Use of Artificial Intelligence in Electrical Engineering STEMpreneur Projects at UBE

Mónica Molina-Barzola[1,2], Alexandra Yépez-Vera[1,2], Josué Pincay-Quiroz[1,2], Roxana Chiquito-Chilan[1,2] and Wellington Maliza-Cruz[1,2,3]
[1]Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador; *mmmolinab@ube.edu.ec*
[2]Centro de Emprendimiento, Empleabilidad y Empresa (CE3) de la UBE, *emprendimiento@ube.edu.ec; aeyeezv@ube.edu.ec; jgpincayq_a@ube.edu.ec; rrchiquitoc@ube.edu.ec*
[3]Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la UBE, *wimalizac@ube.edu.ec*

Abstract– ***We evaluated the impact of integrating Artificial Intelligence (AI) and active learning methodologies within an entrepreneurship course for Electrical Engineering students. The course was redesigned so that approximately 60% of activities shifted from traditional lectures to a hands-on, problem-solving model in which AI tools supported the ideation, modeling, and prototyping of business ideas aligned with the Sustainable Development Goals. A post-test questionnaire was administered to assess students' perceptions of AI usefulness, efficiency gains, and future capability. Results show that the overall quality of student projects reached a mean score of 4.04 out of 5. A critical finding is that students demonstrated analytical capacity when interacting with generative AI; some confirmed the accuracy of AI outputs, while others explicitly detected hallucinations and corrected technical or economic errors. This validates that the pedagogical redesign fostered critical thinking, with AI serving strictly as a supporting resource without substituting the student's judgment. The main contribution of this work is a scalable, evidence-based methodology for fostering entrepreneurial skills and digital competencies in engineering education. Its significance lies in demonstrating that a technology-enhanced active learning framework can simultaneously improve project quality, student confidence, the responsible use of generative AI, and the incorporation of digital design and manufacturing tools.***

Keywords-- Generative Artificial Intelligence; engineering entrepreneurship; active learning; AI literacy; Electrical Engineering.

Uso de Inteligencia Artificial en Proyectos STEMpreneur de Ingeniería Eléctrica en UBE

Mónica Molina-Barzola[1,2], Alexandra Yépez-Vera[1,2], Josué Pincay-Quiroz[1,2], Roxana Chiquito-Chilan[1,2] and Wellington Maliza-Cruz[1,2,3]
[1]Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador;
[2]Centro de Emprendimiento, Empleabilidad y Empresa (CE3) de la UBE, *emprendimiento@ube.edu.ec;mmmolinab@ube.edu.ec; aeyeezv@ube.edu.ec; jgpincayq_a@ube.edu.ec; rrchiquitoc@ube.edu.ec*
[3]Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la UBE, *wimalizac@ube.edu.ec*

Resumen*– Evaluamos el impacto de integrar la Inteligencia Artificial (IA) y metodologías de aprendizaje activo dentro de un curso de emprendimiento para estudiantes de Ingeniería Eléctrica. El curso fue rediseñado de tal manera que aproximadamente el 60% de las actividades se trasladaron de conferencias tradicionales a un modelo práctico de resolución de problemas donde las herramientas de IA apoyaron la ideación, modelado y prototipado de ideas de negocio alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se administró un cuestionario post-prueba para evaluar las percepciones de los estudiantes sobre la utilidad de la IA, las ganancias de eficiencia y la capacidad futura. Los resultados muestran que la calidad general de los proyectos de los estudiantes alcanzó una puntuación media de 4.04 de 5. Un hallazgo crítico es que los estudiantes demostraron capacidad analítica al interactuar con la IA generativa; algunos confirmaron la precisión de las salidas de la IA, mientras que otros detectaron explícitamente alucinaciones y corrigieron errores técnicos o económicos. Esto valida que el rediseño pedagógico fomentó el pensamiento crítico, donde la IA sirvió estrictamente como un recurso de apoyo sin sustituir el juicio del estudiante. La principal contribución de este trabajo es una metodología escalable basada en evidencia para fomentar habilidades empresariales y competencias digitales en la educación en ingeniería. La importancia radica en demostrar que un marco de aprendizaje activo mejorado por la tecnología puede simultáneamente mejorar la calidad del proyecto, la confianza del estudiante y el uso responsable de la IA generativas y la incorporación de herramientas de diseño y manufactura digital.

Palabras clave*-- Inteligencia Artificial generativa; emprendimiento en ingeniería; aprendizaje activo; alfabetización en IA; Ingeniería Eléctrica.

I. Introducción

El panorama de la educación superior está experimentando una profunda transformación, impulsada por el rápido avance de las tecnologías digitales y las demandas cambiantes de la fuerza laboral del siglo XXI. Dentro de las disciplinas de ingeniería, existe un reconocimiento creciente de que los modelos pedagógicos tradicionales basados en clases magistrales son insuficientes para cultivar las habilidades complejas requeridas para la innovación y el emprendimiento [1]. Esto es particularmente cierto en campos como la Ingeniería Eléctrica, donde los graduados no solo deben poseer un profundo conocimiento técnico, sino también la capacidad de identificar oportunidades de mercado, desarrollar soluciones sostenibles y navegar por las complejidades del entorno empresarial moderno [2]. En consecuencia, existe una necesidad apremiante de marcos pedagógicos que integren el aprendizaje activo y experiencial con tecnologías emergentes para fomentar estas competencias.

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación presenta tanto oportunidades sin precedentes como desafíos significativos. Las herramientas de IA, particularmente la IA generativa, pueden servir como asistentes poderosos para la ideación, el análisis de datos y la creación de prototipos, acelerando potencialmente el proceso de aprendizaje y permitiendo a los estudiantes abordar problemas más complejos [3]. Sin embargo, la adopción acrítica de tales tecnologías corre el riesgo de socavar la autoría y el pensamiento crítico de los estudiantes, ya que los alumnos pueden volverse excesivamente dependientes de los resultados generados por la IA sin verificar su exactitud ni comprender sus limitaciones [4]. Por lo tanto, un desafío central para los educadores es diseñar experiencias de aprendizaje que aprovechen la eficiencia de la IA mientras cultivan simultáneamente las habilidades analíticas necesarias para su uso responsable.

