

Artículo original



Proceso de enseñanza-aprendizaje de Cálculo I sustentado en la programación con el asistente Mathematica




Teaching-learning process of Calculus I based on programming with the assistant Mathematica

O processo de ensino e aprendizagem de Cálculo I é apoiado pela programação com o assistente Mathematica

Juan Miguel Valdés Placeres¹  0000-0003-3295-2578  jmiguel@upr.edu.cu

Reinaldo Meléndez Ruiz¹  0000-0003-3795-2382  reinaldo.melendez@upr.edu.cu

Meivys Páez Paredes¹  0000-0001-5325-1004  meivys@upr.edu.cu

¹ Universidad de Pinar del Río "Hermandos Saíz Montes de Oca". Cuba.

Recibido: 10/01/2024

Aceptado: 2/04/2026

RESUMEN

La formación de ingenieros con un alto nivel de preparación es uno de los retos que tiene hoy el Ministerio de Educación Superior cubano. En Cuba, en la última década del presente siglo, se han generado avances procedentes de la ingeniería que han mejorado cada aspecto de la vida humana, lo que implica incrementar el conocimiento de los futuros ingenieros, para así poder mejorar las condiciones socioeconómicas del país y de esta forma estar a la vanguardia en tecnología y desarrollo científico. Sin embargo, aún no se logran los resultados deseados y niveles de preparación a los cuales se aspiran. El estudio tiene el objetivo de considerar una concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo I, sustentada en la programación con Mathematica, para la carrera de Ingeniería Informática, en la Universidad de Pinar del Río Hermandos Saíz Montes de Oca,

como soporte en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas matemáticos y de la profesión. En la investigación se utilizaron métodos científicos: teóricos, empíricos y estadísticos mediante la revisión de artículos de revistas, de investigaciones y de referentes teórico-metodológicos asociados al proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo I. Se exponen los principales resultados del estudio exploratorio realizado y se concluye con un cuasiexperimento, que la concepción propuesta tiene validez práctica, y una vía profesionalizada con un carácter sistémico, contextualizado, problémico e interdisciplinar para la resolución de problemas profesionales.

Palabras clave: concepción didáctica; tecnologías educativas; evaluación de proceso educativo.

ABSTRACT

Training highly qualified engineers is one of the challenges facing the Cuban Ministry of Higher Education today. In Cuba, the last decade of this century has seen engineering advancements that have improved every aspect of human life, which necessitates increasing the knowledge of future engineers to improve the country's socioeconomic conditions and thus remain at the forefront of technology and scientific development. However, the desired results and levels of preparation have not yet been achieved. This study aims to consider a teaching and learning approach for Calculus I, based on programming with Mathematica, for the Computer Engineering program at the Hermanos Saíz Montes de Oca University of Pinar del Río, as a support for developing mathematical problem-solving skills and professional expertise. The research used scientific methods: theoretical, empirical, and statistical, through the review of journal articles, research, and theoretical-methodological references associated with the teaching-learning process of Calculus I. The main results of the exploratory study are presented, and it is concluded, with a quasi-experiment, that the proposed conception has practical validity and a professionalized path with a systemic, contextualized, problem-solving, and interdisciplinary character for the resolution of professional problems.

Keywords: didactic conception; educational technologies; evaluation of the educational process.

RESUMO

A formação de engenheiros altamente qualificados é um dos desafios enfrentados atualmente pelo Ministério da Educação Superior de Cuba. Na última década deste século, Cuba testemunhou avanços

na engenharia que aprimoraram todos os aspectos da vida humana, o que torna necessário ampliar o conhecimento dos futuros engenheiros para melhorar as condições socioeconômicas do país e, assim, mantê-lo na vanguarda do desenvolvimento tecnológico e científico. Contudo, os resultados e níveis de preparação desejados ainda não foram alcançados. Este estudo visa analisar uma abordagem de ensino e aprendizagem para Cálculo I, baseada na programação com Mathematica, para o curso de Engenharia da Computação da Universidade Hermanos Saíz Montes de Oca, em Pinar del Río, como suporte para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas matemáticos e expertise profissional. A pesquisa utilizou métodos científicos: teórico, empírico e estatístico, por meio da revisão de artigos de periódicos, pesquisas e referências teórico-metodológicas associadas ao processo de ensino-aprendizagem de Cálculo I. Os principais resultados do estudo exploratório são apresentados e conclui-se, com um quase-experimento, que a concepção proposta possui validade prática e um caminho profissionalizado com caráter sistêmico, contextualizado, voltado para a resolução de problemas e interdisciplinar.

