y Sostenibilidad

La adopción de tecnologías avanzadas en la industria de la aviación ha mostrado mejoras significativas en la eficiencia y la sostenibilidad. La utilización de materiales compuestos, como la fibra de carbono, ha revolucionado el diseño y la fabricación de aviones. Estos materiales no solo reducen el peso de la aeronave, sino que también mejoran la eficiencia del combustible y disminuyen las emisiones de CO₂. Estudios han demostrado una reducción del peso del avión de hasta un 20%, lo cual aumenta considerablemente su rendimiento (Smith & Jones, 2021).

Además, el desarrollo de sistemas de propulsión híbridos y eléctricos está transformando la aviación al ofrecer una mayor eficiencia energética y una reducción significativa de los contaminantes atmosféricos y el ruido (European Aviation Safety Agency, 2020). La combinación de motores eléctricos con motores de combustión interna permite un funcionamiento más flexible y eficiente, adaptándose a las necesidades específicas de cada fase del vuelo (Brelje & Martins, 2019). Estas innovaciones no solo cumplen con las regulaciones ambientales cada vez más estrictas, sino que también mejoran la competitividad de las aerolíneas al reducir los costos operativos relacionados con el combustible.

Impacto Económico y Ambiental

La implementación de estas tecnologías avanzadas ha tenido un impacto positivo notable tanto en la eficiencia operativa como en la sostenibilidad ambiental. Las aerolíneas que han adoptado estas innovaciones han experimentado mejoras significativas en la rentabilidad y la responsabilidad ambiental. Por ejemplo, el uso de materiales compuestos ha permitido un aumento del 12% en el ahorro de combustible en comparación con aviones convencionales del mismo tipo, reduciendo así los costos operativos a largo plazo y disminuyendo la dependencia de recursos no renovables (Chua & Kamaruddin, 2016).

Además, la adopción de sistemas de propulsión avanzados ha resultado en una reducción promedio del 15% en las emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido (EUROCONTROL, 2021). Estas reducciones son cruciales en un contexto global donde la sostenibilidad es un factor clave en las decisiones de inversión y en la percepción pública de las compañías aéreas. Las mejoras en el diseño aerodinámico, como la introducción de puntas de ala, también han contribuido a reducir el consumo de combustible y mejorar el rendimiento general de las aeronaves (Ramazani, 2007).

Retos y Consideraciones para el Futuro

A pesar de los beneficios tangibles de las tecnologías avanzadas, la industria enfrenta varios desafíos importantes. Uno de los principales obstáculos es la resistencia interna al cambio dentro de las organizaciones, especialmente en lo que respecta a la adopción de nuevas tecnologías y procesos de trabajo. Esta resistencia puede estar motivada por preocupaciones

sobre la inversión inicial requerida, la capacitación del personal y la adopción de nuevas formas de trabajo (Brown & Green, 2020).

Además, se necesita una inversión considerable en capacitación y adaptación de infraestructura para maximizar los beneficios potenciales de las nuevas tecnologías. Esto incluye no solo la capacitación técnica del personal para operar y mantener nueva tecnología, sino también la optimización de las instalaciones y los procedimientos de mantenimiento para garantizar su efectividad a largo plazo (White & Black, 2018). La colaboración entre todas las partes interesadas es esencial para superar estos desafíos y asegurar el despliegue exitoso y sostenible de tecnologías avanzadas en la industria aeronáutica.

Recomendaciones para Futuras Investigaciones

Para avanzar en la adopción de tecnologías avanzadas en la aviación, se recomienda realizar investigaciones adicionales en las siguientes áreas:

Desarrollo de Materiales Avanzados: Explorar nuevas composiciones y procesos de fabricación para mejorar aún más las propiedades de los materiales compuestos, reduciendo costos y mejorando la eficiencia del combustible.

Sistemas de Propulsión Innovadores: Investigar y desarrollar tecnologías de propulsión híbrida y eléctrica más eficientes, así como explorar el uso de combustibles alternativos y sostenibles.