Esta investigación aborda este desafío evaluando un curso de emprendimiento rediseñado dentro del programa de Ingeniería Eléctrica (PE-IEHE03- Electricidad Híbrida, Período II: octubre 2025 - marzo 2026) y (PE-IEHE04, Periodo I: abril 2026 - septiembre 2026).

El objetivo principal fue documentar la efectividad, percepción y utilidad de las tecnologías de IA cuando se aplican al desarrollo de ideas de negocio alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las soluciones eléctricas. La hipótesis central postuló que un marco pedagógico rediseñado, pasando de la instrucción tradicional basada en clases magistrales a un modelo experiencial de resolución de problemas con herramientas de IA integradas, mejoraría la motivación de los estudiantes, la calidad de los proyectos y las competencias digitales. El curso sufrió una transformación metodológica sustancial, con aproximadamente el 60% de todas las actividades rediseñadas para incorporar herramientas de IA en todas las fases del proceso emprendedor, desde la ideación y agrupación de problemas hasta el modelado financiero y la creación de prototipos.

La principal contribución de este trabajo es una metodología escalable y basada en evidencia para fomentar habilidades emprendedoras y competencias digitales en la educación en ingeniería. La importancia radica en demostrar que un marco de aprendizaje activo mejorado por la tecnología puede mejorar simultáneamente la calidad de los proyectos, la confianza de los estudiantes y el uso responsable de la IA generativa. Los resultados muestran que los estudiantes no solo produjeron proyectos de mayor calidad, sino que también desarrollaron una capacidad crítica para detectar y corregir errores generados por la IA, como "alucinaciones" en datos técnicos o económicos. Esto valida que el rediseño pedagógico fomentó con éxito un uso crítico de la IA, donde la tecnología funcionó estrictamente como un recurso de apoyo para el análisis y modelado sin sustituir el juicio, la autoría o la toma de decisiones del estudiante.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera: La Sección 2 revisa la literatura relevante sobre educación en emprendimiento, aprendizaje activo y la integración de la IA en los planes de estudio de ingeniería. La Sección 3 detalla el rediseño metodológico del curso, incluyendo las herramientas de IA específicas y las estrategias de aprendizaje activo empleadas. La Sección 4 presenta los resultados cuantitativos del cuestionario posterior a la prueba, centrándose en las percepciones de los estudiantes sobre la calidad del proyecto, el aumento de eficiencia y el pensamiento crítico. La Sección 5 discute las implicaciones de estos hallazgos para la práctica pedagógica y la investigación futura. Finalmente, la Sección 6 concluye el artículo resumiendo las contribuciones clave y esbozando vías potenciales para escalar este enfoque.

II. Revisión de la literatura

La intersección de la educación en emprendimiento, el aprendizaje activo y la inteligencia artificial representa una frontera de rápida evolución en la pedagogía de la ingeniería. Los enfoques tradicionales para la educación en emprendimiento a menudo se han basado en la instrucción a través de clases magistrales y estudios de casos teóricos, que pueden preparar inadecuadamente a los estudiantes para la naturaleza dinámica e incierta de la creación de empresas en el mundo real [1]. En respuesta, los académicos han abogado cada vez más por modelos de aprendizaje experiencial que sumergen a los estudiantes en actividades prácticas de resolución de problemas, fomentando así las habilidades prácticas y la mentalidad esenciales para el éxito empresarial [2]. Este cambio se alinea con tendencias más amplias en la educación en ingeniería, donde el aprendizaje basado en proyectos y en problemas ha demostrado beneficios significativos para el compromiso de los estudiantes y la retención del conocimiento.

Las metodologías de aprendizaje activo, como el enfoque "Maker" o práctico, enfatizan aprender haciendo, donde los estudiantes construyen el conocimiento interactuando directamente con materiales, herramientas y desafíos del mundo real [5]. Dentro de la educación para el emprendimiento, se ha demostrado que estas metodologías mejoran la capacidad de los estudiantes para identificar oportunidades, desarrollar modelos de negocio e iterar sobre prototipos [6]. Sin embargo, la integración de tecnologías digitales, particularmente la IA, en estos marcos de aprendizaje activo sigue siendo un área de investigación activa. El potencial de la IA para servir como cocreador o asistente inteligente en el proceso emprendedor es considerable, sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente diseñada para evitar socavar las mismas habilidades que busca cultivar [4].

Estudios recientes han explorado el uso de la IA generativa en entornos educativos, destacando tanto sus promesas como sus peligros. Por ejemplo, los asistentes de IA conversacionales pueden facilitar la lluvia de ideas y la agrupación de problemas durante la fase de ideación, permitiendo a los estudiantes generar y organizar una gama más amplia de ideas de lo que podrían por sí solos [7]. Del mismo modo, las herramientas de IA pueden ayudar en el modelado financiero al generar proyecciones para el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno y el análisis de flujo de efectivo, reduciendo así el tiempo y la carga cognitiva asociados con cálculos complejos [3]. Sin embargo, una preocupación crítica es que los estudiantes puedan aceptar acríticamente los resultados generados por la IA, lo que lleva a una comprensión superficial de los conceptos subyacentes y a una capacidad disminuida para el juicio independiente [8]. Este riesgo es particularmente agudo en dominios como el emprendimiento, donde la toma de decisiones a menudo implica compensaciones matizadas y factores contextuales que la IA puede no capturar por completo.