Palavras-chave: concepção didática; tecnologias educativas; avaliação do processo educativo.

INTRODUCCIÓN

La formación de ingenieros informáticos con un alto nivel de preparación es uno de los retos que tiene hoy el Ministerio de Educación Superior cubano. En Cuba, en la última década del presente siglo se han generado avances procedentes de la ingeniería informática (plataformas como: Viajeros, Versat Sarasola, Sigenu entre otras) que han mejorado cada aspecto de la vida humana, lo que implica acrecentar el conocimiento de los futuros ingenieros.

Para Estopiñan y Telot (2017), el ingeniero informático desarrolla su actividad profesional, en un campo de la ciencia considerado uno de los más dinámicos de la actualidad. En esta área, lo que hoy es una novedad impactante mañana será obsoleto; programada o no, lo convierte en problema que impide el desarrollo continuo de la sociedad, lo que demanda imaginación, creatividad y competencias.

Al analizar el Modelo del Profesional del ingeniero informático, se constata la necesidad de relacionar el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) del Cálculo I, con otras disciplinas de la carrera (Matemática Discreta, Programación I, entre otras), con tareas propias del ejercicio de la profesión

y con la realización de actividades interdisciplinarias de calidad dirigidas al perfil profesional, de manera que se integre lo académico, lo laboral, lo investigativo y lo extensionista en el proceso (MES, 2017).

Para este profesional, la programación es un proceso muy vinculado a las matemáticas, sobre todo a la lógica, a la teoría de conjunto y al trabajo con las funciones y modelos matemáticos; por eso, esta ciencia es el medio por excelencia con la que este profesional logra la descripción, modelación y solución de situaciones técnicas, de complejidades insospechadas que enfrenta (Iglesias *et al.*, 2017).

En este sentido, una concepción del PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática, de la Universidad de Pinar del Río, ha de centrarse en su carácter integral, a partir de determinar sus componentes, sus relaciones y su organización sistémica, que faciliten su análisis y comprensión desde su organización y proyección hasta su desarrollo y evaluación, a la vez permita exponer una variante para relacionar el contenido matemático con la programación.

Un aspecto importante es el nivel de interacción y comunicación entre los participantes en el proceso, la relación entre la actividad y la comunicación como procesos de socialización, ideales para propiciar el intercambio de ideas entre estudiantes y profesores. De esta dinámica nace el sistema de ideas para la solución de problemas en función del objeto de la profesión y que, desde el PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con el software Mathematica, manifieste su máxima expresión (Cala *et al.*, 2020).

Al respecto, Caraballo *et al.* (2019) destacan el papel que juega el grupo como sujetos activos en la construcción y apropiación de su propio aprendizaje de manera cooperativa, adquiriendo actitudes, intereses y valores que faciliten los mecanismos precisos para regirse a sí mismos, llevándolos a responsabilizarse con su aprendizaje.

Del mismo modo, y según refiere Mena y Mena (2020), el contexto es visto como el sistema de influencias y relaciones de sujetos, objetos y escenarios en los que se desarrolla la formación básica y profesional del ingeniero informático; es así que, unos sujetos transforman a los otros y son, a su vez, objeto de transformaciones como resultado de dichas interacciones.

Por ello, la concepción del PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática, de la Universidad de Pinar del Río, concibe al grupo como agente dinamizador de la interdisciplinariedad (vertical y

horizontal), entre el Cálculo I, la programación con Mathematica y la integración de los actores del proceso (profesor y estudiante), comprometiéndolos en los progresos individuales y colectivos.

Desde esta perspectiva, concebir la interdisciplinariedad entre el Cálculo I y la programación con Mathematica permite alcanzar niveles superiores de aprendizaje en la solución de problemas matemáticos y de la profesión, admite considerar el desarrollo y el aprendizaje que adquiere el estudiante en el proceso, en estrecha unidad dialéctica; el aprendizaje ha de constituir la base de la Zona de Desarrollo Potencial de los estudiantes, generándose un auténtico coaprendizaje, convirtiéndose de esta manera en un proceso socializador y culturalmente establecido (Pedroso *et al.*, 2021).

