

Análisis de la formación de conceptos matemáticos con tecnologías digitales en Cálculo Diferencial para ingeniería

Analysis of mathematical concept formation with digital technologies in engineering differential calculus

Olga Lidia Pérez González

Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba
olga.perez@reduc.edu.cu. <https://orcid.org/0000-0003-4475-814X>

Wilson Mateo Alcántara

Ministerio de Educación, Dirección de Informática Educativa; Santo Domingo, República Dominicana
wilson.mateoa@miner.d.gob.do. <https://orcid.org/0000-0002-0925-5064>

Carmen Evarista Matías Pérez

Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología. Santo Domingo, República Dominicana
cmatias@mescyt.gob.do. <https://orcid.org/0000-0002-7104-4663>

Alexia Esther Nardín Anarela

Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; Camagüey, Cuba
alexia.nardin@reduc.edu.cu. <https://orcid.org/0000-0001-9319-6601>

Resumen

El actual desarrollo tecnológico del sector industrial exige nuevas estrategias didácticas que incidan en la formación conceptual en el Cálculo Diferencial (CD), sin embargo, para su implementación se debe diagnosticar cuál es la situación actual. El objetivo es describir los resultados del análisis sobre la formación de conceptos matemáticos con tecnologías digitales en el CD en Ingeniería en el contexto de la Industria 5.0. La metodología es cuantitativa y de tipo descriptiva, la muestra fue intencional (25 docentes y 125 estudiantes). El análisis se realizó en tres dimensiones: desempeño docente, desempeño estudiantil y uso de tecnologías digitales (asistentes virtuales y algoritmos de Inteligencia Artificial). Los resultados muestran bajo desempeño del docente para utilizar tecnologías digitales, y bajo desempeño del estudiante en el desarrollo de tareas matemáticas. Se concluyó que se debe potenciar el trabajo con tecnologías digitales basadas en algoritmos de Inteligencia Artificial en el que subyacen conceptos del CD.

Palabras clave: cálculo diferencial; formación conceptual; tecnologías digitales.

Abstract

The current technological development of the industrial sector demands new didactic strategies that have an impact on the conceptual formation in Differential Calculus (DC), however, for its implementation, the current situation must be diagnosed. The objective is to describe the results of the analysis on the formation of mathematical concepts with digital technologies in DC in Engineering in the context of Industry 5.0. The methodology is quantitative and descriptive, the sample was intentional (25 teachers and 125 students). The analysis was performed in three dimensions: teaching performance, student performance and use of digital technologies (virtual assistants and Artificial Intelligence algorithms). The results show low teacher performance in the use of digital technologies, and low student performance in the development of mathematical tasks. It was concluded that the work with digital technologies based on Artificial Intelligence algorithms, which underlie concepts of the CD, should be enhanced.

Keywords: differential calculus; conceptual formation; digital technologies.

Introducción

Problema de investigación

El acelerado desarrollo tecnológico actual conlleva a la transformación digital en todos sus ámbitos de la sociedad, eso exige a las universidades tener una visión predictiva y transformadora, capaz de formar profesionales preparados para desempeñarse en un escenario digital en el contexto ingenieril. En ese escenario Morales et al. (2019) destacan que el análisis actual sobre el perfeccionamiento del currículo de las carreras de Ingeniería hacia dos direcciones: hacia la modelación matemática y la formación científica, de ahí la importancia de que en el proceso formativo del ingeniero se deba incidir en la formación conceptual para que modelen y resuelvan problemas matemáticos, relacionadas con su profesión, con tecnologías digitales (Gibert et al., 2023).

Referente a lo anterior Wang et al. (2023) sugirió que las investigaciones sobre el Cálculo Diferencial deben actualizar su concepción didáctica a tono con el actual desarrollo tecnológico del sector industrial soportado en Internet de las cosas, Inteligencia Artificial y Computación cognitiva, o sea, a tono con la Industria 5.0. Lo anterior exige nuevas estrategias didácticas que incidan en las competencias profesionales, habilidades ingenieriles, en la comprensión de los conceptos de la asignatura con enfoque científico, humano, tecnológico, resiliente y sostenible para favorecer el desarrollo del pensamiento ingenieril innovador con una sólida formación básica (Gibert et al., 2023), sin embargo, para la implementación de esas estrategias se debe diagnosticar la situación actual.

De ahí, que se asuma como problema de la investigación a las insuficiencias en el tratamiento didáctico de los conceptos matemáticos con el uso de tecnologías digitales en el proceso de enseñanza–aprendizaje del Cálculo Diferencial para las carreras de Ingeniería.

Las tecnologías digitales analizadas fueron los asistentes virtuales y algoritmos de Inteligencia Artificial en función de la formación conceptual. El estudio realizado forma parte

de una investigación de doctorado, la metodología seguida es cuantitativa orientada a describir la situación actual relacionada con las insuficiencias en el trabajo con los conceptos matemáticos con tecnologías digitales.

Antecedentes

Variadas son las investigaciones relacionadas con la Industria 5.0, en ese sentido, Singh et al. (2021); Wang et al. (2023); Yang (2020); 朱 (2020) indagan sobre algunos fundamentos de la educación 4.0, pero, por lo general, no se hacen propuestas didácticas que integren los adelantos tecnológicos actuales a la matemática universitaria, en ese sentido, Park et al. (2020), y Plaza y Villa–Ochoa (2019) refieren sobre la importancia de ese tema para los países en vía de desarrollo, ya que la Industria 5.0 se tiene como tecnologías predominantes a la Computación Cognitiva, la Inteligencia Artificial y los Robots colaborativos, y para que esos países alcancen su competitividad en innovación tecnológica, deben prestar atención a la formación de ingenieros con dichas tecnologías.

Park et al. (2020) explicaron que la formación de ingenieros debe estar orientada a que sean competentes en el trabajo con modelos matemáticos de modo que puedan describir, y/o argumentar, diversos aspectos del componente tecnológico de los procesos técnicos, en los que se apliquen conceptos matemáticos fundamentales del Cálculo Diferencial e Integral, para deducir conclusiones sobre situaciones técnicas; además, deben ser capaces de obtener soluciones gráficas, simbólicas y numéricas basadas en datos experimentales y simular estos problemas mediante modelos computacionales.

Sin embargo, la formación de ingenieros sigue teniendo dificultades desde la Disciplina Matemática, pues aunque los programas están orientados al enfoque por competencias, la práctica educativa sigue siendo tradicional, donde se hace mayor énfasis en lo procedimental que en lo conceptual; y los docentes, por lo general tienen resistencia a la transformación digital de sus clases; y en otros casos no toman conciencia, o no tienen

conocimiento del desarrollo acelerado de la Industria 5.0, y su impacto en la formación de ingenieros (Báez et al., 2022; Barcos-Sánchez et al., 2023; Guarín y Parada, 2023).