El concepto de "alfabetización en IA" ha surgido como una competencia crucial para los estudiantes en la era de la IA generativa. Esto abarca no solo la capacidad de usar herramientas de IA de manera efectiva, sino también la capacidad de evaluar críticamente sus resultados, identificar errores o sesgos y comprender las limitaciones de la tecnología [9]. Los marcos pedagógicos que incorporan la IA en experiencias de aprendizaje activo pueden potencialmente fomentar esta alfabetización al requerir que los estudiantes interactúen directamente con los resultados de la IA, verifiquen su exactitud y tomen decisiones informadas sobre cuándo y cómo depender de ellos. Por ejemplo, un estudio sobre la integración de entornos de metaverso interactivos e IA generativa para la educación en economía digital verde descubrió que los estudiantes que criticaron y refinaron activamente modelos de negocio generados por IA demostraron niveles más altos de pensamiento crítico y una comprensión conceptual más profunda [10].

A pesar de estos prometedores desarrollos, sigue existiendo una brecha en la literatura con respecto a la integración sistemática de la IA en todas las fases del proceso emprendedor dentro de un marco pedagógico único y coherente. Muchos estudios existentes se centran en aplicaciones aisladas de la IA, como la ideación o la creación de prototipos, sin abordar cómo estas herramientas pueden entrelazarse para respaldar un viaje empresarial completo, desde la identificación del problema hasta el modelado financiero [2]. Además, la evaluación de los resultados de los estudiantes en dichos entornos integrados a menudo se ha limitado a percepciones subjetivas u

observaciones cualitativas, con menos estudios que proporcionen evidencia cuantitativa de mejoras en la calidad del proyecto, aumentos de eficiencia y habilidades de pensamiento crítico [7].

La presente investigación aborda directamente estas brechas evaluando un curso de emprendimiento rediseñado que integra la IA transversalmente en todas las fases del proceso emprendedor, desde la ideación y la agrupación de problemas hasta la construcción del lienzo del modelo de negocio y el modelado financiero. A diferencia de trabajos anteriores que han examinado herramientas de IA de forma aislada, este estudio proporciona una evaluación holística de su impacto combinado en los resultados de los estudiantes. Además, el diseño experimental incluye un cuestionario posterior a la prueba que mide cuantitativamente las percepciones de los estudiantes sobre la calidad del proyecto, las ganancias de eficiencia y la capacidad futura, ofreciendo así evidencia robusta de la efectividad de la metodología propuesta. Una característica distintiva clave de esta investigación es su enfoque explícito en fomentar el pensamiento crítico a través de la detección y corrección de errores generados por la IA, como alucinaciones en datos técnicos o económicos. Este énfasis en el uso responsable de la IA, validado por los informes de los estudiantes sobre la identificación y corrección de inexactitudes, representa una contribución significativa a la literatura sobre la alfabetización en IA en la educación en ingeniería. Al demostrar que un marco de aprendizaje activo mejorado por la tecnología puede mejorar simultáneamente la calidad de los proyectos, la confianza de los estudiantes y el compromiso crítico con la IA, este trabajo proporciona un modelo escalable y basado en evidencia para integrar la IA en la educación sobre emprendimiento de una manera que mejora en lugar de disminuir el aprendizaje de los estudiantes

III. Metodología

El marco metodológico de este estudio se diseñó para evaluar el impacto de integrar la Inteligencia Artificial y metodologías de aprendizaje activo dentro de un curso de emprendimiento para estudiantes de Ingeniería Eléctrica. El curso, designado como PE-IEHE03 Electricidad Híbrida, se llevó a cabo durante el Período II (Octubre 2025 - Marzo 2026) e involucró una transformación pedagógica integral. Aproximadamente el 60% de todas las actividades del curso fueron rediseñadas o creadas desde cero para incorporar herramientas de IA, cambiando el paradigma instruccional de la entrega tradicional basada en clases magistrales a un modelo experiencial de resolución de problemas centrado en desafíos del mundo real.

La investigación empleó un diseño cuasi-experimental posterior a la prueba, en el que se administró un cuestionario estructurado a todos los estudiantes inscritos al finalizar el curso. El instrumento, titulado "Cuestionario Post-Test de Evaluación del Uso de IA en Proyectos STEMpreneur", fue desarrollado para evaluar cuantitativamente las percepciones de los estudiantes en cuatro dimensiones clave: calidad general del proyecto, utilidad de la IA en la conexión de soluciones eléctricas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ganancias de eficiencia derivadas del uso de la IA, y capacidad futura para seguir utilizando estas tecnologías. Cada dimensión se midió utilizando una escala Likert de cinco puntos, donde 1 representaba el nivel más bajo y 5 el nivel más alto de acuerdo o satisfacción. El cuestionario también incluyó ítems de respuesta abierta para capturar percepciones cualitativas sobre las interacciones de los estudiantes con la IA, en particular instancias en las que detectaron y corrigieron errores o alucinaciones en los resultados generados por la IA.

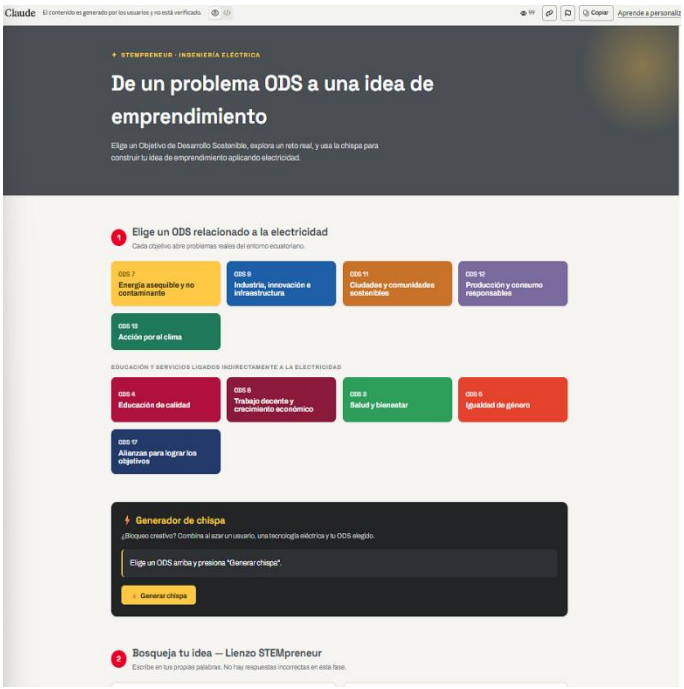


Fig. 1. Herramienta con IA en función de los ODS.