Consecuentes con lo plateado, el objetivo de este estudio es considerar una concepción del PEA del Cálculo I, integral, sistémica, contextualizada, sustentada en la programación con el asistente Mathematica, a la vez que facilite la interdisciplinariedad, como producto de la relación que se produce entre los contenidos matemáticos que serán objeto de asimilación y apropiación por parte del estudiante en la resolución de problemas matemáticos y de la profesión.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se presenta con un enfoque mixto, dado que se integran métodos cualitativos y cuantitativos en el proceso de recolección y análisis de datos. Los métodos empleados tienen como base metodológica la teoría dialéctico-materialista, concretada en los métodos teóricos, empíricos y estadísticos matemáticos, tales como: sistematización empleada en el estudio de artículos, tesis, documentos normativos de la carrera ingeniería informática e investigaciones, lo que permitió organizar la información y el estudio de los diferentes enfoques del PEA del Cálculo I; el análisis histórico-lógico facilitó estudiar la dinámica, trayectoria y lógica del PEA del Cálculo I, en la carrera de Ingeniería Informática a partir de las incidencias de esta asignatura en la formación del futuro profesional y la determinación de sus antecedentes y referentes teóricos; la modelación se utilizó para lograr una simplificación y representación lo suficientemente clara del desarrollo del PEA del Cálculo I, permitiendo la reestructuración de los componentes didácticos que conforman la concepción propuesta; el análisis documental se empleó en la revisión de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Informática, haciendo énfasis en el objeto de la profesión, en la dirección del PEA del Cálculo I y en la estructuración del contenido. También se revisaron planes de trabajo metodológico del departamento, carrera y disciplinas y planes de clases, para valorar la estructuración de las

actividades matemáticas, así como las calificaciones obtenidas. La encuesta se empleó en profesores de la disciplina Matemática y Programación, para determinar sus opiniones sobre el desarrollo del PEA del Cálculo I, para estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad de Pinar del Río, el método experimental en su variante preexperimental, para validar la concepción didáctica propuesta, a partir de la implementación de una metodología en la práctica. Finalmente, los métodos estadísticos se emplearon en el análisis de frecuencia en la presentación de resultados con tablas y gráficos y el trabajo con los índices para reducir la información a un valor real.

Para el análisis y validación final de los resultados del preexperimento, se utilizó una variante de la lógica difusa, con la cual se pudo constatar el nivel alcanzado en cuanto a la comprensión-asimilación de conceptos y procedimientos fundamentales del Cálculo I y su aplicación en la solución de problemas matemáticos y de la profesión.

La investigación tiene sus antecedentes en el curso escolar 2022-2023. En este caso, se seleccionaron 60 estudiantes de primer año, tanto del Curso Diurno (40) como del Curso por Encuentros (20). También se tomó como muestra 20 profesores; de ellos, cinco que gestionan la disciplina y 15 graduados de Ingeniería Informática y que se desempeñan como docentes en la carrera. Inicialmente se realizó un estudio de los documentos normativos de la carrera, seguido de la observación científica a 16 clases de Cálculo I. Lo anterior fue complementado con un muestreo no probabilístico al programa de la asignatura y, posteriormente, se aplicó una encuesta a los estudiantes.

La concepción didáctica se sustenta en el aprovechamiento de las potencialidades del asistente Mathematica, como herramienta de cómputo, que permite realizar cualquier tipo de cálculo algebraico o numérico, generar gráficos y obtener análisis profundos de los modelos matemáticos. Esta herramienta contribuye a introducir al estudiante en distintas representaciones de conceptos matemáticos, como: funciones, graficación, cálculo de límites, derivación e integración de una variable. Por otra parte, el lenguaje de programación de Mathematica está basado en reescritura de términos (que se identifica también como computación simbólica), y soporta el uso de programación funcional y de procedimientos (aunque en general, la programación funcional es más eficiente).

Para verificar el origen de los resultados obtenidos con la aplicación de los instrumentos anteriores, se utilizó una encuesta de investigación a los profesores que gestionan la disciplina de Cálculo I y a los graduados de la carrera profesional de Ingeniería Informática.

Se realizó un cuasiexperimento para dos muestras independientes; cada grupo se tomó al azar. Un grupo I con 20 estudiantes (grupo de control) y grupo II con 20 estudiantes (grupo experimental). El cuasiexperimento se estructuró en la forma PPI \Rightarrow ESTIMULO \Rightarrow PPF (PPI: prueba pedagógica inicial, PPF: prueba pedagógica final).

Para llevar a cabo el mismo, se tuvieron en consideración las siguientes acciones:

Se definió la variable independiente (VI) como la concepción didáctica, concretada en la asignatura Cálculo I y la variable dependiente (VD) el PEA del Cálculo I sustentado en la programación con el asistente Mathematica.

Planteamiento hipotético: si se implementa la concepción didáctica para el PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con Mathematica, en la carrera de Ingeniería Informática, se obtienen resultados significativos en cuanto a un aprendizaje contextualizado, interdisciplinar y profesionalizado del Cálculo I, que se traduce en una formación integral y competente.

