

# Exploring Technologies for Intelligent Tutoring Systems in the Development of AIDET: Integrating IAG and Advanced Pedagogical Concepts for their Design, Overcoming Challenges and their Potential

Reymi Then, MS<sup>1</sup> , Laura Espinal, MS<sup>2</sup> , Edwin Marte, PhD<sup>3</sup> , Gadiel Cascante<sup>4</sup> 

<sup>1,4</sup>*Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA), República Dominicana, reymithen@docente.utesa.edu, gadielcascante152001@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidad Internacional Iberoamericana (UNiB), Puerto Rico, espinalyunen@gmail.com*

<sup>3</sup>*University of Florida (UF), United States, emartezorrilla@ufl.edu*

*Abstract – This article addresses the experience achieved in the development of an Intelligent Tutor System (ITS), which has been the result of a continuous research process that the research team has been carrying out for educational innovation in the field of engineering. The ITS itself is presented, revealing its architecture and its main functional modules, as well as the incorporation of pedagogical methodologies to provide a teaching structure and adaptability such as those established by Bloom's Taxonomy and the Learning Styles of the Vark model. In addition, how Information and Communication Technologies (ICTs) have been integrated is addressed, among which are Artificial Generative Intelligence (IAG), Natural Language Processing (NLP), Large Language Models (LLM), and Model-View-View Model (MVVM). The pedagogical methodologies and ICTs indicated above have been put into operation to complement the process of Knowledge Space, Knowledge Structure, Knowledge Construct, and Deep Knowledge Tracing, to have an ITS that has the capabilities of directing an educational process, equalizing or outperforming the average human teacher. This modular system and service-oriented architecture take advantage of the Applications Programs Interfaces (APIs) of advanced models such as the Generative Pre-trained Transformed (GPT) to generate personalized educational content, offering a scalable and efficient platform. The use of this ITS allows to offer quality education for engineering areas, both in terms of pedagogy and technical aspects. With this project, we seek to put into operation a disruptive educational platform that changes the teaching-learning process, the way it is being carried out, and the learning experience by the students. At the same time, it can also become a reference framework for the design and development of ITS for those researchers who wish to start creating one.*

**Keywords—** Educational Technology, Intelligent Tutoring Systems (ITS), Large Language Models (LLM), OpenAI Models, Personalized Education

# Explorando las Tecnologías para Sistemas de Tutoría Inteligente en el Desarrollo de AIDET: Integrando IAG y Conceptos Pedagógicos Avanzados para su Diseño, Superación de Desafíos y su Potencial

Reymi Then, MS<sup>1</sup> , Laura Espinal, MS<sup>2</sup> , Edwin Marte, PhD<sup>3</sup> , Gadiel Cascante<sup>4</sup> 

<sup>1,4</sup>Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA), República Dominicana, [reymithen@docente.utesa.edu](mailto:reymithen@docente.utesa.edu), [gadielcascante152001@gmail.com](mailto:gadielcascante152001@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Internacional Iberoamericana (UNiB), Puerto Rico, [espinalyunen@gmail.com](mailto:espinalyunen@gmail.com)

<sup>3</sup>University of Florida (UF), United States, [emartezorrilla@ufl.edu](mailto:emartezorrilla@ufl.edu)

**Resumen** – Este artículo aborda la experiencia alcanzada en el desarrollo de un Sistema Tutor Inteligente (STI), la cual ha sido resultado de un proceso de investigación continuo que viene realizando el equipo de investigación para la innovación educativa en el campo de la ingeniería. Se presenta el STI Adaptive Intelligent Digital Engineering Tutor (AIDET), explicando su arquitectura y sus principales módulos funcionales, así como la incorporación de metodologías pedagógicas para brindar una estructura de enseñanza y adaptabilidad como las que establecen la Taxonomía de Bloom y los Estilos de Aprendizaje del modelo Vark. Además, se aborda cómo se han integrado las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), entre las que se encuentran la Inteligencia Generativa Artificial (IAG), el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP), los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM) y el Modelo-Vista-Vista (MVVM). Las metodologías pedagógicas y TIC indicadas anteriormente se han puesto en funcionamiento para complementar el proceso de Knowledge Space, Knowledge Structure, Knowledge Construct, and Deep Knowledge Tracing, para contar con un STI que tenga las capacidades de dirigir un proceso educativo, igualando o superando al maestro humano promedio. Este sistema modular y arquitectura orientada a servicios aprovecha las Interfaces de Programas de Aplicaciones (API) de modelos avanzados como el Generativo Pre-entrenado Transformado (GPT) para generar contenido educativo personalizado, ofreciendo una plataforma escalable y eficiente. El uso de este STI permitirá ofrecer educación de calidad para las áreas de ingeniería, tanto en términos pedagógicos como técnicos. Con este proyecto buscamos poner en funcionamiento una plataforma educativa disruptiva que cambie el proceso de enseñanza-aprendizaje, la forma en que se realiza y la experiencia de aprendizaje por parte de los estudiantes. Al mismo tiempo, que también pueda convertirse en un marco de referencia para el diseño y desarrollo de STI para aquellos investigadores que deseen empezar a crear uno.

**Palabras clave**— Tecnología educativa, Sistemas tutores inteligentes (STI), Modelos de lenguajes grandes (LLM), Modelos OpenAI, Educación personalizada

## I. INTRODUCCIÓN

Históricamente, la esfera educativa ha experimentado transformaciones notables a nivel global en diversas áreas, destacándose mejoras en las técnicas orientadas al desarrollo cognitivo a partir de la incorporación de métodos que han propiciado avances significativos en estos ámbitos [1]. Para lograr esto, se han presentado diversos desafíos en pro de alcanzar el nivel deseado en la estructuración curricular de los programas educativos. Estos desafíos han abarcado, desde la implementación de enfoques centrados en desarrollar las habilidades blandas, hasta las competencias prácticas [2]. La introducción de la tecnología en la educación, que comenzó entre los años 1920 y 1930 con el uso de la radio, marcó un hito importante al ser reconocido por su potencial para brindar educación a distancia [3]. Gracias a este hito, durante este periodo se identificó la posibilidad de incluir nuevos métodos educativos, lo cual aperturaba la oportunidad para la masificación de recursos y acceso a la educación de la población estudiantil, que era limitada respecto a la educación tradicional. En este sentido la radio no solo democratizó el conocimiento, sino que también sentó las bases para lo que sería el futuro del aprendizaje a distancia, evidenciando así el inicio de una revolución educativa que aprovecharía las nuevas tecnologías para expandir y democratizar el acceso a la educación [4].

Con la llegada de la década de 1950, la televisión se sumó a este panorama innovador, extendiendo el alcance de la educación a lugares remotos y a poblaciones que a partir de entonces podían no solo escuchar, sino también podían visualizar las clases, dándole el potencial de ser más inclusiva y equitativa, al igual que la radio lo había hecho antes [5].

