



RUTA DE APRENDIZAJE PARA EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROYECTOS DE INGENIERÍA AERONÁUTICA

LEARNING ROUTE FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AERONAUTICAL ENGINEERING PROJECTS

Iván Felipe Rodríguez Barón¹

Fundación Universitaria los Libertadores, FULL

Cristian Lozano Tafur²

Escuela de Aviación del Ejército, ESAVE

Danny Stevens Traslaviña Navarrete³

Fundación Universitaria los Libertadores, FULL

Alec Mauricio Rosales Cabezas³

Fundación Universitaria los Libertadores, FULL

RESUMEN

Durante la última década, la inteligencia artificial (IA) ha adquirido un rol significativo en la investigación, especialmente en el contexto de proyectos de ingeniería. La IA se ha demostrado altamente relevante en diversas áreas de investigación, permitiendo una optimización del trabajo de recursos financieros. Adicionalmente, se utilizan algoritmos y técnicas avanzadas para optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones, automatizar tareas repetitivas y resolver problemas complejos en diversas disciplinas de la ingeniería. De esta forma, la formación en el uso de inteligencia artificial es crucial para los estudiantes de ingeniería, ya que les proporciona habilidades esenciales para enfrentar los desafíos actuales y futuros en la industria, promoviendo la eficiencia, la innovación y la competitividad. Por medio de la taxonomía de Bloom y su uso en la era digital, se abordan siete enfoques diferentes para fortalecer el conocimiento y habilidades en diversas áreas de la informática, como el procesamiento de datos y el aprendizaje automático, entre ellos la transformación de matrices utilizando bibliotecas como Pandas y NumPy, la introducción al procesamiento de imágenes con herramientas como Scikit-Image, el análisis y procesamiento de datos, algoritmos de Computer Vision y Machine Learning, y la construcción de modelos de lenguaje utilizando tecnologías como OpenAI y otros modelos de lenguaje reconocidos. De esta forma, esta investigación tiene como objetivo brindar una guía estructurada para la formación efectiva de estudiantes de ingeniería en el uso de inteligencia artificial (IA).

PALABRAS CLAVE: era digital; inteligencia artificial; proyectos de ingeniería; taxonomía de bloom.

¹ Iván Felipe Rodríguez Barón, Profesor del Programa de Ingeniería Aeronáutica - Fundación Universitaria los Libertadores, FULL, Colombia - ifrodriguez@libertadores.edu.co

² Cristian Lozano Tafur, Profesor del Programa de Ingeniería Aeronáutica - Escuela de Aviación del Ejército, ESAVE, Colombia - cristianlozanotafur@cedoc.edu.co

³ Danny Stevens Traslaviña Navarrete, Estudiante del Programa de Ingeniería Aeronáutica - Fundación Universitaria los Libertadores, FULL, Colombia - dstraslavinan@libertadores.edu.co

⁴ Alec Mauricio Rosales Cabezas, Estudiante del Programa de Ingeniería Aeronáutica - Fundación Universitaria los Libertadores, FULL, Colombia - amrosales@libertadores.edu.co

ABSTRACT

Over the last decade, artificial intelligence (AI) has taken on a significant role in research, especially in the context of engineering projects. AI has proven highly relevant in various research areas, enabling optimization of financial resources. Additionally, advanced algorithms and techniques are used to optimize processes, improve decision-making, automate repetitive tasks, and solve complex problems in various engineering disciplines. Thus, training in the use of artificial intelligence is crucial for engineering students, as it provides them with essential skills to face current and future challenges in the industry, promoting efficiency, innovation, and competitiveness. Using Bloom's taxonomy and its use in the digital age, seven different approaches are addressed to strengthen knowledge and skills in various areas of computer science, such as data processing and machine learning. These include matrix transformations using libraries such as Pandas and NumPy, introduction to image processing with tools such as Scikit-Image, data analysis and processing, computer vision and machine learning algorithms, and the construction of language models using technologies such as OpenAI and other recognized language models. In this way, this research aims to provide a structured guide for the effective training of engineering students in the use of artificial intelligence (AI).

KEYWORDS: artificial intelligence; bloom's taxonomy; digital era; engineering projects.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Mendoza et. al (2022) durante la última década, la inteligencia artificial (IA) ha adquirido un rol significativo en la investigación, especialmente en el contexto de proyectos de ingeniería. La IA se ha demostrado altamente relevante en diversas áreas de investigación, permitiendo una optimización del trabajo de recursos financieros.

Adicionalmente, por medio del uso de algoritmos y técnicas avanzadas para optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones, automatizar tareas repetitivas y resolver problemas complejos en diferentes disciplinas de la ingeniería. De esta forma, la formación en el uso de inteligencia artificial es crucial para los estudiantes de ingeniería, ya que les proporciona habilidades esenciales para enfrentar los desafíos actuales y futuros en la industria, promoviendo la eficiencia, la innovación y la competitividad.