Se precisan las formas en que se van a operar y a controlar las variables, se elaboran los instrumentos necesarios de medición para la VD, se determina la forma de realizar el cuasiexperimento: funciones, acciones, participantes, tiempo empleado y, por último, se diseñan los procedimientos de recolección, organización y análisis estadístico de la información relevante.

Con el propósito de evitar la influencia de elementos ajenos a los contenidos de la concepción propuesta, en los resultados se controlaron: condiciones objetivas de la Universidad de Pinar del Río para el desarrollo de las actividades de laboratorio; centros de procedencia de los estudiantes, fundamentalmente para el caso del CPE; condiciones técnicas (PC, Laptop, teléfono inteligente, etcétera) para el desarrollo de actividades independiente.

RESULTADOS

Al hacer un análisis general de los resultados alcanzados por los estudiantes, se puede destacar que, en la PPI, los indicadores más afectados son los relacionados con el nivel de conocimientos y destreza para el trabajo con el asistente Mathematica, donde el 75 % de los estudiantes clasifican con rendimiento bajo. De igual forma, los indicadores referidos a organización, originalidad y logicidad en la elaboración de algoritmos de trabajo para la solución de problemas con Mathematica y potencialidades para generar propuestas de solución con el asistente a tareas asignadas, arrojan que

el 86,6 % y el 78,3 % de los estudiantes clasifican con rendimiento bajo. En tanto, el indicador de mejores resultados fue el relacionado con la flexibilidad para la asimilación de nuevas vías y propuestas de solución a la tarea asignada, donde el 91,6 % de los estudiantes obtuvieron resultados evaluados entre medio y alto.

Después de implementar la concepción, concluye el cuasiexperimento con la aplicación de la PPF a 40 estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería Informática. En este caso se escogieron 20 estudiantes, que conforman el grupo de control y 20 para el grupo experimental. Se definen como variables de entrada: Cálculo I, Cálculo I sustentado en la programación con Mathematica y como variable de salida, la evaluación del aprendizaje de los estudiantes de primer año, de la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad de Pinar del Río.

Evaluar el aprendizaje del estudiante, a partir de mediciones tradicionales, suele ser en ocasiones un tanto subjetivo, pues la calificación que los profesores establecen dentro de un modelo predeterminado puede variar, dependiendo del estilo y sensibilidad de cada uno de ellos, por lo que la nota que se asigna a un estudiante pudiera ser una aproximación.

En este sentido, para evaluar el aprendizaje de los estudiantes de primer año, de la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad de Pinar del Río, se utilizó una variante de la Lógica Difusa, basada en el método del centro de gravedad, que convierte una función de pertenencia asociada al conjunto difuso en un valor numérico, a partir, precisamente del cálculo de su centro de gravedad.

En este sentido, se considera que el aprendizaje de un estudiante es alto (A), si su centro de gravedad es mayor o igual que 4.5, medio (M) cuando $3.5 < C_g < 4.5$ y bajo (B) si $C_g \leq 3.5$ (C_g : entendido como el valor central de aquellos que se encuentran en el entorno del intervalo de confianza).

Las siguientes tablas muestran los resultados de la evaluación del aprendizaje del PEA de los grupos de control (sin el uso del asistente) y experimento (PEA del Cálculo I apoyado en la programación con Mathematica).

Tabla 1. Resultados del PEA grupo control sin el uso del asistente

Est	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MA	4,6	3,9	3,6	4,6	3,5	3,8	3,6	3,6	4,6	3,6	3,5	3,5	4,6	3,6	4,1	4,0	3,7	3,5	3,7	3,6
Cg	4,8	4,3	3,5	4,8	3,3	4,5	3,0	3,5	4,8	3,3	3,3	3,3	4,8	3,3	4,7	4,3	3,3	3,0	3,5	3,3
EA	A	M	B	A	B	A	B	B	A	B	B	B	A	B	A	M	B	B	B	B

Tabla 2. Resultados del PEA del grupo experimental apoyado en la programación con Mathematica

Est	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MA	4,7	4,3	4,7	4,6	4,6	4,3	4,0	4,0	4,6	4,6	4,0	4,1	4,6	4,2	4,3	4,0	4,7	4,5	4,0	4,2
Cg	4,8	4,3	4,8	4,8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,8	4,3	4,3	4,8	4,8	4,5	4,7	4,7	4,4	4,5	4,5	4,8
EA	A	M	A	A	A	A	A	A	A	M	M	A	A	A	A	A	M	A	A	A