A partir de la década de 1980, otra tecnología marcó un hito académico, la cual correspondió a los ordenadores personales, inaugurando así la era digital de la educación [2], [6]. Esta transformación abrió las puertas a nuevas formas de

aprendizaje interactivo, dando lugar a herramientas que proporcionaban nuevas técnicas para tareas laborales y educativas, teniendo un gran impacto en la educación, lo cual trazo un antes y un después en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Además, el nuevo milenio trajo consigo la proliferación de Internet y las plataformas de aprendizaje en línea, transformando radicalmente el entonces existente panorama educativo. La democratización del acceso a la educación se elevó a un nuevo nivel con la aparición de los cursos en línea masivos (*massive open online courses*, MOOCs) [7], los cuales ofrecen oportunidades de aprendizaje con un alcance global. Este fenómeno no solo facilitó el acceso a la educación continua y abierta, sino que también fomenta una cultura de aprendizaje masivo y autodirigido, crucial para adaptarse a las demandas de una sociedad globalizada y en constante cambio [8].

Este recorrido por la evolución de la tecnología permite identificar que la educación ha estado en constante interés en encontrar alternativas que permitan que esta sea simplificada y masificada, y sobre todo generar un conocimiento significativo en los estudiantes, a través del proceso de enseñanza-aprendizaje. De manera que, a lo largo de los años la educación se ha visto obligada a adaptarse a las necesidades y desafíos de cada época [9].

El continuo avance en la educación y la búsqueda de efficientizar el proceso de transmisión del conocimiento ha dado origen a que las tecnologías sean incorporadas en todos los niveles educativos [10]. Estos avances en la adopción de tecnología trascienden más allá de la simple incorporación de dispositivos electrónicos en el aula, lo cual requiere que se involucre una planificación y enfoque académico que le permita anteponerse a la implementación de las tecnológicas para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje [10]. A medida que el sector educativo se ha involucrado y empoderado de las tecnologías, ha demandado sus propias soluciones. Algunos ejemplos de estos son: software educativos, plataformas en línea, herramientas de colaboración digital y otros recursos tecnológicos de apoyo en el aula, todas estas con el propósito de enriquecer la experiencia educativa [11].

Esta nueva era educativa, en gran medida caracterizada por la presencia de los entornos virtuales de aprendizaje, sistemas de gestión del aprendizaje (*Learning Management System*, LMS), aplicaciones móviles educativas, y recursos educativos abiertos (REA) [12], permiten tanto a educadores como estudiantes acceder a una amplia cantidad de información y recursos didácticos de manera instantánea y desde cualquier lugar, lo cual está marcando un nuevo hito en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, la Inteligencia Artificial (IA) y la analítica de datos se han convertido en herramientas clave

para personalizar la experiencia educativa, adaptándola a los estilos y ritmos de aprendizaje de cada individuo, y proporcionando retroalimentación en tiempo real, lo cual abre nuevas oportunidades para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes [13].

Este avance que ha experimentado la educación con la incorporación de las tecnologías ha tenido un impacto significativo en la accesibilidad educativa, eliminando muchas de las barreras físicas y económicas que tradicionalmente limitaban el acceso a la educación de calidad [14]. Hoy en día, personas de todas las edades y condiciones se están beneficiando de programas educativos formales e informales, como capacitación profesional y desarrollo personal, a través de diversos cursos en línea, webinars, tutoriales, entre otros contenidos y recursos digitales [14], [15].

A medida que avanzamos, el desafío para las tecnologías educativas consiste en seguir innovando y adaptándose a las necesidades cambiantes de la sociedad, asegurando al mismo tiempo que estos avances sean inclusivos y equitativos [16]. La evolución de este campo promete seguir transformando cómo aprendemos y crear maneras de formarnos frente a los desafíos futuros, demostrando el papel crucial que tiene tecnología como parte de la educación para la formación de ciudadanos competentes de cara a las necesidades de la sociedad contemporánea.

Una tecnología educativa que desde los años 1970 se ha venido trabajando, pero que al esta ser dependiente de la IA, no logró posicionarse entre las tecnologías más destacadas dentro del sector educativo, a causa de las limitaciones que en ese entonces tenían las IA, fueron los STI [17]. Sin embargo, a partir del 2010 se han logrado avances significativos en los modelos IA, lo cual está permitiendo retomar los STI como una tecnología educativa prometedora [18].

El potencial que prometen los STI radica en impartir los contenidos educativos mediante metodologías específicas que se adapten a las características individuales de cada estudiante y al mismo tiempo, abordar problemáticas inherentes, como las limitaciones en la competencia docente [18]. Estas características de los STI se logran a través de algoritmos sofisticados, ya que estos sistemas pueden ajustarse de manera dinámica a los estilos de aprendizaje y niveles de competencia de cada estudiante, proporcionando en el desarrollo de una clase desde la generación de contenido educativo, actividades, evaluación y calificación de asignaciones, retroalimentaciones, resolución de dudas y oportunidad para adquirir competencias no dominadas u olvidadas [19].

La integración de los STI en la educación, si bien abre un abanico de posibilidades para establecer un nuevo hito en el sistema educativo global, no consiste en una tarea simple, la eficacia de estos sistemas depende en gran medida de factores

como el poder generativo de las IA, la arquitectura funcional y la programación del propio STI. Por otro lado, también se debe considerar la infraestructura tecnológica relacionada que posibilita la operación de estos sistemas para que puedan estar accesible de manera masiva e ininterrumpida. El no garantizar estos requerimientos puede influir significativamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cual resalta la importancia de cumplir con altos estándares para el desarrollo de un STI [20], [21].

Como se ha evidenciado la educación siempre ha estado en constante evolución respecto al uso de las tecnologías para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Y dado que en la actualidad está surgiendo un nuevo cambio disruptivo en estas tecnologías educativas, gracias al poder generativo que están teniendo las IA, un equipo investigador de la Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA) en República Dominicana se ha embarcado en el desarrollo de un STI que cumpla con los requerimientos anteriormente citados para programas de ingeniería, en su fase inicial. De manera que el objetivo de este artículo busca ofrecer una descripción de las diversas estructuras, tecnologías, conceptos y fases involucradas en el desarrollo de este STI, desde la experiencia obtenida en el desarrollo de este proyecto el cual ha sido llamado Adaptive Intelligent Digital Engineering Tutor (AIDET) [50]. Este proyecto de investigación está siendo financiado por el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT) de la República Dominicana, durante los años 2023 y 2024 por medio de fondos concursables.

Un STI constituye una integración sofisticada de metodologías pedagógicas, enriquecidas mediante el empleo de IA, lo cual facilita la generación de oportunidades de aprendizaje personalizadas destinadas a optimizar el desempeño y el desarrollo cognitivo de los estudiantes. Diversos STIs, orientados a cumplir con objetivos específicos de distintos sectores, han sido desarrollados y divulgados, inspirando así a la comunidad científica y tecnológica a avanzar en la creación de soluciones innovadoras [22].

Estas soluciones han estado fundamentadas en modelos de IA, que como se mencionó están permitiendo la creación de entornos adaptativos y reactivos, los cuales facilitan la evolución constante del proceso educativo [22]. Algunos ejemplos de estas innovaciones son el proyecto ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces) retomar los STI como una tecnología educativa prometedora [18] y SKOPE-IT [23], los cuales representan el avance que está teniendo la personalización y acompañamiento del aprendizaje a partir de sistemas informáticos [24], con una intervención mínima de profesores humanos; al igual que otros STIs existentes. Plataformas como estos ejemplos no solo se alinean con las tendencias hacia la educación adaptativa, sino que también establecen un referente para futuras implementaciones de IA, y con las cuales se ha podido

evidenciar el potencial de dichas tecnologías para establecer un nuevo hito en el panorama educativo [25], [26].