Por medio de la taxonomía de Bloom (Krathwohl, 2002) y su uso en la era digital (Churches, 2009), se abordan siete enfoques diferentes para fortalecer el conocimiento y habilidades en diversas áreas de la informática con un enfoque especial en el procesamiento de datos y el aprendizaje automático.

Estos abordajes han abarcado desde la transformación de matrices utilizando bibliotecas como Pandas y Numpy, hasta la introducción al procesamiento de imágenes con Scikit-Image. También se ha explorado el análisis y procesamiento de datos, algoritmos de Computer Vision y Machine Learning y la construcción de modelos de lenguaje utilizando tecnologías como OpenAI y otros modelos de lenguaje reconocidos.

Se proponen actividades interactivas y ejercicios prácticos para aplicar estos conceptos en la práctica, brindando a los participantes una comprensión sólida de estos temas y su aplicación en diferentes contextos.

El objetivo de esta investigación es proponer una ruta de aprendizaje para el uso de IA por estudiantes de ingeniería, esto implica una contribución a aspectos como la organización y estructuración del conocimiento, fomentar el aprendizaje basado en problemas, integrar los conocimientos con herramientas digitales teniendo en cuenta la adaptabilidad de su aplicación.

Adicionalmente, se pretende fortalecer el pensamiento crítico y la innovación para preparar a los interesados en herramientas actuales que permitan afrontar el ejercicio profesional.

2. MÉTODO

Inicialmente, esta investigación se desarrolla bajo la metodología de investigación descriptiva, la cual consiste en realizar una descripción de forma clara variables como las características de un área de estudio en concreto. En este caso se realiza el abordaje de conceptos relacionados con el uso de la inteligencia artificial y la relación con el uso de la taxonomía de Bloom y la taxonomía SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) para plantear el contenido curricular y las herramientas educativas necesarias para la ruta de aprendizaje, la cual se debe abordar inicialmente desde los objetivos y resultados de aprendizaje esperados para que el estudiante logre las competencias, habilidades y conocimiento necesarios y la implementación de IA en el ámbito de la ingeniería y preparar a los estudiantes para enfrentar los diferentes desafíos que se presentan en su ejercicio profesional. Adicionalmente, se hace necesario el uso de fundamentos de metodologías de investigación para recolección de datos.

Esta investigación es desarrollada con base en cuatro fases:

- Declaración de fundamentación teórica.

- Definición de Objetivos y resultados de aprendizaje.
- Definición de contenido y actividades.
- Análisis del modelo de evaluación.
- Planteamiento de ruta de aprendizaje.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

De acuerdo con Petroski (Petroski, 1992) “la ingeniería es humana” las fallas hacen parte del diseño exitoso, esto quiere decir que la ingeniería parte de una necesidad y su éxito está en la capacidad de dar solución a esta, siempre en pro de la humanidad como lo menciona Blázquez et al. (2009) (Ver Figura 1).

Figura 1. La ingeniería es humana



Fuente: (Blázquez, 2019)

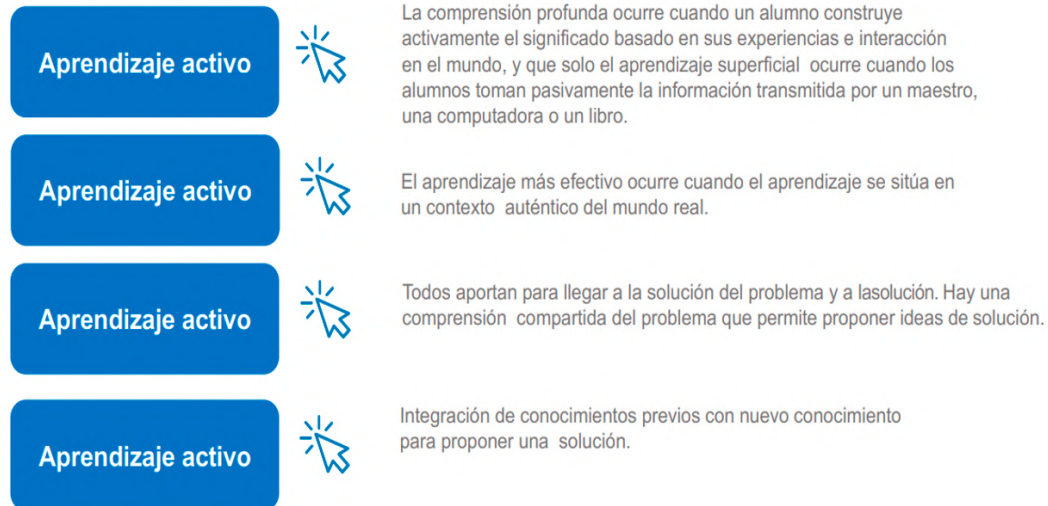
En concordancia con la UNESCO (Unesco, 2021), los profesionales de la ingeniería juegan un papel vital en el abordaje de las necesidades humanas básicas, el alivio de la pobreza, la promoción del desarrollo seguro y sostenible, la respuesta a situaciones de emergencias, la reconstrucción de infraestructura, la reducción de las brechas de conocimientos y la promoción de la colaboración intercultural, conectando las necesidades sociales con las innovaciones tecnológicas y las aplicaciones comerciales apropiadas. Así, la ingeniería es un factor importante para el desarrollo socioeconómico sostenible, donde sea que ocurra un problema, existe la necesidad de soluciones de ingeniería.