Eso afecta negativamente la satisfacción tanto de estudiantes como de docentes en relación con la Matemática universitaria, especialmente en Cálculo Diferencial pues, generalmente, los estudiantes encuentran complicado entender y resolver problemas que involucren límites, derivadas, continuidad y la optimización, con el uso de recursos conceptuales y algorítmicos, además de argumentar ideas con precisión y rigor matemático; y lo más importante que no identifican la funcionalidad del conocimiento matemático en el contexto ingenieril (D'Amore, 2004; Gibert et al., 2023).

En ese mismo sentido, (Morales et al., 2019; Quevedo-Benítez et al., 2024) demostró que las herramientas digitales que generalmente se utilizan en el Cálculo Diferencial son GeoGebra, aplicaciones móviles, dispositivos móviles, aplicaciones de realidad aumentada, Moodle, Derive, Matlab pero no identificó al Internet de las cosas, Inteligencia Artificial y Computación cognitiva como objeto y medio de enseñanza en esa asignatura, y concluyó con la necesidad de diseñar estrategias didácticas con recursos digitales para que el estudiante pueda palpar la funcionalidad de los conceptos matemáticos en problemas relacionados con su profesión.

Otra de las dificultades relacionadas con las tecnologías digitales es que, en las situaciones de aprendizaje, en el Cálculo Diferencial, predomina el enfoque algorítmico, con el desarrollo de habilidades algebraicas, o sea, se hace una algebrización del Cálculo, lo que conlleva a que se desatienda la formación conceptual, lo cual es imprescindible para la formación de los ingenieros, de modo que sean competentes en su desempeño profesional (Báez et al., 2022; Barcos-Sánchez et al., 2023). En este contexto, Ghassan (2023) destacó la importancia de reforzar la Matemática en Ingeniería para preparar ingenieros competitivos, con movilidad ocupacional y capacidad para integrarse en el mercado laboral, con sustento de la ciencia y la tecnología; eso implica asegurar una sólida formación

conceptual en Matemática, disciplina fundamental en su formación, para que puedan abordar los problemas científicos y sociales actuales.

Además, autores como Plaza y Villa-Ochoa (2019) y Yang (2020) enfatizan en lo necesario de la formación conceptual. Sin embargo, sus propuestas son limitadas en cuanto al uso de tecnologías digitales que conlleven a valorar los procesos técnicos relacionados con su profesión que se desarrollan en el contexto de la Industria 4.0, y en el diseño de situaciones de aprendizaje que conlleven a develar los conceptos matemáticos que subyacen en la resolución de problemas de la Ingeniería.

No obstante, las dificultades en la comprensión de los conceptos, por parte de los estudiantes, el énfasis que se hace en lo instrumental con el uso de tecnologías digitales, y la poca interacción entre lo conceptual y lo procedimental con el uso de tecnologías digitales, como medio para mejorar la actividad del estudiante al resolver problemas matemáticos, evidencian deficiencias en el tratamiento didáctico del Cálculo Diferencial (Ballesteros-Ballesteros et al., 2021).

Los estudios realizados por Báez et al. (2022) sobre el Cálculo Diferencial para Ingeniería en República Dominicana, demuestran que se comprende la necesidad de utilizar tecnologías digitales en función de la formación conceptual de los estudiantes. Sin embargo, los docentes no están preparados para diseñar estrategias didácticas adecuadas en el contexto de la Internet de las cosas, la Inteligencia Artificial y la Computación Cognitiva (Industria 5.0).

Además, respecto al uso de las tecnologías digitales, en República Dominicana, se presta poca atención a su uso para propiciar el análisis conceptual en los problemas matemáticos que se desean resolver en el Cálculo Diferencial, pues por lo general, ellas sólo se utilizan para encontrar la solución a un problema dado, sin que conlleven a su reflexión conceptual. Eso lleva a dar más importancia al conocimiento procedimental, y poca atención a la interpretación conceptual de los problemas, y poca valoración de las ventajas del uso

de la tecnología para modelar y encontrar la solución de problemas reales inherentes a su futura profesión, y así consolidar el uso de los conceptos matemáticos (Báez et al., 2022; Reyes et al., 2024).

Para mitigar las dificultades, Esquivel y Ayala (2024); Perilla et al. (2022); Santos et al. (2024) sugieren la necesidad de que los docentes conozcan la caracterización teórico-metodológica del Cálculo Diferencial para Ingeniería para comprender que su enseñanza puede desarrollarse con dos enfoques (tradicionales e innovadores), en lo que tiene la influencia de las creencias y expectativas de los docentes.

Otros aspectos, que deben comprender los docentes es que al afiliarse al enfoque tradicionalista se potencia el pensamiento algebraico, numérico, formal e infinitesimalista, en cuál se trabaja, en un primer momento, el desarrollo procedimental, en un segundo momento abordar el desarrollo conceptual, y en un tercer momento, las aplicaciones a la solución de problemas prácticos, como vía de dejar evidencias sobre la funcionalidad del contenido matemático (Plaza y Villa-Ochoa, 2019); afiliarse a ese enfoque, conlleva a la necesidad de conocer, e identificar, los efectos negativos del problema didáctico de la algebrización del Cálculo Diferencial, y además, realizar acciones para favorecer el paso del pensamiento algebraico al analítico.

Si, por el contrario, si se asume el enfoque innovador, se potencia el pensamiento geométrico, variacional y computacional, a través de la solución de problemas contextualizados a fenómenos ingenieriles (Barcos-Sánchez et al., 2023), de modo que, en un primer momento, se estudien los conceptos subyacentes en la resolución de esos problemas, y en un segundo momento, trabajar el aspecto procedimental en ese proceso resolutivo.

En ambos enfoques, se deben comprender dos aspectos esenciales: el primero que el concepto de derivada se puede desarrollar a través de diversos significados (Bastias y Pino-Fan, 2023; Verón et al., 2024), sin embargo, la disciplina Matemática, en el currículo

de las carreras de Ingeniería en República Dominicana, por lo general, se aborda utilizando su significado mediante límites (Báez et al. 2022); y el segundo que se debe comprender que la Inteligencia Artificial subyace en las tecnologías digitales, lo cual requiere preparar al ingeniero para subsistir en una sociedad permeada por la Industria 5.0 (Mendoza-Higuera et al., 2018).

En ese sentido, los docentes para comprender que los algoritmos de Inteligencia Artificial se orientan generalmente a buscar valores óptimos (optimización), predecir rutas más eficientes, predecir la demanda futura de energía, entrenar agentes que puedan jugar de forma más eficientes que los humanos, entre otros aspectos (Wang et al., 2023), los cuales están relacionados con los conceptos de Cálculo Diferencial.