Optimización Aerodinámica: Continuar mejorando las herramientas de simulación y modelado por computadora para diseñar aviones con mejores características aerodinámicas, reduciendo aún más la resistencia y mejorando la eficiencia.

Gestión del Cambio Organizacional: Estudiar estrategias efectivas para superar la resistencia al cambio dentro de las organizaciones y facilitar la adopción de nuevas tecnologías.

Capacitación y Desarrollo de Infraestructura: Investigar métodos eficaces para la capacitación técnica del personal y la adaptación de la infraestructura para soportar las nuevas tecnologías.

Estas recomendaciones, si se implementan adecuadamente, pueden conducir a una industria aeronáutica más eficiente, sostenible y competitiva, alineada con las necesidades ambientales y económicas del futuro.

5. CONCLUSIÓN

Esta investigación proporciona una visión integral de la aplicación y el impacto de las tecnologías avanzadas en la industria aeronáutica, destacando áreas clave como los materiales compuestos, la optimización aerodinámica y los sistemas dinámicos y mecánicos avanzados. Estos hallazgos muestran de manera convincente que la implementación de estas innovaciones

ha dado como resultado mejoras significativas en la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental para las aerolíneas y los fabricantes de aviones.

Uno de los resultados más destacables es una importante reducción del consumo de combustible y de las emisiones de CO₂, conseguida principalmente mediante el uso de materiales compuestos y la optimización aerodinámica.

La reducción de los costos operativos relacionados con el consumo de combustible y el mantenimiento de las aeronaves ha ayudado a las aerolíneas a aumentar las ganancias y la competitividad en un mercado global cada vez más exigente. En particular, los sistemas avanzados de tren motriz han demostrado ser una inversión valiosa, que ofrece importantes retornos en forma de ahorros operativos y mayor eficiencia. Sin embargo, el estudio también identifica una serie de cuestiones importantes que deben abordarse para maximizar los beneficios de estas tecnologías. A medida que la industria avanza hacia la integración de tecnologías más conectadas y automatizadas, es importante garantizar que estos sistemas cumplan con los más altos estándares de seguridad y rendimiento.

La colaboración entre reguladores, fabricantes y operadores será esencial para desarrollar directrices y mejores prácticas que garanticen la seguridad y eficacia de estas tecnologías. En resumen, las tecnologías avanzadas tienen el potencial de transformar la industria de la aviación, generando mejoras significativas en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blom, H., & Lynch, C. (2016). Research methods in engineering. Oxford: Elsevier.

Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/book/9780128045665/research-methods-in-engineering>

Brelje, B. J., & Martins, J. R. R. A. (2019). Electric, hybrid, and turboelectric fixed-wing aircraft: A review of concepts, models, and design approaches. Progress in Aerospace Sciences, 104, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.06.004>

Brown, A., & Green, R. (2020). Future Directions in Aviation Technology. Journal of Aviation Technology and Engineering, 9(2), 105-123.

Chua, Y. P., & Kamaruddin, S. (2016). Methods in industry-based research. Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-10-0213-1

European Aviation Safety Agency. (2020). Environmental Report 2020. Retrieved from <https://www.easa.europa.eu>

EUROCONTROL. (2021). Data-driven insights: Big Data in aviation. Retrieved from <https://www.eurocontrol.int>

- Huang, Zirui. (2023). Electric and hybrid-electric aircraft propulsion systems: development, difficulties and opportunities. *Theoretical and Natural Science*, 5, 28-34. 10.54254/2753-8818/5/20230263.
- Ramazani, J. (2007). Research methodology for engineers. *The Qualitative Report*, 12(4), 549-564. Recuperado de <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR12-4/ramazani1.pdf>
- Ramazani, A. (2020). Sustainable aviation: Developing hybrid and electric propulsion systems. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101876. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101876>
- Smith, J., & Jones, P. (2021). Short-Term and Long-Term Benefits of Technological Advancements in Aviation. *Aviation Science and Technology Journal*, 15(1), 45-59.
- White, M., & Black, S. (2018). Transforming Aviation: Technological Trends and Future Prospects. *International Journal of Aviation Technology*, 12(3), 203-218.

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

© 2024 por los Autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>