De esta forma, el programa de Ingeniería Aeronáutica se desarrolla con base en las teorías de aprendizaje y experiencias pedagógicas sobre la implementación del aprendizaje basado en problemas (ABP), en donde la comprensión fundamental de los contenidos se expresa en la capacidad de diseñar planes de estudio que respondan a la comprensión permanente del entorno, teniendo en cuenta los principios fundamentales del ABP como muestra la Figura 2.

Figura 2. Principios que fundamentan el ABP



Principios que fundamentan el ABP

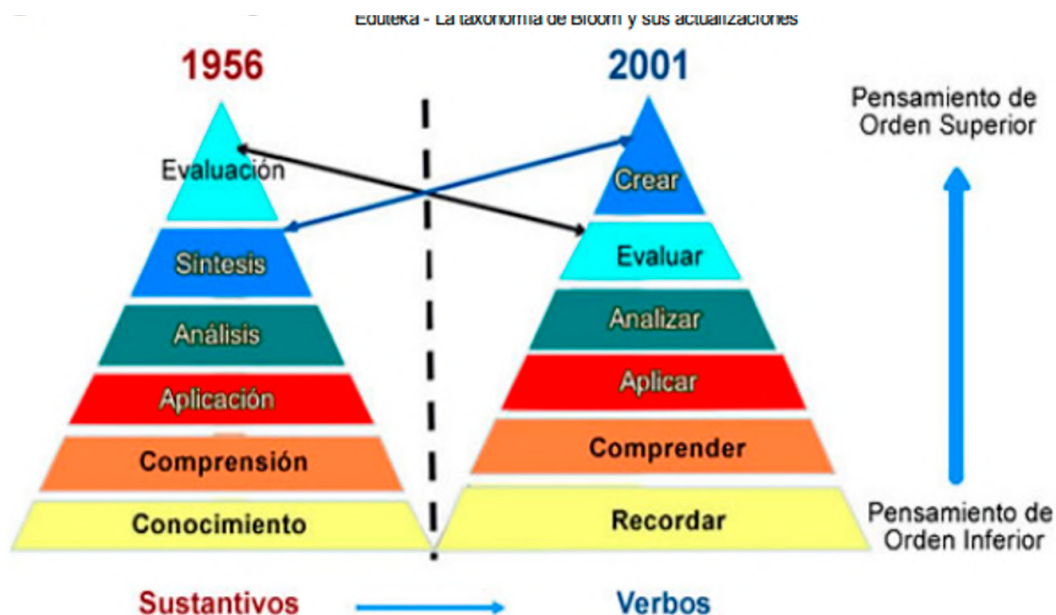


Fuente: (Blázquez, 2019)

En el caso particular de la Ingeniería Aeronáutica, el ingeniero debe poseer el conocimiento básico que le permita entender, modelar y afectar el mundo a través de ciencia, su formación no debe concebirse solo como uso instrumental sino más bien como una forma de entender el mundo que lo rodea con el objeto de poder comprender la realidad y concebir en mejor forma el camino hacia las soluciones de los problemas.

Por otra parte, para abordar los objetivos de aprendizaje globales y educaciones al igual que los resultados de aprendizaje es necesario tener en cuenta la taxonomía de Bloom y los niveles cognitivos del conocimiento como muestra la Figura 3.