En ese sentido, el Cálculo Diferencial actualmente se explica como un proceso innovador en el que se integran conceptos y procedimientos, en el que se expresa la relación dialéctica de análisis –síntesis y abstracto–concreto, con el uso de recursos didácticos (tradicionales y digitales), transferencias de registros de representación semiótica (RRS) de los conceptos objeto de estudio, conjeturas matemáticas, logos y praxis en el análisis de procesos variacionales, y con tecnologías digitales basadas en algoritmos de Inteligencia Artificial en el que subyacen sus conceptos fundamentales, orientado a propiciar el logro de los desempeños que deben caracterizar al ingeniero en la Industria 5.0 (Wang et al., 2023).

Todo lo anterior propicia formar a los ingenieros con pensamiento matemático contextualizado a la Ingeniería, con carácter multilateral (docente–estudiantes–grupo estudiantil), problematizador, contextual e interdisciplinario, y desarrollador; y según Mateo et al.(2024), el diagnóstico del comportamiento el Cálculo Diferencial como proceso innovador, y las características expuestas anteriormente, debe concebir tres dimensiones que involucren el desempeño didáctico del docente, el desempeño del estudiante en el

desarrollo de tareas matemáticas y el empleo de tecnologías digitales para resolver problemas matemáticos e ingenieriles.

En la dimensión I, relacionada con el desempeño del docente en el trabajo con los conceptos matemáticos y con el uso de tecnologías digitales, se agrupan indicadores relacionados con su preparación para:

- a) Favorecer la comprensión de los conceptos matemáticos con el uso de tecnologías digitales,
- b) Establecer relación entre los RRS de los conceptos, las conjeturas matemáticas y el análisis de logos y praxis.
- c) Diseñar situaciones de aprendizaje que se correspondan con las competencias esperadas en la formación del futuro ingeniero, de acuerdo a las exigencias de su formación en la Industria 5.0.

La dimensión II relacionada con el desempeño del estudiante del estudiante en el desarrollo de tareas matemáticas, se relaciona con los criterios de Mendoza-Higuera et al. (2018); Soto et al. (2024) y Ugalde et al. (2023) de exigir que se pongan en juego los conceptos matemáticos en situaciones ingenieriles de optimización, comparación y predicción, para generar argumentos conceptuales, en contextos ingenieriles, en diversas prácticas de la profesión.

Para valorar el desempeño del estudiante se considera como referente pedagógico a Báez et al., (2022) y Mateo et al. (2024) referente a los siguientes niveles de desempeños esperados en el Cálculo Diferencial para Ingeniería:

- Nivel 1: Reconocimiento (Limitado desempeño).
- Nivel 2: Relación (Desempeño intermedio).
- Nivel 3: Deducción formal (Desempeño adecuado)

En el nivel 1 se espera que el estudiante identifica, y distinga las características de los conceptos matemáticos que subyacen en los fenómenos ingenieriles, modelados matemáticamente, con características de la Industria 5.0; por su parte, en el nivel 2 se espera que dada una situación ingenieril, y su respectivo modelo matemático, se puedan relacionar los conceptos matemáticos en diversos RRS.; describir propiedades y procedimientos, con argumentos inductivos y deductivos, así como comunicar y reflexionan, con el uso del lenguaje matemático, la argumentación de la funcionalidad de los conceptos matemáticos.

Y el tercer nivel, cuando puede completar el proceso de solución de la tarea asignada, en el que descubren nuevas funcionalidades de los conceptos matemáticos en la situación dada, y además, logran construir otras nociones matemáticas en ámbitos ingenieriles, o en prácticas sociales en las que puedan analizar el conocimiento matemático.

En la dimensión II también se debe considerar la autonomía conceptual del estudiante al solucionar tareas del Cálculo Diferencial; la misma se evidencia cuando el estudiante es flexible en las diferentes formas de representar los conceptos que intervienen en el problema a resolver, y que, además, pueda resignificar sus saberes matemáticos en diversos contextos ingenieriles permeados de tecnologías digitales.

Y por último, la dimensión III, orientada al empleo de tecnologías en la solución de problemas matemáticos, la cual se orienta a valorar el conocimiento que tiene el docente sobre las tecnologías digitales que requiere trabajar el futuro ingeniero, y se manifiesta cuando es capaz de identificarlas, en qué momentos utilizarlas y cuáles son las razones e importancia de su uso en el contexto de la Industria 5.0.

Además, el conocimiento sobre la relación de las tecnologías digitales con el Cálculo Diferencial en contextos ingenieriles; y su preparación para seleccionar situaciones de aprendizaje, en las que sea necesario el trabajo con las transferencias de los RRS, exploración de conjeturas matemáticas, y análisis de logos-praxis a través del uso de la

Internet de las cosas, Inteligencia Artificial y la Computación Cognitiva, como tecnologías digitales de la Industria 5.0.

Objetivo

Realizar un diagnóstico sobre la formación de conceptos matemáticos, con el uso de tecnologías digitales, en el proceso de enseñanza–aprendizaje del Cálculo Diferencial para las carreras de Ingeniería.

Preguntas de investigación

- ¿Cómo es el desempeño del docente en el trabajo con los conceptos matemáticos con el uso de tecnologías digitales?
- ¿Cómo es el desempeño del estudiante del estudiante en el desarrollo de tareas matemáticas?
- ¿Utilizan, y conocen, los docentes las tecnologías digitales para el tratamiento didáctico de los conceptos matemáticos?

Método

Clasificación de la investigación

La metodología cuantitativa y cualitativa, de tipo descriptivo en el que se develaron las causas y argumentos de los hallazgos encontrados, para de modo general develar las insuficiencias en el Cálculo Diferencial orientada a la formación de conceptos matemáticos (Mateo et al., 2024).

Participantes

Para la aplicación de los instrumentos se escogió como muestra intencional a 25 docentes de universidades dominicanas que participaron en el Diplomado “Estrategia Didáctica para la enseñanza–aprendizaje del Cálculo Diferencial en Ingeniería”.

Ese diplomado se desarrolló en la modalidad virtual en el marco del proyecto “Estrategia Didáctica para el Desarrollo Conceptual Procedimental en los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje del Cálculo Diferencial y su Efecto en el Desempeño Autónomo de Estudiantes Dominicanos en la Solución de Problemas Matemáticos”, el cual está financiado por el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT) de República Dominicana, código 2020–2021–1D3–188, ejecutado por la Universidad ISA, Santiago de los Caballeros, República Dominicana en consorcio con la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz de Cuba.

Ese grupo se seleccionó de forma intencional (muestra aleatoria), a partir de los siguientes criterios de inclusión: que todos fueran docentes de Cálculo Diferencial, tener disposición para participar en la investigación, y que se desempeñaran como tales, además de contar con más de cinco años de experiencia, con ellos se hicieron las entrevistas individuales y grupales, además se observaron clases virtuales. Cada docente que participó en el estudio seleccionó a cinco de sus estudiantes más destacados de su clase para encargarles la tarea investigativa.