En la actualidad, el desarrollo de los STI se está basando en los actuales métodos de Lenguaje Natural (Natural Language Processing, NLP) [27], lo cual forma parte de la tecnología Transformador Generativo Pre-entrenado (Generative Pre-trained Transformer, GPT) que incorporan los nuevos modelos de IA [28], [29]. Son estos logros de la tecnología de la información los que están permitiendo generar contenido a través de interacciones simples y, por ende, abriendo las puertas a esta nueva revolución del sistema educativo [30], [31].

Para el desarrollo del STI que el equipo investigador se encuentra desarrollando ha sido necesaria la investigación y documentación respecto al estado del arte y los elementos que lo caracterizan, la definición del diagrama de bloques para su estructura funcional, así como la definición de los módulos y sub-módulos del diagrama de bloques, la identificación de los conceptos y metodologías a ser utilizadas para la funcionalidad pedagógica, las tecnologías para lograr la funcionalidad de cada módulo, como también la técnica y recursos para la integración de todas las tecnologías y conceptos involucrados.

## II. TECNOLOGÍAS Y ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS

La funcionalidad pedagógica de un STI va más allá de la incorporación de IA en un LMS, ya que no solo se trata de tener la capacidad de generación e interpretación que poseen las IA. Un STI educativo debe poseer dominio de todos los momentos, interacciones y situaciones que se pueden presentar durante la docencia en un salón de clase, para lo cual debe incorporar competencias pedagógicas, técnicas y empáticas hacia los estudiantes, esperándose así que sus capacidades al dirigir un proceso educativo igualen o superen el desempeño de un profesor humano promedio. El entendimiento de este requerimiento llevó al equipo investigador a realizar una revisión del estado del arte que permitiera conocer las tendencias actuales en el uso de conceptos, tecnologías de la información y comunicación, como también, técnicas para uso e integración de las tecnologías a ser utilizadas para el desarrollo del STI; investigación a partir de la cual fue posible disponer de documentación, base e identificar aquellas que más se ajustaban a los objetivos del proyecto.

De manera que para la creación de AIDET la primera etapa del desarrollo consistió en definir los conceptos académicos y técnicos a ser utilizados para que de manera integral operen como un todo y que tenga el potencial de impartir una clase de igual o mejor manera que un humano promedio. Dentro de los conceptos incorporados en AIDET para la gestión del conocimiento se encuentran aquellos correspondientes a los

procesos informáticos y los concernientes a los procesos pedagógicos. Los conceptos informáticos desarrollados son: la teoría de espacio de conocimiento (Knowledge Spaces), las estructuras de conocimiento (Knowledge Structure) [32], [33], el constructor de conocimiento (Knowledge Construct) [34], [35] y el seguimiento profundo del conocimiento (Deep Knowledge Tracing) [36], mediante los cuales se busca personalizar el aprendizaje, ajustando contenidos y dificultades en tiempo real, optimizando rutas en el proceso educativo y promoviendo una comprensión profunda y duradera de los contenidos. En cuanto a los conceptos pedagógicos que se han incorporado se encuentran: la Taxonomía de Bloom [37], [38] y los estilos de aprendizaje del modelo Vark [39], lo cual al ser integrado con los conceptos tecnológicos anteriores se espera no solo adecuar el contenido, si no que se puedan adecuar al estilo de aprendizaje de cada estudiante, ente otras adaptabilidades, optimizando así la personalización de la enseñanza.

En lo concerniente a las tecnologías de la información y comunicación, en la actualidad se dispone de varias opciones de LMS como Moodle, Blackboard, Canvas, Google Classroom, Schoology, entre otros, cada uno con sus propias fortalezas y capacidades. Moodle destaca por su naturaleza de código abierto y flexibilidad, Blackboard y Canvas por sus amplias funcionalidades comerciales, Google Classroom por su integración con las herramientas de Google y facilidad de uso, y Schoology por su enfoque en la gestión de planes de estudio. Luego de valorar la posibilidad de utilizar alguno de los LMS existentes, el equipo investigador opto por la creación de un LMS para AIDET, esto bajo el entendimiento de que la personalización y adaptabilidad que ofrece un LMS diseñado específicamente para ser gestionado en su totalidad por el STI desarrollado, desde un entorno pensado para este fin, proporciona mayor flexibilidad y control, en comparación con los LMS actuales, los cuales están diseñados para ser gestionados por un administrador humano en su totalidad.

Para la creación de este LMS se han considerado aspectos enfocados tanto a la eficiencia en la gestión automática de procesos y solicitudes como a la escalabilidad y manejo de datos. Para este desarrollo se ha seleccionado Python como el lenguaje de programación principal [40], dada su versatilidad y el amplio soporte disponible para el desarrollo de aplicaciones complejas. En cuanto a la gestión de las solicitudes en tiempo real, se ha incorporado la herramienta de Uvicorn [41], en combinación con FastAPI [42], las cuales, en conjunto, permiten una respuesta ágil y eficiente durante las interacciones de los estudiantes. Por otro lado, la gestión de base de datos es realizada mediante Postgre SQL [43], la cual posee una gran flexibilidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, lo que es fundamental para la adaptabilidad y la eficiencia en las operaciones de lectura y escritura llevadas a cabo.

Las otras tecnologías de la información y comunicación que forman parte de AIDET consisten en la interfaz de programación de aplicaciones (Applications Programs Interfaces, APIs) de modelos IA. Estas están siendo utilizadas para la generación, evaluación, calificación, retroalimentación, minería de conocimiento y otras tareas. Las incorporadas hasta el momento son: GPT-3 Turbo, GPT-3.5-turbo-16k, GPT-4, GPT-4 Turbo y tts-1-HD de OpenAI, para la generación de texto y análisis de lenguaje [44]; la API de ElevenLabs, para sintetizar voces realistas; y la API de YouTube para adquisición de videos. En general con estas APIs se realiza la creación de contenido de acuerdo al plan de estudio, taxonomía de Bloom, modelo de Vark, proceso de evaluación, retroalimentación y minería de conocimiento de acuerdo a las necesidades de cada estudiante.

Para el despliegue de AIDET, se ha utilizado la dockerización [45], a partir de lo cual se logra una implementación y escalabilidad ágil del proyecto. Además, la adopción de contenedores facilita la gestión de entornos de desarrollo, prueba y optimización, que permiten la portabilidad y utilización de los recursos.

Dentro de las técnicas utilizadas en la programación y arquitecturas incorporadas en AIDET para el avance y la optimización de sus procesos, se encuentran aquellas enfocadas en la arquitectura de servicios y el manejo avanzado de datos. En primer lugar, el proyecto se estructura en una Arquitectura Orientada a Servicios (Services-Oriented Architecture, SOA) [46], así como el uso de diccionarios de Python, datos estructurados en notación de objeto de JavaScript (JavaScript Object Notation, JSON) [47], algoritmos paralelos y concurrentes, además de técnicas de regresión de datos.