El rediseño pedagógico se estructuró en torno a tres fases secuenciales del proceso emprendedor, cada una apoyada por herramientas de IA específicas y estrategias de aprendizaje activo. Durante la fase de ideación y priorización, los estudiantes emplearon asistentes de IA conversacionales junto con pizarras digitales para llevar a cabo sesiones colaborativas de lluvia de ideas. Las herramientas de IA Figura 1, facilitaron la generación de un amplio espectro de enunciados de problemas relacionados con la ingeniería eléctrica y la sostenibilidad, mientras que las pizarras digitales permitieron a los estudiantes agrupar y priorizar estos problemas en función de la viabilidad y la alineación con los ODS. Se requirió que todas las interacciones estudiante-IA dejaran evidencia rastreable a través de enlaces a cada herramienta utilizada Figura 2, garantizando la transparencia y permitiendo el análisis posterior del proceso de ideación.

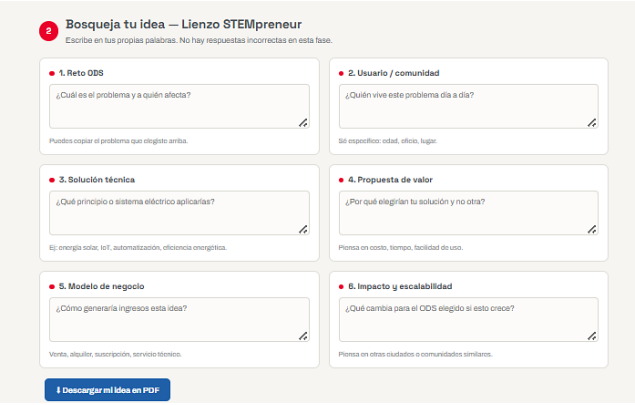


Fig. 2. Lienzo STEMpreneur.

La fase de modelado y creación de prototipos Figura 3, constituyó el núcleo del enfoque práctico orientado a la creación ("Maker"). Los estudiantes construyeron de manera autónoma artefactos interactivos que representaban sus modelos de negocio, incluyendo el Business Model Canvas, proyecciones financieras y análisis de inversiones. Para el diseño gráfico de sus marcas y el prototipado físico de piezas representativas de cada idea de negocio, los estudiantes emplearon Affinity Designer para el diseño de logotipos, Tinkercad para el modelado 3D y una impresora Flashforge AD5X para la fabricación de los prototipos impresos.

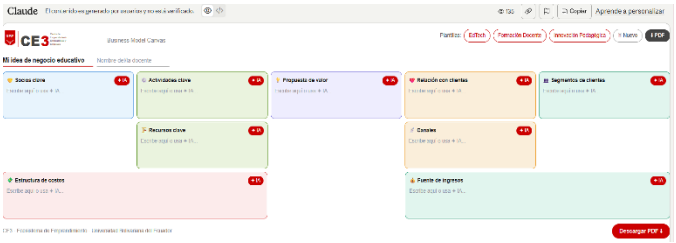


Fig. 3. Business Model Canvas.

Específicamente, utilizaron herramientas de IA para generar e iterativamente refinar los cálculos del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), los estados de flujo de efectivo y el análisis del punto de equilibrio. La IA sirvió como un asistente computacional Figura 4, realizando cálculos complejos y generando borradores iniciales de modelos financieros. Sin embargo, se requirió que los estudiantes evaluaran críticamente estos resultados, verificaran su precisión frente al conocimiento específico del dominio y realizaran las correcciones necesarias.

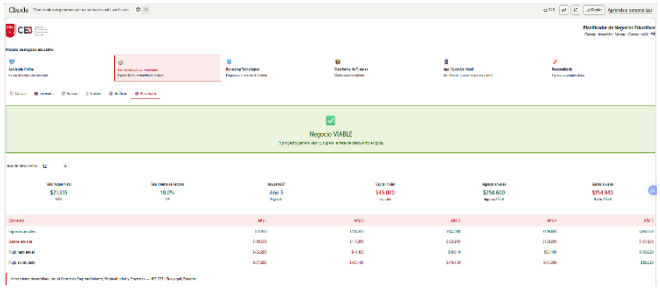


Fig. 4. Herramienta de cálculo IA.

Este proceso fue diseñado para garantizar que la IA funcionara estrictamente como un recurso de apoyo para el análisis y el modelado sin sustituir el juicio, la autoría o la toma de decisiones del estudiante.

La tercera fase involucró la integración y presentación de las propuestas de negocios finales. Los estudiantes compilaron su trabajo asistido por IA en informes de proyectos y presentaciones completas, que fueron evaluadas tanto por compañeros como por instructores. Los criterios de evaluación incluyeron la coherencia del modelo de negocio, la solidez técnica de la solución eléctrica, la alineación con los ODS y la evidencia de un compromiso crítico con las herramientas de IA. El cuestionario posterior a la prueba se administró inmediatamente después de las presentaciones finales para capturar las percepciones de los estudiantes mientras la experiencia aún estaba fresca.

La muestra estuvo conformada por todos los estudiantes matriculados en el curso, con un total de 42 participantes. Las características demográficas de la muestra fueron representativas del programa de Ingeniería Eléctrica, con una mayoría de estudiantes masculinos y una edad promedio de 22 años. Antes del curso, los estudiantes tenían una exposición limitada a las herramientas de IA en un contexto académico, aunque la mayoría informó familiaridad con tecnologías digitales básicas. El estudio se llevó a cabo de acuerdo con las pautas éticas institucionales, y todos los participantes dieron su consentimiento informado para el uso de sus respuestas anonimizadas en la investigación.