Sirve lo anterior para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los resultados de los niveles del factor, que para el caso que se analiza serían: factor, tipo de examen a realizar, continuamente; el nivel 1 (centro de gravedad C_g-I) y el nivel 2 (centro de gravedad C_g-F) correspondientes a grupo de control (GC) y grupo experimental (GE). En relación con lo anterior, se aplica la herramienta análisis de la varianza de un factor, que posibilita afirmar la existencia de estas diferencias de las medias, bajo la hipótesis nula de que todas las medias son iguales ($H_0: m_1 = m_2$), en contraste con la hipótesis alterna, no todas las medias son iguales ($H_1: m_1 \neq m_2$), para un nivel de significación $\alpha=0.05$. El resultado final se muestra en la tabla ANOVA, con un valor p inferior al nivel de significación

Tabla 3. Análisis de varianza de un factor

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	6.806	6.8063	24.72	0.000
Error	38	10.462	0.2753		
Total	39	17.268			

Una vez que se ha determinado que existen diferencias entre las medias, las pruebas *post hoc* de Tukey permiten determinar qué medias difieren. La figura 1 confirma la existencia gráfica de estas diferencias al no incluir el valor nulo en el intervalo de confianza, para un 95 % de confianza.

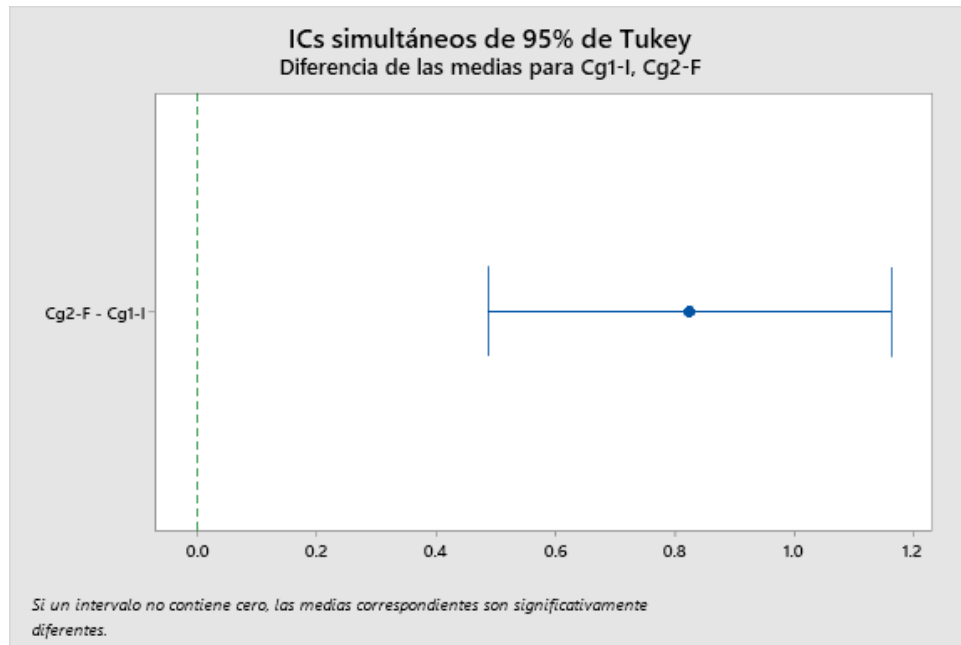


Figura 1. Intervalos de confianza simultáneos

Al realizar la representación gráfica de los intervalos de confianza para cada nivel, se puede comprobar lo antes analizado con las herramientas aplicadas, por lo que se puede afirmar que los resultados obtenidos en C_g -F en cuanto a evaluación del aprendizaje son superiores estadísticamente a C_g -I, como se muestra en la figura 2.