- SOA ha sido utilizada como la arquitectura general de AIDET, la cual, además de permitir separar las clases también posibilita separar los servicios mediante la aplicación de segmentos unitarios permitiendo así evitar la sobre complejidad.
- Los diccionarios en Python permiten el almacenamiento de pares de clave-valor, y a través de ellos se accede y gestiona eficientemente la base de datos y el procesamiento de información compleja en una variedad de aplicaciones.
- JSON ha sido seleccionado como el método para manejar las estructuras de datos, debido a su flexibilidad a la hora de mapear los datos con modelos íntegros que permitan intercambiar información entre diferentes plataformas y lenguajes de programación de manera sencilla y eficaz, asegurando así una integración fluida y la escalabilidad de las aplicaciones.
- Mediante los algoritmos paralelos se ha realizado la optimización de la ejecución de tareas dividiendo

entre múltiples procesadores, procesos que requieran un alto nivel de procesamiento, al igual que un gran volumen y cálculo de datos.

- Los algoritmos concurrentes se han implementado para que conjuntamente con los algoritmos paralelos puedan eficientizar la ejecución de las múltiples tareas simultáneas.
- Para el análisis y procesamiento de datos, se ha incorporado el pareo de árboles en la realización de regresiones, seleccionado por su capacidad para manejar vistas de datos de manera profunda y detallada.

### III. ARQUITECTURA DE AIDET

Como se indicó anteriormente la elección de estos conceptos, tecnologías de la información y comunicación, y técnicas para uso e integración de estas, fue el resultado de un proceso de investigación y documentación del estado del arte con un enfoque desde la definición del modelo funcional que se deseaba desarrollar. Para el modelo funcional de AIDET se realizó un diagrama que permitiera esquematizar la interacción de los módulos y sub-módulos de este. Cada módulo y sub-módulo del diagrama se encarga de una etapa específica del funcionamiento e incorpora uno o varios de los procesos, tanto de índole tecnológico como académicos descritos anteriormente. En la figura 1 se muestra una simplificación del diagrama funcional de AIDET.

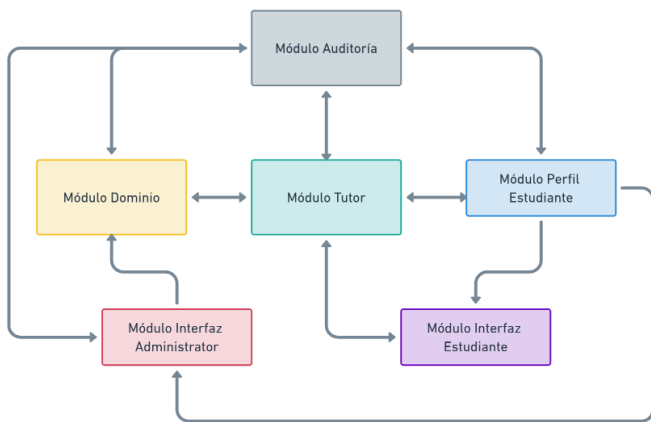


Figura 1. Diagrama de Arquitectura del STI desarrollado.  
Fuente: elaboración propia

Para crear un STI, hay varios modelos de arquitectura propuestas, que varían en la cantidad de módulos, algunos más simples que otros. Sin embargo, siempre estando presente los módulos: dominio, estudiante y tutor. Como se puede apreciar en la figura 1, la arquitectura de AIDET se ha optado por la decisión de que este incorpore 6 módulos: módulo auditoría, módulo dominio, módulo tutor, módulo perfil estudiante, módulo interfaz estudiante y módulo interfaz administrador.

Dicha arquitectura se ha conformado por estos 6 módulos para tratar por separado la función de cada uno de los mismos, de manera que permita efectividad en el proceso educativo y a su vez segmentando las funciones para el desarrollo informático.

El Módulo de Auditoría en un STI es fundamental para monitorear, evaluar y mejorar la experiencia educativa. Este módulo utiliza la IA para analizar el desempeño y la retroalimentación de los estudiantes, detectando así anomalías o áreas de mejora en el sistema y el proceso de aprendizaje. Para lograrlo, posee sub-módulos que recopilan datos del rendimiento de los estudiantes que permiten evaluar la funcionalidad del STI, identificando comportamientos irregulares y notificando al administrador sobre posibles acciones a tomar. También elabora informes detallados sobre estos hallazgos, determinando si se requiere intervención administrativa o si son suficientes los ajustes automáticos. Por último, implementa las medidas correctivas sugeridas, ya sea automáticamente o bajo la dirección del administrador, para optimizar el funcionamiento del STI y personalizar la experiencia de aprendizaje.

Mientras que el Módulo Dominio permite administrar el conocimiento específico, por medio del Knowledge Space y Knowledge Structure, requerido para el proceso de enseñanza-aprendizaje, proporcionando la base de conocimientos esenciales y adaptándose a las necesidades de contenido de los estudiantes respecto a las competencias de la asignatura. Este módulo incluye los sub-módulos: Programa de Asignatura, Resultados de Aprendizaje y Competencias, Contenidos y el Generador de Recursos Educativos (GRE). La funcionalidad de GRE se logra a partir de los modelos de IA indicados anteriormente, siendo este el núcleo de generación de recurso para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por su parte el Módulo Tutor es el módulo clave para que el STI pueda personalizar la experiencia de aprendizaje, adaptándose a las necesidades individuales de cada estudiante haciendo uso del Knowledge Construct. Este módulo recoge información demográfica y evalúa las competencias previas, permitiendo ajustar las técnicas e instrumentos educativos según el perfil del estudiante. En este se identifican los estilos de aprendizaje de cada estudiante para ajustar los recursos educativos, se evalúan los conocimientos previos, se identifican las Técnicas e Instrumentos Educativos (TIE) a ser utilizados y se gestiona el proceso educativo con un docente de gran experiencia pedagógica y técnica, por medio del Constructor Artificial de Estructura Didáctica (CAED). Otros sub-módulos gestionan y evalúan las actividades de aprendizaje, facilitando recursos educativos y retroalimentación constructiva para mejorar el desempeño del estudiante.



En el caso del Módulo Perfil Estudiante, este es el encargado de realizar el Deep Knowledge Tracing, así como también se encarga de recopilar y administrar información personal y académica del alumno. Dicho módulo permite, almacenar sus datos demográficos, guardar su información sobre las competencias y habilidades previas, recoger opiniones sobre su experiencia de aprendizaje, analizar sus actitudes y motivaciones hacia el aprendizaje, monitorear y almacenar el progreso de cada estudiante, identificar áreas de mejora en las competencias, evaluar el avance del estudiante en la adquisición de competencias necesarias y compilar un perfil comprensivo de las competencias alcanzadas por el estudiante al final de la asignatura.

El Módulo Interfaz Estudiante está diseñado para facilitar la interacción directa entre el estudiante y el sistema, a través de una interfaz gráfica intuitiva y atractiva. Este módulo es vital para acceder a recursos educativos, realizar entregas, recibir retroalimentación y gestionar otras interacciones académicas esenciales. Para ello permite recibir documentos y respuestas proporcionadas por el estudiante, recibir y procesar las respuestas y trabajos enviados por estos, utilizar herramientas avanzadas para analizar las emociones y la concentración del alumno, recoger opiniones de los estudiantes sobre las actividades y recursos proporcionados, presentar información relevante al estudiante, como progreso académico, calificaciones, recursos, actividades asignadas y también posee un asistente virtual para la interacción directa del estudiante con el STI.