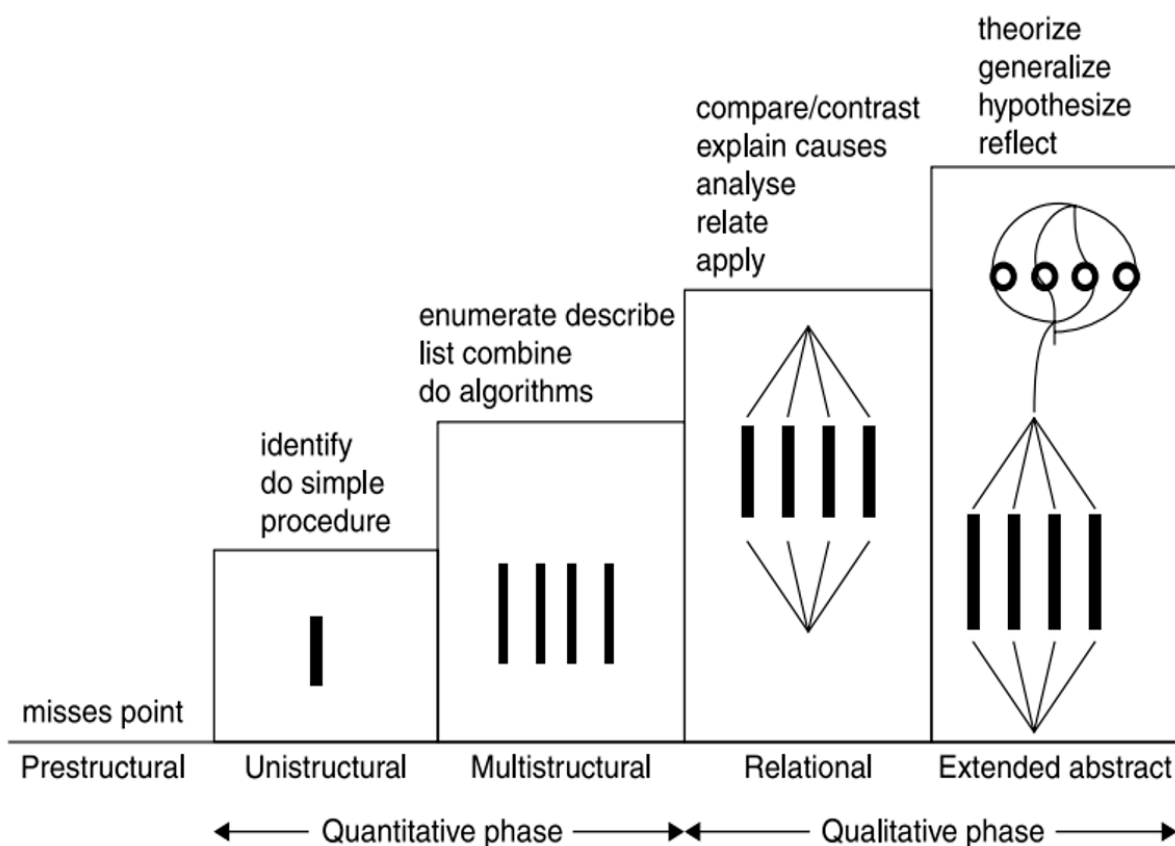
Figura 3. Taxonomía de Bloom



Fuente: (Krathwohl, 2002)

De la misma forma, es necesario abordar la taxonomía SOLO para los objetivos instruccionales y sus resultados de aprendizaje teniendo en cuenta que se puede partir desde el desconocimiento total del área de estudio, pasando por el reconocimiento de ideas principales hasta la integración de muchas de ellas como muestra la Figura 4.

Figura 4. Taxonomía SOLO



Fuente: (Biggs & Tang, 2011)

4. OBJETIVOS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Para la puesta en práctica de la taxonomía de Bloom, se incluyen los objetivos educativos, estos se basan en el trabajo de Tyler (Tyler, 1949), “la forma más útil de enunciar los objetivos es expresarlos en términos que identifiquen tanto el tipo de conducta a desarrollar en el estudiante como el contenido”. Por lo tanto, el objetivo deberá contener verbos que describan el proceso cognitivo previsto y el sustantivo que describa el conocimiento que se espera que los estudiantes adquieran o construyan. Además, se considera la especificidad de los objetivos propuestos por Krathwohl y Payne (1971), categorizados por niveles (Tabla 1).

Tabla 1. Relación de los objetivos de aprendizaje

	NIVEL DEL OBJETIVO		
	GLOBAL	EDUCACIONAL	INSTRUCCIONAL
Alcance	Amplio	Moderado	Estrecho
Tiempo de aprendizaje	Uno o más años	Semanas o meses	Horas o días
Propósito o función	Proporcionar visión	Diseñar currículo	Preparar planes de lecciones
Ejemplo de uso	Planificar un plan de estudios de varios años	Planificar unidades de instrucciones	Planificar actividades, experiencias y ejercicios diarios

Fuente: (Marzano & Kendall, 2008)

En este caso los objetivos globales son parte del desarrollo de diversas capacidades, habilidades y conocimientos adquiridos durante el desarrollo del programa profesional, de esta forma, se proponen objetivos educativos e instruccionales sintetizados.

4.1. OBJETIVO Y RESULTADO DE APRENDIZAJE

Objetivo: El estudiante debe ser capaz de aplicar algoritmos de uso con inteligencia artificial para el desarrollo de proyectos de ingeniería aeronáutica, teniendo en cuenta los reglamentos de la autoridad aeronáutica correspondiente.

Resultado: El estudiante crea algoritmos con base en la inteligencia artificial para la planeación y desarrollo de proyectos de ingeniería aeronáutica teniendo en cuenta los procesos de verificación y validación de un sistema.

5. CONTENIDO Y ACTIVIDADES

Para el cumplimiento de los objetivos y resultados planteados se proponen siete abordajes para ser realizados durante el desarrollo del curso.