El análisis de datos involucró estadísticas descriptivas para calcular puntuaciones medias y desviaciones estándar para cada dimensión del cuestionario. Además, se aplicó un análisis temático a las respuestas abiertas para identificar patrones en las experiencias de los estudiantes con la IA, particularmente con respecto a la detección y corrección de errores. Los resultados cuantitativos se triangularon con las percepciones cualitativas para proporcionar una comprensión integral de la efectividad de la intervención pedagógica. Este enfoque de métodos mixtos permitió una evaluación sólida tanto de la utilidad percibida de la IA como del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico entre los estudiantes

IV. Resultados

Los resultados del cuestionario posterior a la prueba proporcionan evidencia cuantitativa que respalda la efectividad del rediseño pedagógico. Los datos recopilados de 42 estudiantes de Ingeniería Eléctrica revelan percepciones positivas consistentes en múltiples dimensiones, incluida la calidad del proyecto, los aumentos de eficiencia y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico al interactuar con IA generativa. Las siguientes subsecciones detallan estos hallazgos, comenzando con los cambios observados en los resultados de los estudiantes y seguidos por un análisis de sus percepciones de las nuevas tecnologías.

A. Cambios Observados en los Estudiantes (Motivación, Calidad y Adopción de Herramientas)

La implementación del marco pedagógico rediseñado, que integra herramientas de IA y metodologías de aprendizaje activo, catalizó una evolución significativa tanto en la calidad de los resultados de los estudiantes como en el desarrollo de sus competencias digitales. Se observó un cambio notable en la naturaleza de los entregables producidos por los estudiantes. En lugar de entregar un simple informe escrito, como era típico en el formato tradicional basado en conferencias, los estudiantes desarrollaron proyectos integrales e integrados que incluían un documento escrito detallado, un Lienzo de Modelo de Negocio (Business Model Canvas), un modelo financiero completo y un *pitch* en video [11]. Esta transformación de una tarea de formato único a un portafolio multifacético de calidad profesional refleja un compromiso más profundo con el proceso emprendedor y una aplicación más holística de las habilidades enseñadas.

Un resultado adicional del enfoque "Maker" fue la producción de prototipos físicos tangibles: los estudiantes diseñaron el logotipo de su marca en Affinity Designer, modelaron piezas representativas de su solución en Tinkercad y las fabricaron mediante una impresora 3D Flashforge AD5X. Estos objetos físicos, documentados fotográficamente al concluir cada sesión, complementaron los entregables digitales y permitieron a los estudiantes experimentar el ciclo completo de diseño, iteración y manufactura, reforzando la conexión entre la idea de negocio y su materialización tangible.

La calidad general de estos proyectos estudiantiles, evaluada por los propios participantes, alcanzó una puntuación media de 4.04 sobre 5 en el cuestionario posterior a la prueba. Esta alta autoevaluación indica que los estudiantes percibieron su trabajo como de mérito sustancial, probablemente debido al proceso de refinamiento iterativo habilitado por las herramientas de IA y al enfoque práctico orientado a la creación ("Maker"). La integración de la IA permitió a los estudiantes producir proyecciones financieras y modelos de negocios más sofisticados de lo que hubiera sido factible en el mismo período de tiempo utilizando métodos tradicionales, elevando así el resultado final [12].

Una observación crítica con respecto a la adopción de herramientas fue la forma madura y analítica en la que los estudiantes integraron la IA en su flujo de trabajo. El diseño pedagógico requería explícitamente que la IA funcionara estrictamente como un recurso de apoyo para el análisis y el modelado, sin sustituir el juicio, la autoría o la toma de decisiones del estudiante [13]. La evidencia de las respuestas abiertas en el cuestionario confirma que este objetivo se logró. Los estudiantes informaron que verificaron activamente la exactitud de los datos generados por la IA, y un número significativo detectó y corrigió explícitamente "alucinaciones", es decir, casos en los que la IA cometió errores técnicos o económicos. Por ejemplo, varios estudiantes notaron que la IA generó cálculos incorrectos para el Valor Presente Neto o la Tasa Interna de Retorno, que luego corrigieron utilizando su propio conocimiento del dominio. Esto demuestra que el rediseño pedagógico fomentó con éxito un uso crítico de la IA, donde la tecnología se empleó como una herramienta para la eficiencia y la exploración, pero no como un reemplazo de la propia capacidad analítica del estudiante.

Además, el requisito de que todas las interacciones estudiante-IA dejaran evidencia rastreable a través de enlaces a cada herramienta utilizada promovió la transparencia y la rendición de cuentas [14]. Esta práctica no solo permitió a los instructores monitorear la extensión del uso de la IA, sino que también alentó a los estudiantes a reflexionar sobre su propio proceso de adopción de herramientas. La evidencia rastreable reveló un patrón de refinamiento iterativo, donde los estudiantes generaban un resultado inicial de la IA, lo evaluaban críticamente y luego volvían a interactuar con la IA con correcciones o nuevos parámetros. Este ciclo iterativo, documentado a través de los enlaces, proporciona evidencia concreta del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y una comprensión sofisticada de las capacidades y limitaciones de la IA. La combinación de alta calidad del proyecto, compromiso crítico con la IA y documentación transparente del proceso representa un avance significativo sobre los enfoques pedagógicos tradicionales, validando la efectividad del marco rediseñado en el fomento de las habilidades empresariales y las competencias digitales.

B. Percepciones de los Estudiantes sobre las Nuevas Tecnologías

Los resultados del Cuestionario Post-Test de Evaluación del Uso de IA en Proyectos STEMpreneur Figura 5, revelan una recepción altamente favorable de las herramientas de IA integradas y un impacto directo y positivo en la eficiencia y confianza de los estudiantes. Los estudiantes calificaron su capacidad futura para continuar usando estas tecnologías con una media de 4.00 sobre 5, lo que indica un alto nivel de seguridad en sí mismos en las habilidades que adquirieron durante el curso [15]. Esta puntuación sugiere que el rediseño pedagógico no solo facilitó la finalización inmediata de las tareas, sino que también construyó una competencia duradera que los estudiantes creen que pueden transferir a futuros esfuerzos académicos o profesionales.