Por último, el Módulo Interfaz Administrador brinda herramientas esenciales para la administración y supervisión del sistema educativo. Este módulo permite al administrador cargar contenido académico, gestionar usuarios, asignaciones, calificaciones, y actualizar el programa académico. También recibe informes del módulo de auditoría y notificaciones de otros sub-módulos para el monitoreo y gestión del STI.

#### IV. DESARROLLO DE AIDET

AIDET posee una arquitectura modular, donde se están llevando a cabo distintos procesos de manera individual y muchos de ellos respondiendo asincrónicamente. Además de los requerimientos anteriores, también se encuentra la necesidad de que las solicitudes manejadas con los servicios (acceso a contenedores, base de datos, REST API, etc.) y la comunicación con microservicios de APIs sean gestionadas de forma centralizada, de manera que los procesos que cada uno de ellos realiza pueda ser integrado a un proceso final. Esto llevó a que se haya optado por la arquitectura de programación SOA, la cual, gracias a cada uno de los componentes funcionales que posee, representados por los handlers, actúa como un servicio independiente que comunica y procesa datos

de forma autónoma al resto de los handlers. Para ello se utilizan los principios de bajo acoplamiento y alta cohesión, soportado por la Programación Orientada a Objetos (POO) [48], como el encapsulamiento, la herencia y el polimorfismo, a partir de lo cual es posible disponer de códigos organizados y escalables.

Estas características de programación y estructura de código requeridas por AIDET también llevaron al equipo investigador a seleccionar Python como lenguaje de programación principal, como se mencionó anteriormente, dada su robustez y extensiva biblioteca de soporte, además del hecho de que este permite el uso de módulos estructurados en clases, facilitando así la creación de objetos e instanciación de métodos.

El Módulo de Auditoría, ha sido creado con el propósito de realizar análisis de datos desde una perspectiva informática, respecto al proceso educativo. Para lograr este objetivo, se han incorporado distintas métricas para el análisis de datos en términos generales. En primera instancia, se hace uso de una clase llamada auditoría, a la cual se le han creado métodos y atributos que permiten recopilar datos. En este proceso, por ejemplo, se emplea Postgre SQL para llevar a cabo consultas y subconsultas con el fin de realizar análisis y verificar correlaciones. Estos incorporan triggers, los cuales tienen la función de alertar cambios para realizar de manera autónoma correcciones o notificar de inmediato al administrador cuando ocurran eventos atípicos. Asimismo, estos triggers están diseñados para señalar eventos en el código, recomendando acciones pertinentes y ejecutándolas según sea necesario.

Para la implementación del Módulo Dominio, se ha creado la comunicación de este con el Módulo Administrador utilizando estructuras de tipo JSON, mediante lo cual ha sido posible tomar todo lo concerniente al programa de la asignatura por medio de estructuras que poseen todos los constructos de los temas y subtemas a tratar en cada sesión de clase. También los constructos a trabajar en las sesiones de clase se ven complementados por las competencias a desarrollar que el estudiante ha evidenciado no poseer, los cuales también son compartidos en estructuras tipo JSON. Dado que en este módulo se encuentra GRE, ha sido necesario interactuar con APIs como OpenAI, en sus modelos GPT-3 Turbo, GPT-3.5-turbo-16k, GPT-4 y GPT-4 Turbo para la generación de contenido en texto y tts-1-HD para la generación de contenido en audio; Google API para la gestión de videos de YouTube; ElevenLabs para convertir los textos generados en contenido auditivo y la librería Scheme Draw de Python para la creación de diagramas.

Para el desarrollo del Módulo Tutor, se han diseñado diversas clases encargadas de gestionar su comportamiento. En primer

lugar, se destaca la clase TIE, la cual es responsable de la selección de datos del estudiante, la verificación del perfil de este en función a los estilos de aprendizaje del modelo Vark, y la creación de métricas que permiten generar el contenido según las características específicas del estudiante. La otra clase a destacar es CAED, la cual ha sido creada para ser instanciable e interactuar con el Módulo Dominio en todo lo concerniente a generación y consulta de conocimiento. Esta interacción entre módulos, no se realizan de manera tradicional mediante valores referentes al estudiante y su progreso, si no que se manejan mediante contextos por medio de Prompts, lo cual se logra gracias al NLP. Un ejemplo de esto es la interacción con el módulo GRE, donde CAED envía una estructura con oraciones y sentencias que comunican a las APIs qué generar y bajo cuales requerimientos hacerlo. Cuando GRE devuelve el contenido generado, CAED lo revisa desde un enfoque pedagógico, identificando si estos cumplen con los criterios de enseñanza establecidos para el constructo que se está abordando. Si el contenido cumple, CAED procede a proporcionar este al Módulo Interfaz Estudiante, pero, si no, solicita a GRE volver a generar el contenido de acuerdo a los criterios pedagógicos, repitiéndose este proceso hasta que el contenido generado cumpla con la estructura establecida.

Además de las clases TIE y CAED, el módulo tutor posee otras clases de gran relevancia para el funcionamiento de AIDET, entre las cuales se encuentra la clase EVAL, la cual tiene métodos capaces de crear evaluaciones dinámicas, evaluar respuestas proporcionadas por estudiantes, ya sean abiertas o cerradas, calificar de acuerdo al modelo diseñado a partir de la taxonomía de Bloom y generar feedback en función de los resultados obtenidos por el estudiante.

En lo concerniente al Módulo Perfil Estudiante, este es el encargado de alojar los datos de cada alumno, de manera que con este se hace un compendio de la evolución del estudiante a lo largo de cada asignatura. Para determinar el estilo de aprendizaje, de acuerdo con el modelo Vark se ha desarrollado un algoritmo de regresión de tipo árbol que se alimenta de la prueba diagnóstica, las retroalimentaciones y el rendimiento académico en función a cada estilo de aprendizaje. Para generar contenido y establecer las calificaciones del estudiante de acuerdo con la Taxonomía de Bloom, el contenido generado posee elementos de los 6 niveles de Bloom al igual que las evaluaciones consideran estas en sus niveles de pensamiento. Por lo cual, para el contenido generado, también se realizan regresiones para determinar el nivel de detalle que el estudiante requiera en los contenidos teóricos. Por otro lado, para las evaluaciones se ha desarrollado un modelo de calificación que distribuye una puntuación a cada pregunta, acorde a su nivel de Bloom, representando la sumatoria de estas puntuaciones, la calificación final de la evaluación. De acuerdo con las calificaciones obtenidas por el estudiante en

cada evaluación se identificarán las competencias adquiridas y aquellas que el estudiante aún no ha adquirido. Para aquellas no adquiridas el sub-módulo reforzamiento de competencias estará indicándole al módulo Dominio crear un nuevo Knowledge Construct para el estudiante fortalezca estas competencias antes de continuar con el programa de estudio de la asignatura. Una vez que el estudiante adquiera el conocimiento mínimo necesario en un sub-tema, AIDET le otorgará el acceso al siguiente sub-tema para que pueda agotar el programa de la asignatura.

El Módulo Interfaz Estudiante se ha desarrollado en primera instancia en flutter, para su implementación en la investigación, aprovechando que es un framework que facilita su integración con diversos escenarios, además de la relevancia que tiene la gran cantidad de librerías que posee. Este módulo es vital para que el estudiante pueda acceder a recursos educativos, realizar entregas, recibir retroalimentación y gestionar otras interacciones académicas esenciales. Para ello permite recibir información y procesar las respuestas proporcionadas por el estudiante, así como los trabajos enviados por este, analizar las emociones y la concentración del alumno, recoger opiniones del estudiante sobre las actividades y recursos proporcionados, presentar información relevante, como progreso académico, calificaciones, recursos, actividades asignadas y además posee un asistente virtual para la interacción directa del estudiante con AIDET.