PRIMER ABORDAJE:

Una matriz es un conjunto bidimensional de números o símbolos organizados de forma rectangular en filas y columnas. Se representan mediante letras mayúsculas y se agrupan entre paréntesis o corchetes, utilizando letras minúsculas con un doble superíndice para indicar la posición de cada elemento en la matriz, donde el primer superíndice se refiere a la fila y el segundo a la columna. Las matrices se utilizan para describir sistemas de ecuaciones lineales o diferenciales y para representar aplicaciones lineales, pueden ser sumadas, multiplicadas y descompuestas; son muy utilizadas por su eficacia en la manipulación de datos, ya que son útiles para representaciones gráficas, siendo aplicadas mayormente en el procesamiento de imágenes (Al-jabery et al., 2020).

Para el primer abordaje, con dichas matrices se realizó una interacción básica por medio de las librerías Pandas y NumPy a través de actividades interactivas con otros miembros del semillero y el guía, se realizaron diferentes códigos para fortalecer el conocimiento en la transformación de matrices.

Pandas es una biblioteca de código abierto en Python, está destinada a la manipulación y análisis de datos, se utiliza para cargar, alinear y manipular grandes cantidades de datos de manera eficiente. Está basada en DataFrames, los cuales son tablas bidimensionales que almacenan datos en un formato tabular que permite a los usuarios trabajar con conjuntos de datos estructurados, realizar limpieza de datos, operaciones de agrupación y transformación (Data Science, 2022). A su vez, NumPy es una biblioteca de Python que se usa en programación científica y Data Science es capaz de realizar cálculos complejos con una gran eficiencia en operaciones matemáticas y estadísticas. Esta librería ofrece un mayor rendimiento y menor consumo de memoria que las listas estándar de Python, además, es de código abierto, gratuita y tiene una integración sencilla con Python (McClarren, 2018).

SEGUNDO ABORDAJE:

En el segundo abordaje se hizo una introducción al procesamiento de imágenes, es decir, el uso de algoritmos

para transformar, mejorar, analizar y comunicar imágenes en un formato digital. Este proceso inicia con la conversión de señales en imágenes, la mejora de su calidad mediante la eliminación de elementos no deseados, la extracción de información de escenas visuales y la preparación para visualización o impresión (MathWorks, s.f). Esto se realizó en Python utilizando la librería Scikit-Image, una librería versátil y reutilizable destacada en el Machine Learning, ya que proporciona una amplia gama de algoritmos tanto supervisados como no supervisados, también integra otras librerías como NumPy para manipulación de matrices, Pandas para análisis de datos, SciPy para computación científica, Matplotlib para visualización de datos, IPython para una consola interactiva mejorada y SymPy para matemática simbólica, esto para facilitar su implementación (Chellappa & Rosenfeld, 2001).

Se empezó con las bases de qué es una imagen, sus propiedades y visualización, se cambiaron colores y dimensiones. Luego se procedió a hacer ejercicios de ejemplo con la subida de imágenes de fuentes externas y su manipulación en diferentes formatos, modificando su escala, color, coordenadas, intensidad, entre otras.

TERCER ABORDAJE:

Se realizó una introducción al análisis de datos, un proceso de examinación e interpretación de conjuntos de información para obtener conclusiones que orienten la toma de decisiones en diversos ámbitos, para esto se realizan operaciones estadísticas y técnicas de manipulación de datos y se utilizan herramientas como métricas numéricas, análisis de regresión y representaciones visuales como histogramas o gráficos, abordando tanto datos numéricos (cuantitativos) como información textual (cualitativa) (Shobha & Rangaswamy, 2018).

Por medio de diferentes actividades interactivas se estudió el uso de diferentes librerías hacia un contexto de clasificación y procesamiento de datos, librerías como numpy, pandas, os, entre otros, donde se comprendió el uso de herramientas de clarificación de datos, como matrices de correlación, la cual es una representación tabular que contiene los coeficientes de correlación entre diferentes variables, también nos muestra cómo se relacionan todas las combinaciones posibles en el conjunto de datos. Esta matriz, con valores que oscilan entre -1 y +1, muestra la fuerza y dirección de las asociaciones entre las variables y se emplea para resumir datos extensos e identificar patrones, siendo fundamental en el análisis como la regresión lineal múltiple (Al-jabery et al., 2020b), también se estudiaron los pasos básicos para alistar un dataset o conjunto de datos y hacer su debido procesamiento.

CUARTO ABORDAJE:

Se continuó con el desarrollo de algoritmos de Computer Vision, un conjunto de tecnologías que permiten capturar, interpretar y procesar información visual mediante algoritmos y sistemas informáticos.

Este campo de la Inteligencia Artificial enseña a los ordenadores a comprender el contenido de imágenes digitales, utilizando técnicas de aprendizaje automático y aprendizaje profundo y abarca desde la obtención de imágenes hasta la identificación de objetos (Kurfess, 2001). Se realizó manipulación de imágenes, agregando histogramas y técnicas básicas de filtrado.

Se inició con creación de imágenes mediante matrices, cambiando sus dimensiones y color, se realizó el mismo ejercicio, pero ya con imágenes de fuentes externas y se continuó con la creación de imágenes a partir de imágenes dadas, mediante el uso de histogramas se detectaron las características de las imágenes y las modificaciones realizadas.