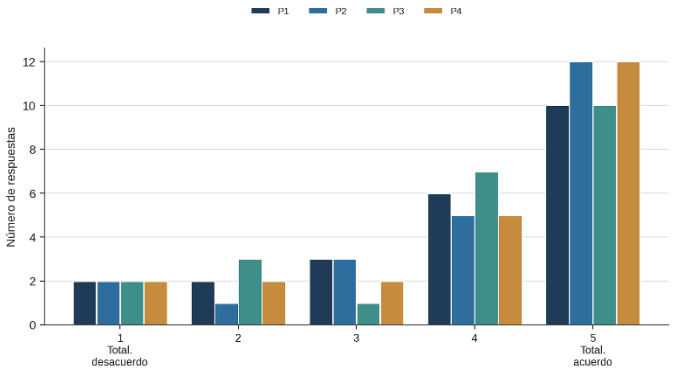


Fig. 5. Resultado Cuestionario Post-Test de Evaluación del Uso de IA

Los aumentos de eficiencia percibidos a partir del uso de la IA también fueron sustanciales, valorándose el ahorro de tiempo generado por las herramientas en 3.87 sobre 5 [15]. Este

hallazgo se alinea con el objetivo pedagógico de utilizar la IA para acelerar las fases de modelado y creación de prototipos, permitiendo a los estudiantes iterar más rápidamente sobre sus modelos de negocio y proyecciones financieras. La misma puntuación de 3.87 sobre 5 se asignó a la utilidad de la IA para establecer una conexión efectiva entre la solución eléctrica propuesta y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [15]. Este es un resultado particularmente importante Figura 6, ya que demuestra que las herramientas de IA pueden ayudar a los estudiantes a cerrar la brecha entre las soluciones técnicas de ingeniería y los desafíos sociales más amplios, una competencia clave para el emprendimiento moderno [16].

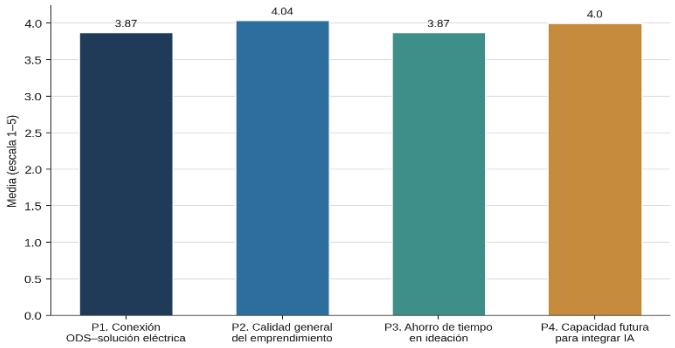


Fig. 6. Resultado de brechas en soluciones técnicas.

Un hallazgo crítico, y quizás el más revelador de los datos de percepción de los estudiantes, se refiere a la alfabetización digital y la detección de alucinaciones de IA. En su evaluación de las herramientas, los estudiantes demostraron una clara capacidad de pensamiento analítico al interactuar con la IA generativa. Si bien algunos estudiantes confirmaron la precisión de los datos generados por la IA, un subconjunto notable detectó explícitamente errores, informando que la IA cometió errores técnicos o económicos que requerían corrección [15]. Por ejemplo, los estudiantes identificaron inexactitudes en los cálculos financieros, como cifras incorrectas del Valor Presente Neto o la Tasa Interna de Retorno, y errores en las especificaciones técnicas relacionadas con sus soluciones eléctricas. Este proceso de verificación activa valida que el rediseño pedagógico fomentó con éxito un uso crítico de la IA Figura 7, donde la tecnología funcionó estrictamente como un recurso de apoyo para el análisis y el modelado sin sustituir el juicio, la autoría o la toma de decisiones de los estudiantes [13].

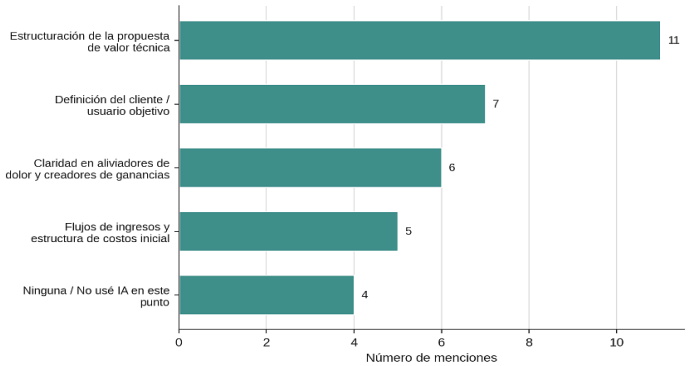


Fig. 7. Percepción de los estudiantes de los resultados por IA.

Las respuestas cualitativas arrojan aún más luz sobre este fenómeno. Los estudiantes no aceptaron pasivamente los resultados de la IA; en cambio, se involucraron en un proceso de refinamiento iterativo, utilizando su propio conocimiento del dominio para desafiar y corregir a la IA. Este comportamiento es un resultado directo del énfasis del curso en el enfoque "Maker" o práctico Figura 8, 9 y 10, donde el aprendizaje se produce a través de la acción y donde los estudiantes deben hacerse cargo de sus proyectos. El requisito de dejar evidencia rastreable de todas las interacciones de IA, a través de enlaces a cada herramienta utilizada, probablemente reforzó este compromiso crítico al hacer que el proceso fuera transparente y responsable [14].



Fig. 8 y 9. Trabajo de los estudiantes en el Maker Lab UIBE.