Para que el estudiante tenga acceso a los recursos educativos se ha implementado un widget dinámico que se adapta según los parámetros que recibe, permitiendo crear ventanas para texto, controladores de audio y video que se posiciona en el lugar designado del frontend para ese tipo de archivo, operando así bajo el patrón de arquitectura de software Modelo-Vista-Modelo de Vista (MVVM) [49]. Para esta entrega de asignaciones en el frontend se consume el API de AIDET, el cual ha sido creado en Python. Para el estudiante acceder a las evaluaciones se utiliza una ventana emergente que no puede ser cerrada hasta que se complete la evaluación. Las preguntas de cada evaluación se presentan al estudiante agrupadas de acuerdo al tipo de pregunta (selección múltiple, verdadero o falso, abierta, etc.) y organizadas de manera ascendente de acuerdo a la taxonomía de Bloom. En el proceso de evaluación, las preguntas son recibidas en un formato JSON, lo cual funge como molde para los modelos del patrón de arquitectura MVVM. De manera que para cada tipo de pregunta se ha creado una propiedad que permite encapsular las respuestas para posteriormente enviarlas al API de AIDET para su evaluación, calificación y retroalimentación. La retroalimentación al estudiante respecto a su entrega, concerniente a las preguntas de evaluación, se reciben por medio del modelo del patrón de arquitectura MVVM con sus



respectivas calificaciones y acompañado con observaciones y recomendaciones, tanto para aquellas competencias que ha evidenciado que domina, como para aquellas que aún no, lo cual, por medio del widget dinámico, le es presentado al estudiante.

Por último, el Módulo Interfaz Administrador brinda herramientas esenciales para la administración y supervisión del sistema educativo. De manera que haciendo uso del modelo de patrón de arquitectura MVVM, este módulo permite al administrador realizar procesos como cargar contenido académico, gestionar usuarios, actualizar el programa académico e intervenir en cualquier actividad realizada de manera autónoma por AIDET. También recibe informes de auditoría y notificaciones de otros sub-módulos respecto a anomalías en el sistema requiriendo la intervención humana cuando no pueda ser resuelta por el propio Módulo Auditoría.

#### V- DESAFÍOS ENFRENTADOS

El desarrollo de AIDET ha enfrentado desafíos significativos al integrar conceptos académicos avanzados y tecnologías de vanguardia.

Los desafíos académicos más relevantes consistieron en la incorporación de conceptos complejos, como Knowledge Space, Knowledge Structure, Knowledge Construct, and Deep Knowledge Tracing. Lo cual representó un reto en realizar su estructuración y cohesión para la codificación del programa. De igual manera, complementar AIDET con la funcionalidad autónoma equivalente a la de un profesor humano requirió explorar metodologías y conceptos académicos como la taxonomía de Bloom y el modelo de Vark. La incorporación de estos le permite la implementación de estructuras pedagógicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, procurando así proporcionar una enseñanza metódica que facilite alcanzar un aprendizaje significativo.

Haber realizado la integración de estos conceptos académicos para proporcionarle a AIDET las funcionalidades que posee, ha sido logrado en gran medida gracias a la implementación de APIs de IA, como las de OpenAI para generación de texto y análisis de lenguaje, ElevenLabs para sintetizar voces realistas, y la API de YouTube para adquisición de videos, lo cual, aunque abre las puertas al desarrollo de estos sistemas, ha requerido de una alta gestión de los recursos generados para que puedan ser considerados como material educativo.

Por su parte, en lo concerniente a los desafíos técnicos se enfrentaron dificultades para manejar de forma efectiva las solicitudes al API, la principal de estas correspondió a que la comunicación del API pudiera operar de acuerdo a los

estándares de tiempo máximo de solicitudes manejado por el protocolo HTTP utilizado en el servidor, el cual en nuestro caso estaba limitado a un máximo de 30 segundos. Para el desarrollo de AIDET esto representó un reto, debido a que la generación de contenido explicativo se encuentra estructurado en 5 momentos académicos y cada uno de ellos realiza su propia solicitud al API de OpenAI, de los cuales en promedio cada uno requería 15 segundos en el mejor de los casos, llegando a representar un tiempo de espera de respuesta de hasta 75 segundos, superando así en un 250% el tiempo estándar de los 30 segundos del protocolo HTTP utilizado en el servidor. Como solución a esta dificultad se procedió a segmentar cada momento académico en una solicitud independiente para que estos pudieran ser gestionados de manera paralela, disminuyendo así el tiempo a unos 15 segundos. También, para disminuir aún más estos tiempos de espera de solicitud y no mantener una comunicación abierta desde la solicitud hasta la respuesta, se creó un servicio usando el método OPTIONS de HTTP, el cual solicita al API cada 5 segundos el contenido, de manera que de estar listo será recibido y presentado al estudiante en el LMS.

Otro desafío ha correspondido a la limitada cantidad de librerías disponibles para Flutter WEB necesarias para el desarrollo de LMS, como lo son: los manejadores de notificaciones, contadores de tiempo de sesión y gestiones de estados. Lo cual ha requerido la creación de widgets personalizados para la gestión de los procesos correspondientes a los mismos. Además de estos, también se requirió crear una solución para que en casos en los que el estudiante se quede sin internet no pierda el progreso que llevaba hasta el momento, lo cual tampoco fue posible solucionar con funcionalidades existentes para Flutter WEB.

De igual manera, también fue necesaria la creación de un widget en Flutter WEB para que permitiera la presentación de múltiples videos educativos, lo que requirió la integración de la librería Youtube Player IFrame, con lo cual se logró crear una lista, visible por el estudiante, de los videos a ser utilizados, siendo uno de ellos el de mayor tamaño y los demás en forma de lista de recomendaciones.

#### VI- CONCLUSIÓN

El desarrollo de STIs como AIDET, promete un gran potencial para la integración de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) y las tecnologías de la información en el ámbito académico de una manera que nunca antes se había visto. La incorporación de modelos avanzados de procesamiento de lenguaje natural, como GPT, introduce un período sin precedentes de personalización y optimización del proceso formativo que marcará una nueva era educativa, abriendo las puertas a un modelo educativo, tan anhelado y propuesto desde hace años por estudiosos del proceso de enseñanza-aprendizaje

de todo el mundo, donde cada estudiante pueda recibir educación personalizada y enfocada tanto en sus fortalezas como en sus oportunidades de mejora, además de ajustarse a su estilo de aprendizaje para brindarle una experiencia más enriquecedora. Definitivamente, esto no parecía ser más que un sueño, debido a que bajo el sistema educativo tradicional se requeriría un profesor por estudiante, lo cual no resultaría práctico ni rentable.