QUINTO ABORDAJE:

El Machine Learning es una de las ramas que compone la Inteligencia Artificial (IA) y la informática, cuyo enfoque es el imitar la forma en que los humanos aprenden, esto se efectúa por medio de algoritmos, los cuales les permiten a las máquinas identificar patrones de datos masivos para hacer predicciones, lo que le permite desarrollar diferentes tareas sin la necesidad de ser programado para esa labor en específico. Además de brindarle aprendizaje a la máquina, también la provee de autonomía y eficiencia (El Boucheffry & de Souza, 2020). Este tipo de tecnología ya puede ser vista en diferentes aspectos de la vida cotidiana, como en las plataformas de stream, cuyos algoritmos utilizan nuestras interacciones en las diferentes plataformas para predecir cosas como las películas, videos y canciones que pueden gustarnos. Aplicaciones como Siri y Alexa en su sistema tienen algoritmos de Machine Learning (Shobha & Rangaswamy, 2018), de tal forma que a medida que interactúan con las personas, van aprendiendo de estas interacciones para brindar mejores respuestas al usuario.

Los algoritmos del Machine Learning se dividen en tres categorías (Shobha & Rangaswamy, 2018):

1. **Aprendizaje Supervisado.** Para este tipo de aprendizaje se usan datos que se encuentren marcados o etiquetados; por tanto, el dato que entra está etiquetado con su respuesta, de esta forma el algoritmo aprenderá a identificar esas etiquetas y a partir de ahí podrá clasificar o predecir los otros datos; a medida que el algoritmo es alimentado por los diferentes datos de aprendizaje, este se va ajustando de forma autónoma hasta que alcanza la mayor eficiencia posible (El Boucheffry & de Souza, 2020).
2. **Aprendizaje No supervisado.** En este tipo de aprendizaje no hay intervención humana, aquí los datos son llevados al algoritmo sin ningún tipo de etiqueta, por tanto, el algoritmo debe estudiar e identificar de manera autónoma los patrones de los datos, sin tener una guía explícita, por ejemplo, en el reconocimiento facial, el algoritmo debe identificar los parámetros para determinar si es una misma cara o es otra diferente. (Shobha & Rangaswamy, 2018).
3. **Aprendizaje Reforzado.** Por medio de este tipo de aprendizaje se busca que la máquina aprenda el comportamiento más óptimo en un ambiente a partir de su interacción con este ambiente, donde por medio de estas interacciones debe ser capaz de descubrir y mejorar una secuencia de acciones para desarrollar de manera efectiva una acción (El Boucheffry & de Souza, 2020).
4. Para el quinto abordaje se hizo un acercamiento al concepto de Machine Learning y sus diferentes tipos de algoritmos, en el cual se estudiaron las facilidades de implementación, así como las diferentes aplicaciones

que se le pueden dar. En este caso se centró en el aprendizaje supervisado, se estudiaron los diferentes algoritmos que hacen parte de este así como los usos, ventajas y desventajas de cada uno de ellos; a partir de allí se profundizó en la estructura y se realizaron diferentes ejercicios de entrenamiento para observar la precisión de cada uno de estos.

SEXTO ABORDAJE:

Posterior a entender cómo funcionan los algoritmos de aprendizaje, se estudiaron los conceptos básicos sobre redes neuronales y qué lo componen, a partir de lo cual se creó una red neuronal en conjunto, donde se variaron diferentes partes de sus parámetros para observar y determinar cómo se ve afectado el modelo final a partir de lo modificado.

Las redes neuronales o ANNs (Artificial Neural Networks), son un subconjunto del machine learning en el cual su estructura se encuentra inspirada en el cerebro humano.

Las redes neuronales están conformadas por tres capas principales: la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida, cada una de estas capas representa un conjunto de nodos que se encuentran enlazados entre ellos, estos enlaces permiten a los nodos el envío de información entre ellos (Shobha & Rangaswamy, n.d.).

Los nodos son los encargados de procesar la información, cada uno de estos nodos tiene un valor numérico el cual se le conoce como *peso*, este peso le permite al nodo reaccionar a los datos de entrada, a medida que pasan datos por la red neuronal, los pesos se van ajustando de forma automática.

Los nodos tienen tres funciones fundamentales:

1. **Recepción de datos:** aquí los nodos reciben los datos o información de entrada de otras neuronas o los primeros datos para procesar. Estos datos de entrada pueden ser valores numéricos, características extraídas de los datos o salidas de otras neuronas.
2. **Procesamiento:** Una vez que el nodo ha recibido los datos de entrada, realiza un cálculo utilizando una función de activación y los pesos asociados a esas entradas. El cálculo se utiliza para combinar las entradas ponderadas y generar una salida.
3. **Transmisión de salida:** Después de ejecutar el cálculo, el nodo genera datos de salida que son enviados a otras neuronas como datos de entrada, o si es el caso, a la salida final de la red neuronal (Shobha & Rangaswamy, n.d.).