Se observaron 10 clases, entrevistados 12 docentes de forma individual y 25 fueron sometidos a una entrevista grupal; una vez procesados los datos obtenidos, se trianguló la información para valorar las dimensiones I y III. Para valorar el desempeño de los estudiantes (dimensión II), se aplicó la tarea investigativa a los 125 estudiantes seleccionados.

Técnicas e instrumentos

La variable objeto de estudio es la formación conceptual con tecnologías en el Cálculo Diferencial para Ingeniería; para su definición se asumió la propuesta de Mateo et al. (2024) quien precisó los procesos en los que se concreta dicha formación, los aspectos a considerar y las cualidades que emergen de dichos procesos son las que aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Procesos de la formación conceptual en el Cálculo Diferencial.

No.	Procesos	Aspectos a considerar	Cualidad que debe emerger y Nivel de desempeño esperado
1	Interpretación de la coordinación de las transferencias de registros de representación semiótica de los conceptos del Cálculo Diferencial	Uso del lenguaje matemático en la interpretación de las transferencias de registros de representación de los conceptos, así como la descripción de las propiedades de esos conceptos	Flexibilidad en la representación semiótica del concepto (Nivel 1 de reconocimiento).
2	Exploración de conjeturas matemáticas sobre los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril	Conjeturas sobre el infinito matemático, el comportamiento tendencial de las funciones actividades de comparación, aproximación y optimización en diversos contextos matemáticos	Significatividad de la funcionalidad del concepto en el contexto ingenieril. (Nivel 2 de relación)
3	Articulación de logos y praxis sobre los procesos de variación y cambio en contextos de Ingeniería	Relación entre la argumentación logos y praxis que intervienen en los procesos ingenieriles y la sistematización de los conceptos a través de la solución de problemas del contexto ingenieril.	Resignificación de saberes matemáticos sobre el concepto en contextos ingenieriles. (Nivel 3 de deducción formal).

Fuente: adaptación de Mateo et al. (2024).

Los algoritmos de Inteligencia Artificial son asumidos como tecnologías digitales de la industria 5.0, y que se incluyen en el Cálculo Diferencial para que el estudiante analice la lógica de su funcionamiento y los conceptos matemáticos que subyacen en dichos algoritmos, y así contribuir a la formación conceptual. En todo el análisis realizado las tecnologías digitales analizadas fueron los asistentes virtuales y algoritmos de Inteligencia Artificial en función de la formación conceptual, por ser tecnologías que predominan en el contexto de la industria 5.0.

Validación de los instrumentos

Se validaron los instrumentos utilizados mediante el criterio de especialistas para lo cual fueron convocados 10 especialistas, de ellos tres de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, dos de la Universidad ISA, Santiago de los Caballeros y cinco (50%) de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.

Para la selección de esos especialistas se consideraron los siguientes criterios de inclusión: experiencia docente de más de 10 años (100%), categorías docentes principales de Titular (100%), categoría científica de Doctor (100%). Todos ellos de experiencia en la impartición del Cálculo Diferencial en la carrera de Ingeniería. La valoración de los especialistas fue favorable con recomendaciones; posterior a las recomendaciones fueron sometidos nuevamente a la valoración con buenos resultados.

Recolección y análisis de datos

Se asumen las dimensiones I, II, III del Cálculo Diferencial definidas en el apartado de antecedentes, y para la medición del valor de cada uno de sus indicadores se empleó la escala cualitativa de tipo ordinal Alto–Medio–Bajo (Báez et al., 2022). En la dimensión II, se valoró la relación entre el nivel de desempeño y la autonomía conceptual, para valorar la dimensión en alto–medio–bajo.

Para analizar el *comportamiento de las dimensiones I y III* se emplearon los siguientes instrumentos: guía de observación a clases Cálculo Diferencial en Ingeniería, entrevista individual y grupal a docentes y guía para el análisis del programa de la asignatura, todos los instrumentos se estructuraron atendiendo a los indicadores definidos anteriormente.

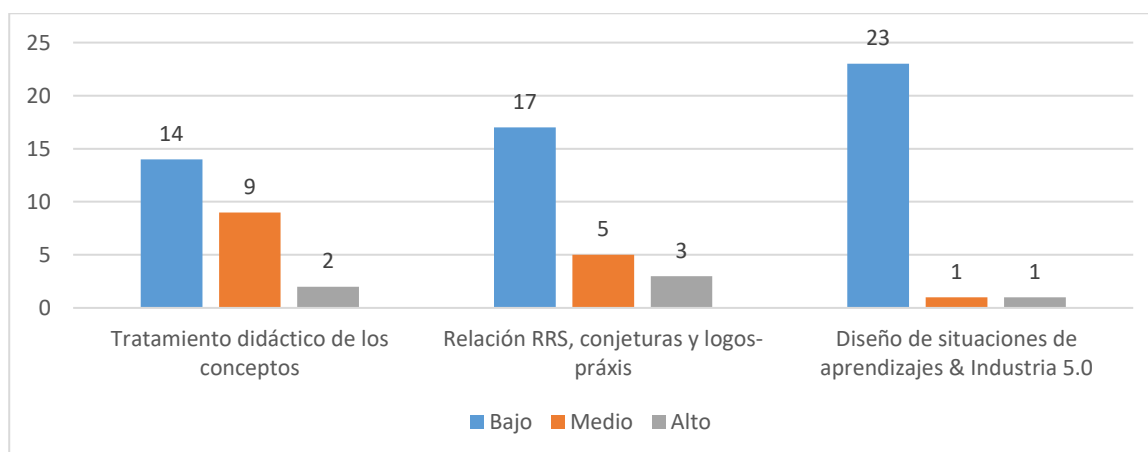
Para analizar el *comportamiento de la dimensión II* sobre el desempeño del estudiante, se orientó la siguiente tarea investigativa que se muestra en el apéndice del artículo. En la tarea se trabajó con el asistente virtual de Inteligencia Artificial “Copilot” aunque también es posible desarrollarla con el ChatGPT, Gemini AI u otros similares. Los datos fueron recolectados en Excel.