No obstante, la adopción de estos sistemas conlleva desafíos significativos que abarcan desde la necesidad de infraestructuras tecnológicas robustas, hasta garantizar que estas nuevas tecnologías sean asequibles, inclusivas y equitativas para las personas de todos los países y estratos sociales. De igual manera, el potencial de los STI residirá en su capacidad para implementar con gran eficacia metodologías pedagógicas, el dominio técnico del campo de estudio, la adaptabilidad y la empatía de cara a la interacción con los estudiantes. Esto permitirá enriquecer el proceso académico, dando la oportunidad a los docentes humanos de tener un rol más elevado, orientado a la gestión del proceso y no hacia su desarrollo. Al abordar estos retos y aprovechar las oportunidades ofrecidas por las tecnologías avanzadas para incorporarlas al proceso educativo, se vislumbra un horizonte donde cada alumno puede alcanzar su potencial óptimo, preparándose bajo las mejores condiciones que ha requerido de cara a enfrentar los desafíos del futuro. Para ello, la colaboración multidisciplinaria entre la pedagogía, la tecnología y la ética será indispensable, garantizando que los avances en la educación sean inclusivos, equitativos y generen un impacto positivo en la sociedad y su conjunto.

#### REFERENCIAS

[1] S. J. Ritchie, T. C. Bates, and I. J. Deary, "Is Education Associated With Improvements in General Cognitive Ability, or in Specific Skills?," *Dev. Psychol.*, vol. 51, no. 5, pp. 573–582, May 2015, doi: 10.1037/a0038981.

[2] E. L. Zambrano, "Prácticas pedagógicas para el desarrollo de competencias ciudadanas," *Rev. Electrónica Investig. Educ.*, vol. 20, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2018, doi: 10.24320/redie.2018.20.1.1409.

[3] J. F. Abarca-Reyes, "Evolución Histórica de las Tecnologías Educativas en México," *Rev. Docentes* 20, vol. 9, no. 2, pp. 254–263, Sep. 2020, doi: 10.37843/rted.v9i2.171.

[4] A. M. Abad -Salgado, "Reflexiones sobre los procesos de enseñanza/ aprendizaje en la educación a distancia," *Rev. Electrónica En Educ. Pedagog.*, vol. 5, no. 9, Art. no. 9, Oct. 2021, doi: 10.15658/rev.electron.educ.pedagog21.11050910.

[5] H. I. Nieto and O. de Majo, "Historia de la Educación a Distancia en la Argentina (1940-2010)," *Signos Univ. Rev. Univ. Salvador*, vol. 30, no. 46, pp. 85–108, 2011.

[6] T. Ayala Pérez, "El aprendizaje en la era digital," *Rev. Electrónica Diálogos Educ.*, no. 21, pp. 3–20, 2011.

[7] J. Wulf, I. Blohm, J. M. Leimeister, and W. Brenner, "Massive Open Online Courses," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 111–114, Apr. 2014, doi: 10.1007/s12599-014-0313-9.

[8] Deysi Gabriela García Álava, Lucila Flor Alva Cifuentes Martínez, Betty Geomara Ordoñez Meza, Tatiana Jazmín León Cedeño, and Tereza Beatriz Vargas Holguín, "Importancia de la tecnología en la educación a raíz del Covid-19 en los centros educativos de las zonas rurales del Ecuador. | MQRInvestigar," 2022, Accessed: Feb. 26, 2024.

[Online]. Available: <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/134>

[9] I. B. García *et al.*, "Neuromarketing Aplicado a la Educación. Análisis de la enseñanza presencial versus la enseñanza online.," in *IN-RED 2022: VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*, Oct. 2022. Accessed: Feb. 26, 2024. [Online]. Available: <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/INRED/InRed2022/paper/view/15917>

[10] Jhon Paul Iakov Mezarina Mendoza and Karin Harumi Harumi Uchima Koecklin, "Desarrollo de una aplicación móvil (app) en e-learning como instrumento de apoyo educativo en tiempos de pandemia | Revista Odontológica Basadrina," 2022, Accessed: Feb. 26, 2024. [Online]. Available: <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/rob/article/view/1262>

[11] M. Okmawati, "The Use of Google Classroom during Pandemic," *J. Engl. Lang. Teach.*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Aug. 2020, doi: 10.24036/jelt.v9i2.109293.

[12] G. Santos-Hermosa, N. Ferrán-Ferrer, and E. Abadal, "Recursos educativos abiertos: repositorios y uso," *Prof. Inf. Prof.*, vol. 21, no. 2, Art. no. 2, Mar. 2012, doi: 10.3145/epi.2012.mar.03.

[13] O.-Y. Aparicio-Gómez and O.-L. Ostos-Ortiz, "Pedagogías emergentes en ambientes virtuales de aprendizaje," *Rev. Int. Pedagog. E Innov. Educ.*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2021, doi: 10.51660/ripi.v1i1.25.

[14] wei bao, "COVID-19 and online teaching in higher education: A case study of Peking University," 2020, doi: 10.1002/hbe2.191.

[15] Mohammad H. Rajab • Abdalla M. Gazal • Khaled Alkattan, "Cureus | Challenges to Online Medical Education During the COVID-19 Pandemic | Article," 2020. Accessed: Feb. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.cureus.com/articles/30131-challenges-to-online-medical-education-during-the-covid-19-pandemic/#/>

[16] J. A. Vaca, C. V. Flores, and C. Velásquez, "Consideraciones pedagógicas asociadas al contexto para la enseñanza eficiente en la educación en línea: Pedagogical considerations associated with the context for efficient teaching in online education," *LATAM Rev. Latinoam. Cienc. Soc. Humanidades*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2023, doi: 10.56712/latam.v4i1.337.

[17] C. J. Dede, P. P. Zodhiates, and C. L. Thompson, "INTELLIGENT COMPUTERASSISTED INSTRUCTION: A REVIEW AND ASSESSMENT OF ICAI RESEARCH AND ITS POTENTIAL FOR EDUCATION," 1985, [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED296701.pdf>

[18] A. Pena-Molina, R. Then, C. P. Weinthal, and M. M. Larrondo-Petrie, "EMPOWERING ENGINEERING EDUCATION: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS FOR ENGINEERING COURSES," *ICERI2023 Proc.*, pp. 9410–9418, 2023, doi: 10.21125/iceri.2023.2424.

[19] A. Ordóñez, M. G. G. F. Muñoz, H. Ordoñez, and Y. Rosero, "An Intelligent framework for Blended Learning," *Rev. Colomb. Comput.*, vol. 19, no. 2, Art. no. 2, Dec. 2018, doi: 10.29375/25392115.3441.

[20] A. Escobar-Acevedo and J. Guerrero-García, "Construcción de contenido para un Sistema Tutor Inteligente en idiomas: un estudio piloto con el corpus OneStopEnglish," *Rev. Colomb. Comput.*, vol. 23, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2022, doi: 10.29375/25392115.4484.

[21] S. M. Silva-González, M. H. Rodríguez-Chávez, and S. Polanco-Martagón, "Implementación de una red neuronal artificial como módulo de dominio de un sistema de tutoría inteligente.," *Dilemas Contemp. Educ. Política Valores*, Oct. 2021, doi: 10.46377/dilemas.v9i.2930.

[22] H. L. B. Capps Charles G., "Foundations of Intelligent Tutoring Systems: An Introduction," in *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, Psychology Press, 1988.

[23] B. D. Nye *et al.*, "Evaluating the effectiveness of integrating natural language tutoring into an existing adaptive learning system," *Lect. Notes Comput. Sci. Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinforma.*, vol. 9112, pp. 743–747, Jan. 2015, doi: 10.1007/978-3-319-19773-9\_106.