Entre lo que se hizo en este abordaje, fue la variación de capas ocultas, añadir o quitar, mover los pesos, cambiar las funciones de activación, entre otros. De esta forma se obtuvieron diferentes gráficas sobre la efectividad de la red, con lo cual la idea era identificar la mejor configuración dependiendo los datos de entrada.

SÉPTIMO ABORDAJE:

En el último abordaje se inició el entrenamiento de un modelo de lenguaje largo o LLM (Large Language Model), para esto se estudió de forma autónoma diferentes modelos de lenguaje como Llama2, OpenAI, Alpaca y Phantom.

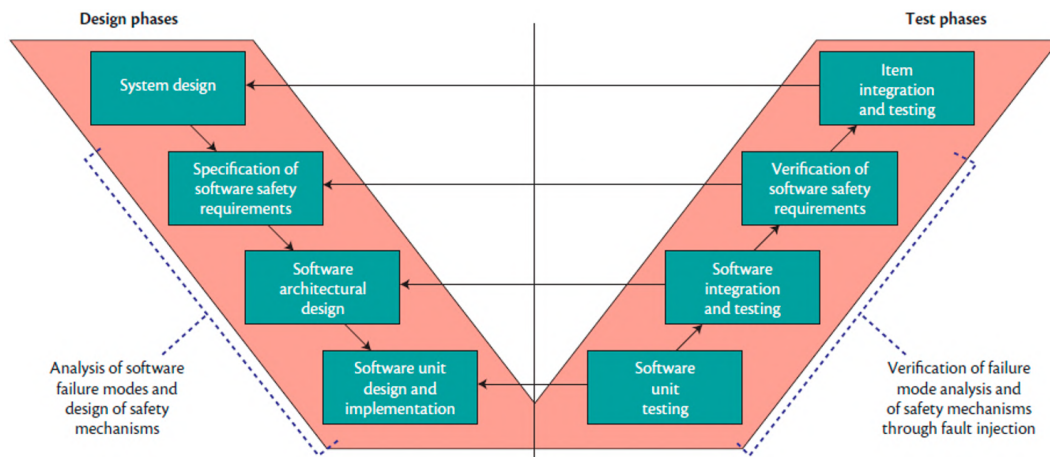
Aquí se aprendió cómo fue su creación, empresas relacionadas y recursos utilizados, cantidad de parámetros utilizados y comparación frente a los modelos existentes.

Para entender cómo se entrena y el tipo de datos que deben ser obtenidos para el entrenamiento de estos modelos, se tomó un curso de “ChatGPT Prompt Engineering for Developers” de deeplearning.ai para aprender lo básico en cuanto el manejo de OpenAI en cuanto a generación de datasets, posteriormente a esto se crearon los códigos para etiquetado y generación de datos. Los LLM, son modelos de propósito general los cuales son desarrollados en el campo del procesamiento del lenguaje natural, en su mayoría están compuestos por modelos de tipo Transformers, los cuales son, básicamente, una red neuronal la cual aprende del contexto y del significado por la forma en que se relacionan las palabras en datos secuenciales. Estas redes neuronales son entrenadas por medio de grandes cantidades de datos sin etiquetar, con un aprendizaje semisupervisado (Liu et al., 2023).

6. MODELOS DE EVALUACIÓN

Teniendo en cuenta el modelo tradicional del ABP, existen diversas técnicas de evaluación como presentaciones orales, exámenes evaluaciones, autoevaluaciones y heteroevaluaciones (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2015). Sin embargo, teniendo en cuenta el tipo de área de desarrollo dentro de habilidades digitales, se propone abordar técnicas de pruebas de software, en este caso análisis de inducción de fallas el cual se presenta como un diagrama en “V” abordando desde el diseño hasta la verificación y validación de su funcionamiento como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Metodología de inyección de fallas

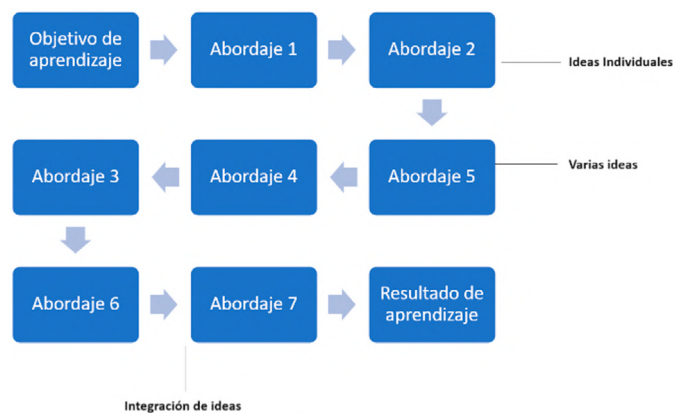


Fuente: (Cotroneo & Natella, 2013)

7. RESULTADOS

Teniendo en cuenta el desarrollo de la investigación se propone una ruta de aprendizaje en la aplicación de inteligencia artificial en proyectos de ingeniería aeronáutica como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Metodología de inyección de fallas



Fuente: Completamente generada por el autor, 2023

Partiendo de los objetivos de aprendizaje planteados, en esta ruta de aprendizaje se pretende relacionar las ideas o temas de interés que se obtienen de forma individual como los primeros abordajes y posteriormente el conocimiento de diversas ideas y la asociación entre ellas en los abordajes intermedios, finalmente las ideas deben ser integradas para generar el funcionamiento sistémico de una solución propuesta como se muestra en los abordajes finales.