Resultados y Discusión

Resultados

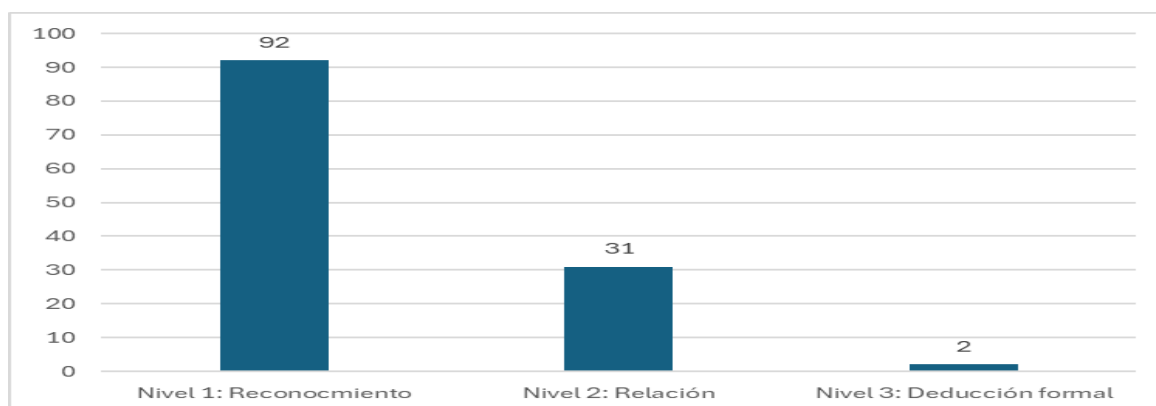
En la dimensión I, el desempeño de los docentes en el tratamiento didáctico de los conceptos matemáticos con el uso de tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial en Ingeniería se valoró que los docentes tienen bajo desempeño, pues los tres indicadores valorados, más del 50% de los docentes son evaluados de bajo desempeño, aunque se destaca que la mayor dificultad radica en diseñar situaciones de aprendizaje que se alineen con las habilidades necesarias para la formación de ingenieros del futuro, conforme a las demandas de la Industria 5.0; y el de menor dificultad es el relacionado con el abordaje didáctico de los conceptos utilizando tecnologías digitales, aunque, también muestran un bajo desempeño (Fig. 1).

Figura 1. Resultados de la Dimensión I.



Fuente: elaboración propia.

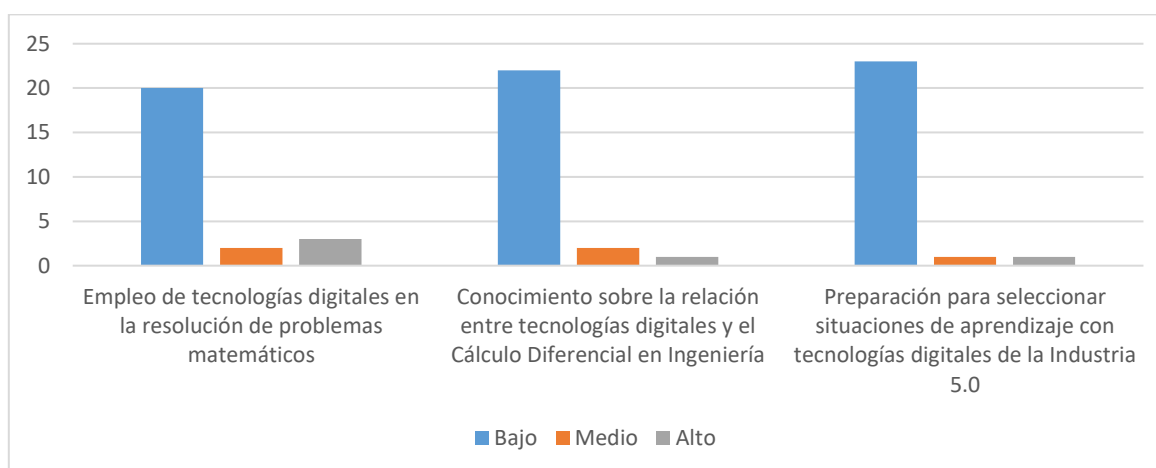
El desempeño de los estudiantes se valoró de “limitado” ya que el 73.6% de los estudiantes estuvo en el nivel 1 (reconocimiento), se destaca que un 24.8% estuvo en el nivel 2 (relación) un desempeño intermedio, el resto no respondió; de esa forma se pudo comprobar que los estudiantes son capaces de reconocer los conceptos del Cálculo Diferencial que subyacen en los problemas de redes de transporte; sin embargo, no logran investigar sobre algoritmos de Inteligencia Artificial que resuelven estos problemas.

Figura 2. Resultado del nivel de desempeño de los estudiantes.

Fuente: elaboración propia.

La autonomía conceptual se valoró de baja, pues no mostraron evidencias de la flexibilidad de los estudiantes en la representación semiótica de los conceptos que subyacen en la resolución del problema, significatividad de la funcionalidad de los conceptos matemáticos que intervienen en el problema, y resignificación de los saberes matemáticos en los problemas matemáticos de contextos ingenieriles.

Los resultados referidos a la Dimensión III mostraron bajo el conocimiento que tiene el docente sobre las tecnologías digitales en la Industria 5.0, al igual que su desempeño para seleccionar situaciones de aprendizaje con su uso; como se muestra en la Figura 3, más del 80% de los docentes tienen dificultades en los tres indicadores objeto de análisis.

Figura 3. Resultado de la dimensión III.

Fuente: elaboración propia.

Discusiones

Los resultados obtenidos en la dimensión I coinciden con la investigación realizada por Morales et al. (2019) quienes demostraron que en el Cálculo para Ingeniería las tecnologías que se utilizan son los llamados asistentes matemáticos, entre los que se destacan el GeoGebra, MatLab, Derive, Mathematica, Maple y Mathcad; pero que son utilizados de forma improvisada y con estrategias didácticas que por lo general hacen mayor énfasis en lo procedimental que en lo conceptual.

En ese sentido, se pudo palpar que los docentes opinan similar a lo que plantean Báez et al. (2022), ellos afirman que el uso de las tecnologías digitales son un medio para obtener y comprobar resultados al resolver problemas del Cálculo Diferencial; sin embargo, los autores coinciden con los criterios de Mateo et al. (2024) porque sugieren usarlas en función de favorecer la comprensión de los conceptos y favorecer el aprendizaje significativo a través del nexo de lo procedimental y lo conceptual.

Otro aspecto que resultó deficiente fue el trabajo con los RRS, las conjeturas matemáticas y el nexo logo-praxis con el uso de tecnologías digitales, aspectos que limitan la resolución de problemas por parte del estudiante; sobre eso, Morales et al. (2019) precisaron que una de las causas de esas limitaciones es que no se aprovechan las tecnologías para el tratamiento didáctico de las transferencias de RRS; lo cual, al decir de D'Amore (2004) no favorece a la formación conceptual pues no hay interacciones con los diversos RRS de los conceptos matemáticos.

Respecto al uso de análisis de logos y praxis y de conjeturas, aspectos con resultados desfavorables en el diagnósticos, Ballesteró-Ballesteró y Rodríguez-Cardoso (2021) hacen referencia a que el nuevo escenario digital en que se pueden representar o modelar situaciones ingenieriles, se debe propiciar el razonamiento matemático, la demostración y la argumentación matemática; y que eso sólo se logra si se hace un adecuado tratamiento didáctico que promueva análisis de conjeturas, y de demostraciones matemáticas en que puedan explicar, verificar descubrir y comunicar la relación entre logos y praxis en

problemas matemáticos del contexto ingenieril; no obstante es válido aclarar que la investigación sólo se limitó a valorar el desempeño de los docentes respecto a su uso, y no se profundizó en estos aspectos.