[24] H. Wang *et al.*, "Examining the applications of intelligent tutoring systems in real educational contexts: A systematic literature review

- from the social experiment perspective,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 7, pp. 9113–9148, Jul. 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11555-x.
- [25] B. D. Nye, P. I. Pavlik, A. Windsor, A. M. Olney, M. Hajeer, and X. Hu, “SKOPE-IT (Shareable Knowledge Objects as Portable Intelligent Tutors): overlaying natural language tutoring on an adaptive learning system for mathematics,” *Int. J. STEM Educ.*, vol. 5, no. 1, p. 12, Apr. 2018, doi: 10.1186/s40594-018-0109-4.
- [26] Canfield, W., “ALEKS: A Web-based intelligent tutoring system - ProQuest,” 2001, Accessed: Feb. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/docview/235901507?sourcecetype=Scholarly%20Journals>
- [27] E. Cambria and B. White, “Jumping NLP Curves: A Review of Natural Language Processing Research [Review Article] | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore.” Accessed: Mar. 20, 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6786458>
- [28] F. Haddad and J. S. Saade, “Performance of ChatGPT on Ophthalmology-Related Questions Across Various Examination Levels: Observational Study,” *JMIR Med. Educ.*, vol. 10, no. 1, p. e50842, Jan. 2024, doi: 10.2196/50842.
- [29] N. Oh, G.-S. Choi, and W. Y. Lee, “ChatGPT goes to the operating room: evaluating GPT-4 performance and its potential in surgical education and training in the era of large language models,” *Ann. Surg. Treat. Res.*, vol. 104, no. 5, pp. 269–273, May 2023, doi: 10.4174/astr.2023.104.5.269.
- [30] J.-P. St Mart, E. L. Goh, I. Liew, Z. Shah, and J. Sinha, “Artificial intelligence in orthopaedics surgery: transforming technological innovation in patient care and surgical training,” *Postgrad. Med. J.*, vol. 99, no. 1173, pp. 687–694, Jul. 2023, doi: 10.1136/postgradmedj-2022-141596.
- [31] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding,” in *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, J. Burstein, C. Doran, and T. Solorio, Eds., Minneapolis, Minnesota: Association for Computational Linguistics, Jun. 2019, pp. 4171–4186. doi: 10.18653/v1/N19-1423.
- [32] A. W. Kruglanski, “Goals as knowledge structures,” in *The psychology of action: Linking cognition and motivation to behavior*, New York, NY, US: The Guilford Press, 1996, pp. 599–618.
- [33] Y. Qian, J. Liang, and C. Dang, “Knowledge structure, knowledge granulation and knowledge distance in a knowledge base,” *Int. J. Approx. Reason.*, vol. 50, no. 1, pp. 174–188, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.ijar.2008.08.004.
- [34] B. R. Gaines and M. L. G. Shaw, “Knowledge acquisition tools based on personal construct psychology,” *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 8, no. 1, pp. 49–85, Mar. 1993, doi: 10.1017/S0269888900000060.
- [35] L. Brantley-Dias and P. A. Ertmer, “Goldilocks and TPACK: Is the Construct ‘Just Right?’,” *J. Res. Technol. Educ.*, vol. 46, no. 2, pp. 103–128, Dec. 2013, doi: 10.1080/15391523.2013.10782615.
- [36] X. Xiong, S. Zhao, E. G. Van Inwegen, and J. E. Beck, “Going Deeper with Deep Knowledge Tracing,” *International Educational Data Mining Society*, 2016. Accessed: Mar. 12, 2024. [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=ED592679>
- [37] C. P. Ormell, “Bloom’s Taxonomy and the Objectives of Education,” *Educ. Res.*, vol. 17, no. 1, pp. 3–18, Nov. 1974, doi: 10.1080/0013188740170101.
- [38] D. R. Krathwohl, “A Revision of Bloom’s Taxonomy: An Overview,” *Theory Pract.*, Nov. 2002, doi: 10.1207/s15430421tip4104\_2.
- [39] I. J. Prithishkumar and S. A. Michael, “Understanding your student: Using the VARK model: Journal of Postgraduate Medicine,” *J. Postgrad. Med.*, vol. 60, no. 2, pp. 183–186, Apr. 2014, doi: 10.4103/0022-3859.132337.
- [40] A. Rawat, “A Review on Python Programming,” *Int. J. Res. Eng. Sci. Manag.*, vol. 3, no. 12, Art. no. 12, Dec. 2020.
- [41] V. Gagliardi, “Setting Up a Django Project,” in *Decoupled Django: Understand and Build Decoupled Django Architectures for JavaScript Front-ends*, V. Gagliardi, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2021, pp. 53–61. doi: 10.1007/978-1-4842-7144-5\_5.
- [42] M. Lathkar, “Getting Started with FastAPI,” in *High-Performance Web Apps with FastAPI: The Asynchronous Web Framework Based on Modern Python*, M. Lathkar, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2023, pp. 29–64. doi: 10.1007/978-1-4842-9178-8\_2.
- [43] R. Wodyk and M. Skublewska-Paszowska, “Performance comparison of relational databases SQL Server, MySQL and PostgreSQL using a web application and the Laravel framework,” *J. Comput. Sci. Inst.*, vol. 17, pp. 358–364, Dec. 2020, doi: 10.35784/jcsi.2279.
- [44] Mingi Ryu, “Papers with Code - Analysis and Mitigation of Dataset Artifacts in OpenAI GPT-3,” <https://paperswithcode.com/>. Accessed: Mar. 20, 2024. [Online]. Available: <https://paperswithcode.com/paper/analysis-and-mitigation-of-dataset-artifacts>
- [45] N. Naik, “Migrating from Virtualization to Dockerization in the Cloud: Simulation and Evaluation of Distributed Systems,” in *2016 IEEE 10th International Symposium on the Maintenance and Evolution of Service-Oriented and Cloud-Based Environments (MESOCA)*, Oct. 2016, pp. 1–8. doi: 10.1109/MESOCA.2016.9.
- [46] N. Niknejad, W. Ismail, I. Ghani, B. Nazari, M. Bahari, and A. R. B. C. Hussin, “Understanding Service-Oriented Architecture (SOA): A systematic literature review and directions for further investigation,” *Inf. Syst.*, vol. 91, p. 101491, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.is.2020.101491.
- [47] M. Lanthaler and C. Gütl, “On using JSON-LD to create evolvable RESTful services,” in *Proceedings of the Third International Workshop on RESTful Design*, in WS-REST ’12. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Apr. 2012, pp. 25–32. doi: 10.1145/2307819.2307827.
- [48] peter wegner, “Concepts and paradigms of object-oriented programming | ACM SIGPLAN OOPS Messenger.” Accessed: Mar. 20, 2024. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/382192.383004>
- [49] G. Arcos-Medina, J. Menéndez, and J. Vallejo, “Comparative Study of Performance and Productivity of MVC and MVVM design patterns,” *KnE Eng.*, pp. 241–252, Jan. 2018, doi: 10.18502/keg.v1i2.1498.
- [50] “Adaptive Intelligent Digital Engineering Tutor (AIDET)” [Online]. Available: <https://aidet.dev/> [Accessed: 9-Feb-2024].