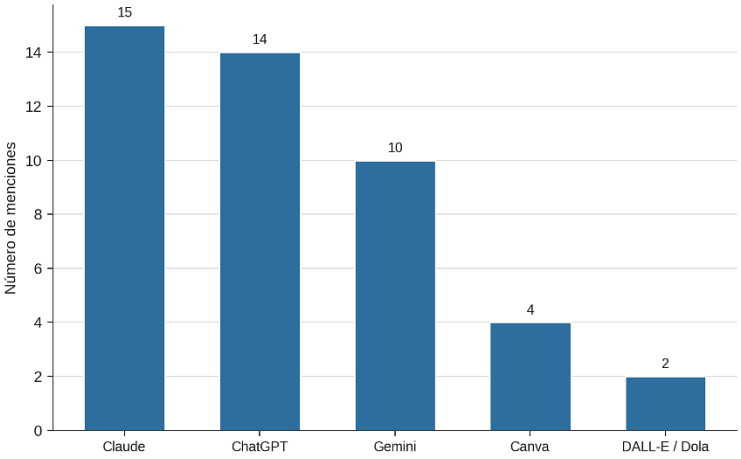


Fig. 10. Resultado del comportamiento Maker.

La combinación de alta utilidad percibida, ahorro significativo de tiempo y la capacidad demostrada para la detección crítica de errores indica que el marco pedagógico logró con éxito su doble objetivo: aprovechar la IA para la eficiencia y al mismo tiempo cultivar las habilidades analíticas necesarias para su uso responsable. Estas percepciones en conjunto pintan la imagen de un cuerpo estudiantil que no solo confía en su capacidad para usar nuevas tecnologías, sino que también es críticamente consciente de sus limitaciones

V. Discusión

Los hallazgos de este estudio tienen varias implicaciones importantes tanto para la teoría como para la práctica de la educación en emprendimiento en contextos de ingeniería. Desde un punto de vista teórico, los resultados desafían la

dicotomía tradicional entre la tecnología como herramienta de eficiencia y la tecnología como una amenaza para el pensamiento crítico. La evidencia de que los estudiantes detectaron y corrigieron activamente las alucinaciones de la IA sugiere que un marco pedagógico cuidadosamente diseñado puede transformar la IA generativa de una muleta potencial a un catalizador para un compromiso analítico más profundo. Esto se alinea con el concepto de "fracaso productivo" en las ciencias del aprendizaje [17], donde encontrar y superar errores conduce a una construcción de conocimiento más robusta. El presente estudio amplía esta idea a la interacción humano-IA, demostrando que cuando se requiere que los estudiantes verifiquen y refinen los resultados generados por la IA, desarrollan una comprensión más matizada tanto del contenido del dominio como de las limitaciones de la tecnología. Este hallazgo contribuye al creciente cuerpo de literatura sobre la alfabetización en IA en la educación [18], sugiriendo que el uso crítico de la IA no es una habilidad innata, sino una que debe cultivarse deliberadamente a través del diseño pedagógico.

Las implicaciones prácticas para los educadores y diseñadores de planes de estudio son sustanciales. Las altas puntuaciones en la calidad del proyecto (4.04/5) y la capacidad futura (4.00/5) indican que el marco rediseñado no solo es efectivo sino también escalable. Las instituciones que busquen integrar la IA en sus planes de estudio de emprendimiento pueden adoptar los principios básicos demostrados aquí: exigir evidencia rastreable de las interacciones con la IA, enfatizar el refinamiento iterativo por encima de la generación de un solo intento y enmarcar explícitamente a la IA como una herramienta de apoyo en lugar de un sustituto del juicio de los estudiantes. Para los formuladores de políticas, el estudio proporciona evidencia de que el aprendizaje activo mejorado por la tecnología puede abordar simultáneamente múltiples objetivos educativos: mejorar la calidad del proyecto, desarrollar competencias digitales y fomentar el pensamiento crítico, sin requerir recursos adicionales significativos. La inversión clave no reside en herramientas de IA costosas, sino en el rediseño pedagógico y la capacitación de instructores para facilitar este nuevo modo de aprendizaje.

Las futuras investigaciones se buscará explorar la aplicabilidad de este marco en diferentes disciplinas de ingeniería y contextos institucionales, ya que la naturaleza específica de las alucinaciones de la IA y los tipos de errores que detectan los estudiantes pueden variar según el dominio. Las áreas menos estudiadas incluyen el papel de la experiencia de los instructores a la hora de facilitar el uso crítico de la IA y el potencial de las herramientas de IA para exacerbar o mitigar las desigualdades existentes en la preparación de los estudiantes y el acceso a la tecnología. Finalmente, a medida que la IA generativa continúa evolucionando rápidamente, existe una necesidad apremiante de investigaciones que examinen cómo los marcos pedagógicos deben adaptarse a las nuevas capacidades, como la generación multimodal o la colaboración en tiempo real con agentes de IA, para garantizar que el desarrollo del pensamiento crítico siga siendo el núcleo de la experiencia de aprendizaje. Adicionalmente, al escalar este modelo a cursos con un número significativamente mayor de estudiantes, se identifican retos específicos: la necesidad de automatizar parcialmente la revisión de evidencias rastreables de interacciones con IA, el aumento de la carga de facilitación para los instructores en la detección guiada de alucinaciones, y la posible heterogeneidad en el acceso a herramientas de IA y manufactura digital [19]. En las futuras implementaciones se considerarán estrategias de apoyo entre pares y rúbricas estandarizadas para mantener la calidad del pensamiento crítico en grupos grandes.