Y por último, el diseño de situaciones de aprendizaje relacionadas con la Industria 5.0, fue el aspecto con mayor dificultad; sin embargo; se comprende que es un reto para el docente ya que, al decir de Esquivel y Ayala (2024) eso conlleva a un cambio significativo en sus metodologías de enseñanza, a que las universidades se adapten a las exigencias de la Industria 5.0 con diagnósticos sistemáticos de las tecnologías digitales; y a procesos acelerados de formación continua de los docentes en función de las competencias digitales.

Sobre lo anterior, Santos et al. (2024) y Córlica (2020) precisaron que unas de las causas de que no se hagan los cambios de metodologías de enseñanza es la resistencia al uso de las tecnologías digitales, pues los docentes lo asumen como un desafío no agradable; sin embargo, aunque este aspecto es poco abordado en la bibliografía científica, Córlica (2020) refiere que la resistencia al cambio debe ser tomada en cuenta en los planes estratégicos y políticas institucionales que contemplen la identificación de factores sociales, psicológicos y personales que la generan de modo que los docentes puedan auto detectarlos y tener más aceptación del cambio y comprensión de la importancia de asumir las nuevas tendencias.

En la dimensión II es importante destacar que en el desempeño de los estudiantes para resolver problemas de Cálculo Diferencial inciden factores que en esta investigación no se tuvieron en consideración, al respecto Perilla et al. (2022) señalaron que en eso inciden factor de índole personal y sociocultural entre los que se destacan la preocupación por las evaluaciones, el tipo de institución educativa de donde provienen, la edad y la familia.

Por los resultados obtenidos, se coincide con Herrera et al. (2024) quienes demostraron que una de las mayores dificultades de los estudiantes de Cálculo Diferencial en la resolución de problemas matemáticos con el uso de múltiples RRS con especial

dificultad en el estudio de la Derivada y sus aplicaciones como es la optimización, y que con el uso de las tecnologías digitales los estudiantes se adaptan mejor y muestran mayor comprensión, sobre todo cuando se enfrentan a situaciones de aprendizaje relacionadas con el contexto de su futura profesión.

Los resultados desfavorable de los estudiantes, clasificados en un nivel bajo, son una consecuencia del limitado desempeño de los docentes (resultados de la Dimensión I), pues al decir de Martínez (2022) las dificultades en la práctica didáctica del docente, su falta de pertinencia a las exigencias de la Industria 5.0, y a las necesidades de la formación actualizada del ingeniero, limitan el desempeño del estudiante para analizar problemas reales, desarrollar competencias matemáticas, y para valorar la funcionalidad de los contenidos matemáticos en el contexto ingenieril.

Los resultados de la dimensión III tienen entre sus causas los acelerados cambios que tienen las tecnologías actualmente (Solís y Hernández, 2023), la resistencia al cambio por parte de los docentes y de las instituciones educativas (Córica, 2020) y las insuficiencias en la formación continua de los docentes (Santos et al., 2024), todo lo cual incide en la deficiente formación conceptual de los estudiantes de Ingeniería (Santos, 2020).

Sobre lo anterior, D'Andrea (2023) precisó que la actualización del docente sobre las tecnologías digitales de la Industria 5.0 conlleva a grandes retos, desafíos y debates relacionados con el currículo de las carreras de Ingeniería, la concepción didáctica de los cursos de Cálculo Diferencial, y de la auto preparación del docente para conocer y comprender los procesos Ingenieriles en la Industria 5.0.

De forma general se pudo concluir que la formación de conceptos matemáticos con tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial en Ingeniería es desfavorable; predomina un proceso de enseñanza-aprendizaje tradicional con situaciones de aprendizaje rutinarias que no responden a las necesidades de formación del ingeniero en el contexto de la Industria 5.0; y lo más preocupante es que no se aprecia una cultura institucional de gestión académica orientada a ese fin, pues las iniciativas que se implementan son fruto de

investigaciones educativas que, por lo general, no se generalizan e implementan por todos los docentes.

Se comprobó, que, por lo general, las tecnologías digitales se asocian a los asistentes matemáticos, aplicaciones androides y plataformas y las tecnologías asociadas a la industria 5.0, no se conciben como recursos didácticos para favorecer la formación conceptual del estudiante. En ese sentido, se desaprovechan problemas ingenieriles que se resuelven con tecnologías digitales para el diseño de situaciones de aprendizaje en las que tengan que predecir problemas y demandas ingenieriles (algoritmos de aprendizaje supervisado y de aprendizaje no supervisado), entre otras aplicaciones.

Conclusión

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad y pertinencia de la elaboración e implementación de estrategias didácticas para la formación de conceptos matemáticos con tecnologías digitales, orientadas a mejorar el desempeño de los estudiantes de Ingeniería en la solución de problemas matemáticos en el Cálculo Diferencial. El reto está en que los debates, y toma de decisiones a nivel institucional, para implementarlas, se hagan con la misma rapidez con que ocurren los cambios tecnológicos, para formar ingenieros que contribuyan a la sostenibilidad de la sociedad.

Como recomendación para la implementación de las tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para Ingeniería y en función de la formación conceptual se sugiere replicar la metodología propuesta, aunque utilice otro asistente virtual de Inteligencia Artificial, lo cual se sintetiza en los siguientes pasos:

- a) Consultar al asistente virtual de Inteligencia Artificial frases que representen fenómenos ingenieriles con características propias de la industria 5.0, e investigar los conceptos matemáticos que subyacen en las sugerencias que le responda dicho asistente (Nivel 1 del desempeño del estudiante). Ejemplos de esos fenómenos pueden ser: análisis de rutas más eficientes y la optimización de carteras de

inversión de manera que se maximice el rendimiento mientras se minimiza el riesgo, entre otros.

- b) A partir de los ejemplos prácticos que sugiere el asistente virtual, identificar los conceptos matemáticos que se subyacen en la situación dada, transferir a otros RRS; relacionar sus propiedades y reglas, y argumentar la funcionalidad en la situación dada (Nivel 2 del desempeño del estudiante).
- c) Investigar sobre algoritmos de Inteligencia Artificial que puedan resolver los fenómenos dados en la primera acción, a través de un ejemplo solicitado al asistente virtual, argumentar la lógica de su funcionamiento, resaltando las funcionalidades de los conceptos matemáticos en la situación dada (Nivel 3 del desempeño del estudiante).