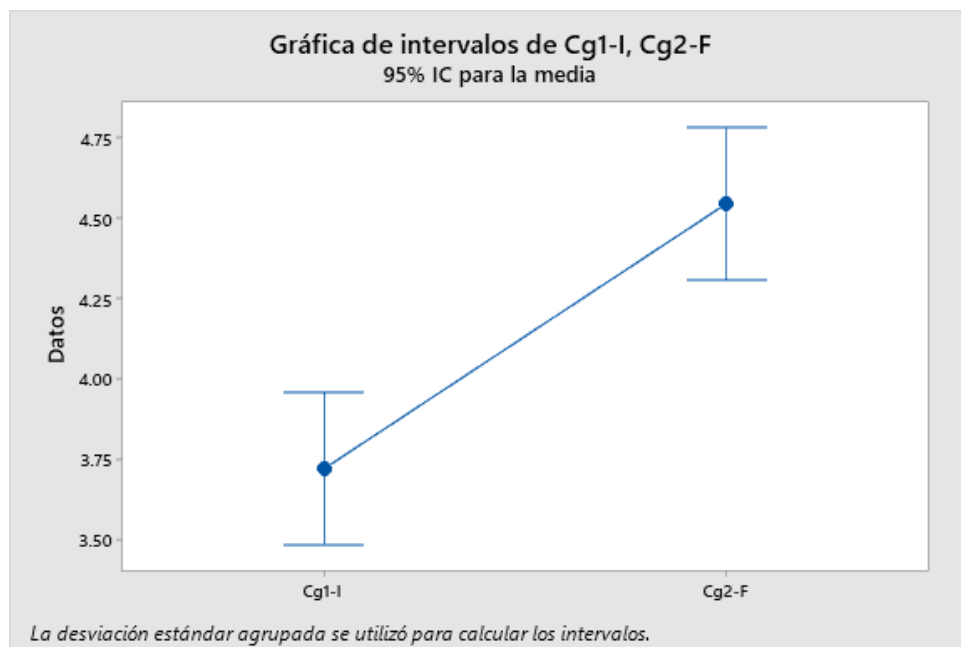


Figura 2. Intervalos de confianza para la media

Como se precia en la figura, la concepci3n de un PEA del C3lculo I, apoyado en la programaci3n con el asistente Mathematica, en la carrera de Ingenier3a Inform3tica, trae consigo un significativo incremento en los resultados en cuanto a la asimilaci3n, compresi3n y aplicaci3n de conceptos, definiciones y procedimientos del C3lculo I, a la soluci3n de problemas matem3ticos y de la profesi3n, expresi3n de un proceso contextualizado, interdisciplinar y profesionalizado, sentando las bases para la profesionalizaci3n del proceso, que equivale a organizarlo en funci3n del objeto de la profesi3n, a la vez que permite relacionar conceptos y procedimientos del C3lculo I con la programaci3n, de modo que se logre un acercamiento desde la resoluci3n de problemas, al escenario de trabajo que el estudiante una vez graduado enfrentar3.

De igual forma, los resultados presentados son parte esencial del conjunto de acciones que llevan a cabo los profesores del departamento de Matem3tica y que desarrollan su labor docente en la carrera de Ingenier3a Inform3tica, para incidir de forma favorable en el proceso de ense1anza-aprendizaje del C3lculo I, y que, sustentado en la programaci3n con el asistente Mathematica constituyan base fundamental en la formaci3n inicial del ingeniero inform3tico, a la vez que contribuya de manera significativa al desarrollo de habilidades de resoluci3n de problemas matem3ticos y de la profesi3n.

DISCUSI3N

A continuaci3n, y como parte esencial en la discusi3n de los resultados obtenidos, en primer lugar, se valora conceptualmente la interdisciplinariedad como elemento que dinamiza la concepci3n did3ctica del PEA del C3lculo I, sustentada en la programaci3n con el asistente Mathematica, desde la 3ptica del uso de asistentes matem3ticos en el PEA del C3lculo I (Pico *et al.*, 2017) y, en segundo lugar, los aspectos que caracterizan la concepci3n did3ctica del PEA del C3lculo I en la carrera profesional de Ingenier3a Inform3tica.

La interdisciplinariedad, para Mena y Mena (2020), vista como el proceso significativo de enriquecimiento del curr3culo y de aprendizaje de sus actores que se alcanza como resultado de reconocer y desarrollar los nexos existentes entre las diferentes disciplinas de un Plan de Estudio, ha sido objeto de estudio de numerosos investigadores, tanto en el 3mbito nacional como internacional. En la actualidad, son muchas las investigaciones que destacan dentro de sus presupuestos te3ricos el uso de asistentes matem3ticos (Pico *et al.*, 2017; Pedroso *et al.*, 2021) como herramienta esencial de un PEA interdisciplinar, constituyendo este el eje de direcci3n en la concepci3n did3ctica elaborada.

En este contexto, el rol de los asistentes matemáticos es esencial en la formación integral permanente del estudiante de Ingeniería Informática, que no puede verse como un hecho aislado e independiente de cada asignatura que compone el currículo, sino como un proceso donde no se propongan conocimientos adicionales, que procure establecer conexiones y relaciones de conocimientos y habilidades de resolución de problemas, de manera integrada y dinámica, en función del objeto de la profesión.