8. CONCLUSIÓN

Es necesario tener en cuenta los conocimientos previos sobre el área de ingeniería aeronáutica para poder entender el problema o necesidad declarada, es necesario también tener una visión sistémica de la selección y desarrollo de la solución, posteriormente la ruta de aprendizaje en esta área del conocimiento debe tener en cuenta las herramientas digitales que permiten alcanzar habilidades y competencias además del conocimiento. De esta forma, es necesario madurar el abordaje de los objetivos y resultados de aprendizaje en la era digital para llevarlas más allá de las herramientas informáticas y ofimáticas.

Por otra parte, el modelo de evaluación debe ser considerado además de los modelos convencionales, modelos de análisis de verificación y validación de sistemas teniendo en cuenta el desarrollo de proyectos con una visión sistémica.



REFERENCIAS

- Al-jabery, K. K., Obafemi-Ajayi, T., Olbricht, G. R., & Wunsch II, D. C. (2020). Data analysis and machine learning tools in MATLAB and Python. In *Computational Learning Approaches to Data Analytics in Biomedical Applications* (pp. 231–290). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814482-4.00009-7>
- Al-jabery, K. K., Obafemi-Ajayi, T., Olbricht, G. R., & Wunsch II, D. C. (2020). Data preprocessing. In *Computational Learning Approaches to Data Analytics in Biomedical Applications* (pp. 7–27). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814482-4.00002-4>
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University Fourth Edition The Society for Research into Higher Education* (4th ed.). www.openup.co.uk
- Blázquez, L. (2019). *la-ingenieria-es-humana. Voces y Miradas*. <https://personal.ua.es/es/lbanon/documentos/prensa/la-ingenieria-es-humana.pdf>
- Chellappa, R., & Rosenfeld, A. (2001). *Image Processing*.
- Churches, A. (2009). *TAXONOMÍA DE BLOOM PARA LA ERA DIGITAL*. <https://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/TaxonomiaBloomDigital.pdf>
- Cotroneo, D., & Natella, R. (2013). Fault injection for software certification. *IEEE Security and Privacy*, 11(4), 38–45. <https://doi.org/10.1109/MSP.2013.54>
- El Boucheffry, K., & de Souza, R. S. (2020). Learning in Big Data: Introduction to Machine Learning. In *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation: Astrogeoinformatics* (pp. 225–249). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00023-0>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2015). *El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica*. https://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf
- Isabel, M., & Garzón, R. (2021). *Aprendizaje basado en problemas (PBL) y su evaluación*. https://www.javeriana.edu.co/profesores/wp-content/uploads/2021/04/E8_aprendizajeproblemasevaluacion.pdf
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of bloom's taxonomy: An overview. In *Theory into Practice* (Vol. 41, Issue 4, pp. 212–218). Ohio State University Press. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- Kurfess, F. J. (2001). *Artificial Intelligence*.



REFERENCIAS

- Liu, Y., Han, T., Ma, S., Zhang, J., Yang, Y., Tian, J., He, H., Li, A., He, M., Liu, Z., Wu, Z., Zhao, L., Zhu, D., Li, X., Qiang, N., Shen, D., Liu, T., & Ge, B. (2023). Summary of ChatGPT-Related research and perspective towards the future of large language models. *Meta-Radiology*, 1(2), 100017. <https://doi.org/10.1016/j.metrad.2023.100017>

- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2008). *Designing & Assessing Educational Objectives*.

- McClarren, R. G. (2018). NumPy and Matplotlib. In *Computational Nuclear Engineering and Radiological Science Using Python* (pp. 53–74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812253-2.00005-4>

- Mendoza, J. G., Quispe, Mi. B., & Muñoz, S. P. (2022). Una revisión sobre el rol de la inteligencia artificial en la industria de la construcción. *Ingeniería y Competitividad*, 44(2). <https://doi.org/10.25100/iyv.v24i2.11727>

- Petroski, H. (1992). *To Engineer Is Human: The Role of Failure in Successful Design* by. Vintage Books.

- Shobha, G., & Rangaswamy, S. (n.d.). *Neural Networks: A Guided Tour*.

- Shobha, G., & Rangaswamy, S. (2018). Machine Learning. In *Handbook of Statistics* (Vol. 38, pp. 197–228). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/b.s.host.2018.07.004>

- Unesco., Unesco International Centre for Engineering Education., & Zhong yang bian yi chu ban she. (2021). *Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals*.