Para asumir esas recomendaciones se sugiere que los docentes hagan alianzas con los de las asignaturas propias de la ingeniería para profundizar en los posibles problemas ingenieriles que pueden ser utilizados en el Cálculo Diferencial, y su relación con las tecnologías digitales que caracterizan la industria 5.0.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales al Proyecto “Estrategia Didáctica para el Desarrollo Conceptual Procedimental en los Procesos de Enseñanza–Aprendizaje del Cálculo Diferencial y su Efecto en el Desempeño Autónomo de Estudiantes Dominicanos en la Solución de Problemas Matemáticos”, el cual está financiado por el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT) de República Dominicana, código 2020–2021–1D3–188, ejecutado por la Universidad ISA, Santiago de los Caballeros, República Dominicana en consorcio con la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz de Cuba.

Referencias

- Báez, N., Blanco, R. & Heredia, W. (2022). Los problemas de optimización en el cálculo diferencial de una variable. *Transformación*, 18(2), 317–35. <https://lc.cx/l4ZxM7>
- Ballesteros–Ballesteros, V., Rodríguez–Cardoso, O. & Lozano–Forero, S. (2021). Conjeturación del teorema del valor medio para derivadas: Un acercamiento desde la detección de invariantes en dispositivos móviles con GeoGebra. *Cultura Educación Sociedad*, 12(1), 63–84. Doi: 10.17981/cultedusoc.12.1.2021.05 .
- Barcos–Sánchez, H., López–Domínguez, A. & Sánchez–Casanova, R. (2023). El Proceso de Enseñanza–Aprendizaje Desarrollador para la Formación de Competencias en el Cálculo Diferencial. *Revista Docentes 2.0*, 16(2), 92–102. doi: 10.37843/rted.v16i2.381 .
- Bastias, D., y Pino–Fan, L. (2023). Componentes e indicadores para el diseño y reflexión de procesos de instrucción sobre límites de funciones en una variable. *PARADIGMA*, 44(4), 409–26. doi: 10.37618/PARADIGMA.1011–2251.2023.p409–426.id1392.
- Córica, J. (2020). Resistencia docente al cambio: Caracterización y estrategias para un problema no resuelto. *RIED–Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(2), 255–72. <https://lc.cx/GS8iKk>
- D’Amore, B. (2004). Conceptualización, registros de representaciones semióticas y noética: interacciones constructivistas en el aprendizaje de los conceptos matemáticos e hipótesis sobre algunos factores que inhiben la devolución. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, (35), 90–106. <https://lc.cx/6tFgJv>
- D’Andrea, L. (2023). Indicadores referenciales asociados a la enseñanza y el aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en una variable para el desarrollo de competencias en Ingeniería Electrónica. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 18(2), 1–3. doi: 10.54343/reiec.v18i2.412.
- Esquivel, G., Ayala, P. (2024). Reto del Ingeniero a ser Docente de Ingeniería en la Industria 5.0. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(2), 1830–48. doi: 10.61384/r.c.a..v4i2.329.
- Ghassan, M. (2023). Optimal Control of Dynamical Systems using Calculus of Variations. *Babylonian Journal of Mathematics*, 1–6. doi: 10.58496/BJM/2023/001.
- Gibert, R., Gorina, A. (2023). Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: una Alternativa para el Aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(4), 30–44. <https://lc.cx/6W1-JC>
- Guarin, S., y Parada, S. (2023). Acciones y expresiones de la comprensión del límite de una función en un punto, por estudiantes de cálculo diferencial. *Educación Matemática*, 35(1), 197–228. doi: 10.24844/EM3501.08.

- Herrera, H., Moreno–Beltrán, R., y Cuesta–Borges, A. (2024). Múltiples Representaciones en un curso de Cálculo Diferencial de Bachillerato a través del Microlearning. *Journal of Research in Mathematics Education*, 13(1), 87–110. doi: 10.17583/redimat.11314.
- Martínez, L. (2022). *La práctica pedagógica del profesor de cálculo diferencial ante las necesidades y desafíos, actuales y futuros de la Ingeniería*. [Tesis de Doctorado en Educación y Sociedad]. Universidad de la Salle. <https://acortar.link/7SWRqd>
- Mateo, W., Pérez, O. (2024). Formación conceptual y tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para Ingeniería. *Varona. Revista Científico Metodológica*, (79), 1–17. <https://lc.cx/BUnJW->
- Mendoza–Higuera, E., Solí, M. & Gómez, K. (2018). El Uso del Conocimiento Matemático en las Comunidades de Ingenieros. Del Objeto a la Funcionalidad Matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(12), 19–43. doi: 10.1590/1980–4415v32n62a23.
- Morales, Y., Blanco, R. (2019). Análisis del uso de software para la enseñanza de la matemática en las carreras de Ingeniería. *Transformación*, 15(3), 367–82. https://lc.cx/XT7xl_
- Park, H., Kyu Sim, M. & Gu Choi, D. (2020). An Intelligent Financial Portfolio Trading Strategy Using Deep Q–Learning. *Expert Systems with Applications*, 158, 113573. doi: 10.1016/j.eswa.2020.113573.
- Perilla, S., Valencia, H. y Chacón, M. (2022). Factores que afectan el desempeño en Cálculo Diferencial en la Universidad Santo Tomás. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 15(2). doi: 10.15332/25005421.6624.
- Plaza, L., Villa–Ochoa, J. (2019). Obstáculos detectados en la formación matemática de ingenieros. Una revisión de literatura. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (58), 223–41. doi: 10.35575/rvucn.n58a13.
- Quevedo–Benítez, K., Rodríguez–Velandia, D. Moran–Borbor, R., Niño–Vega, J. & Fernández–Morales, F. (2024). Fortalecimiento de competencias en innovación tecnológica: una estrategia didáctica apoyada en el Aprendizaje Basado en Proyectos. AiBi. *Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 12(1), 47–54. doi: 10.15649/2346030X.3657.
- Reyes, C., Sánchez, A. & Rodríguez, C. (2024). Temáticas de investigación de la matemática educativa en la República Dominicana. *Reve – Revista de Investigación y Evaluación Educativa*, 11(2), 25–42. doi: 10.47554/revie.vol11.num2.2024.pp25–42.