Por tanto, y teniendo en cuenta el papel que desempeña el asistente matemático y la interdisciplinariedad en la formación integral del ingeniero informático, se presenta a continuación una concepción didáctica del PEA del Cálculo I, sustentada en la programación con el asistente Mathematica, de forma que se logre la integralidad del proceso. El uso de entornos computacionales como Mathematica ha demostrado ser un recurso eficaz para apoyar la enseñanza del cálculo en los primeros años universitarios. Contreras de la Fuente *et al.* (2019) señalan que la incorporación de este software en las prácticas de cálculo permite identificar errores recurrentes en los estudiantes y facilita la retroalimentación inmediata, lo que contribuye a un aprendizaje más profundo y significativo.

La visualización dinámica que ofrece Mathematica favorece la comprensión de conceptos abstractos como la integral de Riemann o las funciones de variable compleja. Pérez (2015) destaca que las representaciones gráficas interactivas permiten a los estudiantes explorar de manera autónoma los fundamentos del cálculo, lo que incrementa su motivación y reduce la ansiedad frente a la asignatura.

Alemany Martínez y Checa Martínez (2012) subrayan que un curso práctico de cálculo apoyado en Mathematica no solo mejora la precisión en los procedimientos, sino que también fomenta el razonamiento crítico, al permitir que los estudiantes se concentren en la interpretación de resultados, más que en la mecánica del cálculo. Este enfoque contribuye a una formación más integral en matemáticas.

En este sentido, se define la concepción didáctica del PEA del Cálculo I, en la carrera de Ingeniería Informática, como una construcción teórica basada en un sistema de principios e ideas básicas, relacionados entre sí, que fundamentan en el orden teórico el PEA del Cálculo I, en función de favorecer la interdisciplinariedad del contenido matemático con la programación, basada en un asistente procesador matemático y en la contextualización, actualización y profesionalización de este proceso.

En su contenido, destacan las ideas básicas como expresión del PEA del Cálculo I, que dan lugar a esenciales aportes acerca de la utilización del asistente Mathematica, como exponentes en la interdisciplinariedad de los contenidos del Cálculo I y la programación, en la resolución de problemas matemáticos y de la profesión, el papel del profesor, el estudiante y el grupo y la reconsideración de los componentes didácticos del proceso, en la carrera ingeniería informática

Por tanto, desde esta perspectiva, se entiende el PEA del Cálculo I sustentado en la programación con Mathematica, como el sistema de acciones que realiza el profesor, con enfoque integral y profesionalizado de los componentes, dirigido a la apropiación por los estudiantes del contenido de la asignatura Cálculo I, para la resolución de problemas de la profesión, sustentado en la programación de manera contextualizada e interdisciplinar, en función del objeto de la profesión.

La concepción didáctica del PEA del Cálculo I apoyado en la programación con Mathematica se sustenta en un sistema de principios que dinamizan, rigen y regulan el proceso:

Principio de la vinculación ciencia-docencia-profesión. Se fundamenta a partir de relacionar el PEA del Cálculo I con los avances y resultados que, desde la ciencia, impactan en la formación profesional. Asumir este principio conduce de forma ineludible a que el ingeniero informático en formación asuma el PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con Mathematica, como contexto básico de desarrollo profesional, caracterizado por la esencia propia de la profesión, convirtiéndose en piedra angular para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y amor a la profesión.

Al respecto, el trabajo integrado del colectivo docente debe favorecer las condiciones para satisfacer las necesidades investigativas y profesionales de los estudiantes y concebir un sistema de tareas docentes dirigidas a la implicación de manera progresiva.

Principio del nexo indisoluble entre teoría, práctica y profesionalización. Supone vincular conceptos, definiciones y procedimientos del Cálculo I, a la solución de problemas sustentados en la programación con Mathematica, contribuyendo de esta manera al desarrollo profesional del ingeniero informático en formación y que permita a profesores y estudiantes tener una visión holística del perfil profesional. Este principio reconoce en el PEA del Cálculo I la unidad en la concepción didáctica de los componentes del proceso y el objeto de la profesión, a través del desarrollo de tareas de aprendizaje sustentadas en la programación con Mathematica.

Principio de la interactividad tecnológica. Se manifiesta en el PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con el asistente Mathematica, que favorece el diseño de entornos personales y sociales de aprendizaje, permitiendo la adaptabilidad del asistente Mathematica a las necesidades cognitivas y ritmo de aprendizaje del estudiante, la comunicación multidireccional entre los diferentes actores del proceso y la gestión del asistente.

Esta relación dialéctica, que tiene lugar entre los actores del PEA del Cálculo I, supone el tránsito por varias etapas de interacción, que materializan la concreción sistémica de los componentes didácticos del proceso y de las relaciones que se establecen entre estudiantes, grupo, profesor y la resolución de situaciones problemáticas en el contexto social.