VI. Conclusión

Esta investigación se propuso evaluar el impacto de integrar la Inteligencia Artificial y metodologías de aprendizaje activo dentro de un curso de emprendimiento para estudiantes de Ingeniería Eléctrica. La hipótesis central era que un marco pedagógico rediseñado, que pasara de la instrucción tradicional basada en clases magistrales a un modelo experiencial de resolución de problemas con herramientas de IA integradas, mejoraría la motivación de los estudiantes, la calidad de los proyectos y las competencias digitales. Los hallazgos proporcionan una fuerte evidencia a favor de esta hipótesis. Los estudiantes informaron de una alta calidad del proyecto (4.04/5), un ahorro significativo de tiempo derivado del uso de la IA (3.87/5) y una sólida confianza en su capacidad futura para aplicar estas tecnologías (4.00/5). La principal contribución de este trabajo es una metodología escalable y basada en evidencia que demuestra cómo se puede integrar la IA generativa en la educación para el emprendimiento, no como un sustituto del esfuerzo de los estudiantes, sino como un catalizador para un compromiso analítico más profundo. El estudio confirma que un marco pedagógico cuidadosamente diseñado puede transformar a la IA de una muleta potencial a una herramienta que mejora simultáneamente los resultados del proyecto y cultiva el pensamiento crítico, desafiando así la dicotomía tradicional entre la eficiencia tecnológica y el rigor intelectual.

Asimismo, la incorporación de herramientas de diseño y manufactura digital (Affinity Designer, Tinkercad e impresión 3D) amplió el marco pedagógico más allá de la IA generativa, evidenciando que combinar diseño gráfico, modelado 3D y prototipado físico fortalece la comprensión estudiantil del proceso emprendedor completo, desde la idea hasta un producto tangible.

De cara al futuro, los hallazgos abren varias vías prometedoras para la investigación. La necesidad más apremiante es realizar estudios longitudinales que rastreen si las habilidades de pensamiento crítico y las competencias digitales desarrolladas a través de este marco persisten más allá del curso y se transfieren a contextos empresariales del mundo real. Las futuras investigaciones también deben emplear diseños experimentales más rigurosos, que incluyan ensayos controlados aleatorizados con medidas objetivas de los resultados de aprendizaje, para aislar los efectos específicos de la pedagogía integrada con IA de otras variables de confusión. A medida que la IA generativa sigue evolucionando rápidamente, con nuevas capacidades como la generación

multimodal y la colaboración en tiempo real, existe una necesidad crítica de investigaciones que examinen cómo los marcos pedagógicos deben adaptarse para asegurar que el desarrollo del juicio de los estudiantes y la capacidad analítica sigan siendo centrales en la experiencia de aprendizaje. El presente estudio proporciona un modelo fundamental para tales investigaciones, demostrando que la integración reflexiva de la IA en entornos de aprendizaje activo puede producir mejoras significativas tanto en los resultados educativos como en la preparación de los estudiantes para un futuro impulsado por la tecnología.

AGRADECIMIENTO

A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UBE y al director de la carrera, así como a la directora del proyecto UBE MakerWomenSTEM ERASMUS-EDU-2024-CBHE, por el uso del laboratorio co-financiado por la UE.

REFERENCES

[1] F. Cantú-Ortiz, N. G. Sánchez, L. Garrido, et al., "An artificial intelligence educational strategy for the digital transformation," International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 2020.
[2] J. Browning and J. Bustard, "A systematic literature review of entrepreneurial education in electrical, electronic, and computer engineering curricula," IEEE Access, 2024.
[3] S. Zhan and L. Wang, "Integrating generative AI in higher education: Challenges, opportunities, and innovations in assessment practices within electrical engineering," Education Research and Perspectives, 2024.
[4] Q. Mu and Y. Zhao, "Transforming entrepreneurship education in the age of artificial intelligence," Resources Data Journal, 2024.
[5] C. Castaño, R. Caballero, J. Noguera, M. C. Austin, et al., "Developing sustainability competencies through active learning strategies across school and university settings," Sustainability, 2025.
[6] A. Cocu, E. Pecheanu, I. Susnea, S. Dingli, A. Istrate, et al., "Technology-enabled learning for green and sustainable entrepreneurship education," Administrative Sciences, 2025.
[7] A. Khavasi, "Exploring the integration of generative ai in entrepreneurship education pedagogical and ethical dimensions: Case study in a finnish university of applied sciences," theseus.fi, 2025.
[8] I. Zabalawi, H. Kordahji, H. Salti, and F. A. Khatib, "Artificial intelligence-driven engineering education," Higher Education in the Arab World, 2026.
[9] P. Naidoo and M. Sibanda, "Integrating artificial intelligence in electrical engineering education: A framework for the fourth industrial revolution," in The focus conference (TFC 2024), 2024.
[10] A. Abdelmagid, N. Jabli, A. Al-Mohaya, and A. Teleb, "Integrating interactive metaverse environments and generative artificial intelligence to promote the green digital economy and e-entrepreneurship in higher ...," Sustainability, 2025.
[11] V. Keerativutisest and T. Promsiri, "Financial feasibility canvas (FFC): Extending the business model canvas as a method to teach financial feasibility study in entrepreneurial finance," Journal of Entrepreneurship Education, 2021.
[12] R. Moro-Visconti, "The valuation of artificial intelligence-driven startups," Artificial Intelligence Valuation, 2024.
[13] A. da Silva, "Critical thinking and artificial intelligence in education," search.proquest.com, 2024.
[14] H. Li, Y. Fang, S. Zhang, S. Lee, Y. Wang, et al., "ARCHED: A human-centered framework for transparent, responsible, and collaborative AI-assisted instructional design," arXiv preprint arXiv:2503.08931, 2025.
[15] "Cuestionario post-test de evaluación del uso de IA en proyectos STEMpreneur." Resource not found.
[16] R. Ramirez-Mendoza, R. Morales-Menendez, et al., "Incorporating the sustainable development goals in engineering education," International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 2020.
[17] M. Kapur and N. Rummel, "Productive failure in learning and problem solving," Instructional Science, 2012, 2012.
[18] I. Fekete, "Artificial intelligence literacy in higher education: Theory and practice from a european perspective," books.google.com, 2025.
[19] L. Yan, L. Sha, L. Zhao, Y. Li, R. Martinez-Maldonado, G. Chen, X. Li, Y. Jin, and D. Gašević, "Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review," British Journal of Educational Technology, vol. 55, no. 1, pp. 90–112, 2024. https://doi.org/10.1111/bjet.13370