- Santos, S., Alderina, V., Barbosa, A., Justino, M., Costa, C., Matos, J., Borges, M., Sorah, R. (2024). Formação de professores e educação mediada pelas tecnologias. *Caderno Pedagógico* 21(6), e4882. doi: 10.54033/cadpedv21n6-102.
- Santos, M. (2020). Resolución de Problemas Matemáticos y Tecnologías Digitales: agenda de Investigación y desarrollos. *FPIEM: Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemática*, (13), 205–22. <https://acortar.link/CjPFu9>
- Singh, A., Dipankar Deb, H., Kishore, B., & Stepan, O. (2021). Modeling and Control of Robotic Manipulators: A Fractional Calculus Point of View. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(10), 9541–52. doi: 10.1007/s13369-020-05138-6.
- Solis, J., Cruz, H. (2023). Tendencias de la Ingeniería Industrial con base en la Industria 4.0 e Industria 5.0: Tendencias actuales y futuras de la Ingeniería industrial. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*, 1(2), 118–20. doi: 10.59157/redicyt122023171.
- Soto, A., Mena, A. & Mena, J. (2024). Habilidades del siglo XXI y Socioepistemología. Homenaje a Ricardo Cantoral. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 38, e230081. doi: 10.1590/1980-4415v38a230081.
- Ugalde, J., Soto, D. & Bobadilla, G. (2023). La resignificación del discurso Matemático Escolar. Una mirada al volumen desde la teoría socioepistemológica. *UCMaule*, (64), 39–65. doi: 10.29035/ucmaule.64.39.
- Verón, M., Giacomone, B. & Pino-Fan, L. (2024). Guía de valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de la diferencial. *Uniciencia*, 38(1), 1–22. doi: 10.15359/ru.38-1.2.
- Wang, H., Lindong, X., Hao, J., Yuyan, V., Gen, X., Chunya, S. & Guofu L. (2023). A Safety Management Approach for Industry 5.0's Human-Centered Manufacturing Based on Digital Twin. *Journal of Manufacturing Systems*, 66, 1–12. doi: 10.1016/j.jmsy.2022.11.013.
- Yang, H. (2020). *Calculus Teaching Method Based on Artificial Intelligence Application*. Pp. 139–45 en Innovative Computing. Vol. 675, editado por C.-T. Yang, Y. Pei, y J.-W. Chang. Singapore: Springer Singapore. <https://lc.cx/nrmN8u>
- 朱利军. (2020). Application of Intelligent Logistics Equipment in Power Logistics Management. *Modern Management*, 10(02), 228–34. doi: 10.12677/MM.2020.102027.

Apéndice

Tarea investigativa orientada a los estudiantes

Etapa 1

Objetivo: Interpretar la coordinación de las transferencias de registros de representación semiótica del concepto gradiente.

Criterio de valoración: Valorar si el estudiante tiene flexibilidad en la representación semiótica del concepto de gradiente.

Nivel de desempeño esperado: Reconocimiento

Escala: Cualitativa de tipo ordinal Alto–Medio–Bajo

Descripción de la actividad de aprendizaje

- Solicitar al asistente virtual de Inteligencia Artificial “Microsoft Copilot” lo siguiente: “dame ejemplo del cálculo de un gradiente de una función y su grafica”.
- Interpretar la respuesta de Copilot, analizando el cálculo del gradiente en el registro de código de programación, verbal y gráfico; utilizar el lenguaje matemático en su exposición.
- Explique las propiedades del gradiente en sus diferentes registros de representación, puedes preguntar a Copilot por dichas propiedades, pero recuerda que Copilot es un algoritmo de Inteligencia Artificial, por eso recuerda comparar su respuesta con las propiedades que se explican en el libro de texto.

Nota: El asistente virtual de Inteligencia Artificial “Microsoft Copilot”, disponible en Windows 11, a través del link <https://copilot.microsoft.com/>, debe crear su usuario.

Etapa 2

Objetivo: Explorar las conjeturas sobre los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril.

Criterio de valoración: Valorar si el estudiante logre la significatividad de la funcionalidad del concepto gradiente en el contexto ingenieril.

Nivel de desempeño esperado: Relación

Escala: Cualitativa de tipo ordinal Alto–Medio–Bajo

Descripción de la actividad de aprendizaje

- a) Explore la siguiente conjetura que relaciona el gradiente de una función con la noción de infinito matemático y el comportamiento tendencial de las funciones en el contexto de la Ingeniería, Explique en qué se basa y qué se necesita hacer para probarla.

Conjetura sobre el gradiente y el comportamiento asintótico en sistemas eléctricos

"Si el gradiente de la función de pérdida de potencia en un sistema de distribución eléctrica tiende a cero conforme las variables de control (como la tensión y la corriente) tienden al infinito, entonces el sistema alcanzará un estado de eficiencia óptima en el que las pérdidas adicionales de potencia son insignificantes."

Observación

Se espera que los estudiantes analicen que esa conjetura se basa en la observación de que, en muchos sistemas eléctricos, el gradiente de la función de pérdida de potencia (que representa la tasa de cambio de las pérdidas con respecto a las variables de control) disminuye a medida que las variables se alejan de sus valores iniciales. Esto sugiere que, en el límite, los cambios adicionales en las variables no afectan significativamente las pérdidas totales, indicando un comportamiento asintótico

Y que para probarla sería necesario analizar matemáticamente el comportamiento del gradiente en diferentes sistemas de distribución eléctrica y realizar simulaciones para observar cómo se comporta el sistema a medida que las variables tienden al infinito.

Etapa 3

Objetivo: Articular logos y praxis sobre los procesos de variación y cambio en contextos ingenieril para la formación de conceptos matemáticos con tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial en Ingeniería.

Criterio de valoración: Valorar si el estudiante logra resignificar sus saberes matemáticos sobre el gradiente en contextos ingenieriles.

Nivel de desempeño esperado: Deducción formal

Escala: Cualitativa de tipo ordinal Alto–Medio–Bajo

Descripción de la actividad de aprendizaje

- a) A continuación, se exponen tres ejemplos de algoritmos de Inteligencia Artificial, selecciona uno y describe la funcionalidad del concepto de gradiente en el algoritmo seleccionado, así como su aplicación práctica.

Ejemplos:**1. Algoritmo de Retropropagación**

Respuesta esperada

Descripción: Utilizado en redes neuronales, este algoritmo calcula el gradiente de la función de pérdida con respecto a los pesos de la red mediante el uso de la regla de la cadena, y luego ajusta los pesos en la dirección opuesta al gradiente.

Aplicación: Reconocimiento de imágenes en sistemas de seguridad, donde se entrenan redes neuronales convolucionales (CNN) para identificar objetos y personas en tiempo real.

2. Algoritmo de Gradiente Conjugado

Posible respuesta

Descripción: Un método de optimización que combina el descenso de gradiente con técnicas de búsqueda de línea para acelerar la convergencia.

Aplicación: Optimización de modelos de regresión logística en la detección de fraudes financieros, donde se busca minimizar la función de costo de manera eficiente.

3. Algoritmo de Gradiente de Boosting (Gradient Boosting)

Posible respuesta

Descripción: Un método de aprendizaje en conjunto que construye modelos de predicción a partir de modelos más débiles, como árboles de decisión, y los combina para mejorar la precisión.

Aplicación: Predicción de valores de mercado en finanzas, donde se utilizan modelos de boosting para prever tendencias y tomar decisiones de inversión informadas.