Interacción entre estudiante y asistente Mathematica. Es claramente fundamental para que se produzcan los otros tipos de interacciones; en ella, el estudiante ha de demostrar dominio de las habilidades fundamentales para el trabajo con Mathematica, como herramienta esencial en la vinculación del contenido matemático con la programación.

Interacción estudiante-contenido. En el proceso de apropiación de los conocimientos, habilidades y valores, debe existir una dinámica de relaciones que permita que el estudiante pueda interactuar con el contenido a través de Mathematica en un ambiente de intercambio.

Interacción estudiante-profesor. En el PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática, tiene una especial significación, donde el trabajo con la Zona de Desarrollo Próximo de los estudiantes en la resolución de problemas matemáticos y de la profesión, sustentado en la programación con Mathematica es esencial, pues el profesor se convierte en guía, mediador y orientador del estudiante durante el aprendizaje.

Interacción entre estudiantes. La interacción entre estudiantes se manifiesta a través de los canales de comunicación preestablecidos entre ellos, así como la que tiene lugar en el trabajo colaborativo en equipos a la hora de resolver un determinado problema o proyecto de año y que permite compartir dudas, opiniones, e intercambiar vías de solución. Este principio estimula la formación de valores como la solidaridad, la autonomía, la autogestión y la responsabilidad.

Ideas básicas de la concepci3n didáctica del PEA del Cálculo I, en la carrera de Ingeniería Informática

Las ideas que se presentarán a continuaci3n tienen como propósito caracterizar la concepci3n didáctica para el PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática, sustentada en la programación con Mathematica, como proceso didáctico e interdisciplinar en el que convergen todos los componentes del proceso, que se dinamiza no solo en el contexto universitario, sino en el entorno social en que se desenvuelve el estudiante, desde la interacci3n dada entre los componentes académico, laboral e investigativo.

Las ideas articulan el PEA del Cálculo I aprovechando la interdisciplinariedad que existe entre la asignatura y la programación. Por tanto, la concepci3n didáctica propuesta se sustenta en las siguientes ideas básicas:

1. El PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con Mathematica, concibe a este como la vía profesionalizada de carácter sistémico, contextualizado, problémico e interdisciplinar.
2. En el PEA del Cálculo I, la interdisciplinariedad con la programación con Matemática contribuye al desarrollo de habilidades de resoluci3n de problemas.
3. El PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática se concreta en diagnosticar, modelar, algoritmizar y programar como tarea docente profesional.

Llegar a ser un profesional de la informática competente requiere de un PEA del Cálculo I que se sustente en la integraci3n, no solo de sus componentes didácticos, sino además con el contexto de desarrollo profesional en que se desenvuelve de manera sistémica, donde la resoluci3n de problemas basados en la programación con Mathematica se convierta en piedra angular de un aprendizaje contextualizado, interdisciplinar y profesionalizado del sujeto en formaci3n (Mena & Mena, 2020).

En este sentido, la interdisciplinariedad que existe entre el PEA del Cálculo I, con asignaturas del currículo (Matemática Discreta y Programaci3n), permitirá al ingeniero informático en formaci3n, desarrollar habilidades para alcanzar una formaci3n integral, asumir y resolver problemas matemáticos y de la profesi3n con Mathematica y cuya soluci3n sea a través de la vinculaci3n práctica del contenido matemático y de la programación.

Desde esta perspectiva, en el PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática se identifican las siguientes características:

Carácter sistémico: se sustenta en la sistematización y relación que se da entre los contenidos matemáticos y la programación con Mathematica, los componentes del proceso y las unidades didácticas que conforman el programa de la asignatura Cálculo I; de igual forma, en el contexto de desarrollo profesional en que se desenvuelve el estudiante, destacándose la naturaleza genética y evolutiva en cuanto a la determinación y apropiación de la cultura necesaria desde las invariantes del contenido, para la asimilación, comprensión, modelación y aplicación de conceptos y propiedades fundamentales en la transformación de la realidad social sobre la que el estudiante incide.

Carácter problémico: constituye la base en la interdisciplinariedad del contenido matemático y la programación con Mathematica y se manifiesta a partir del planteamiento de situaciones asociadas al contexto socioeconómico actual, como elemento dinamizador que sustenta y orienta la actividad profesional, permitiendo asimilar conocimientos y métodos de actividad intelectual práctica; además, motiva el interés cognoscitivo y potencia la capacidad del estudiante para construir con imaginación y creatividad su propio conocimiento, desarrolla el espíritu científico a partir de la independencia cognoscitiva y la asimilación del sistema de conocimiento, para que se enfrente con eficacia a la solución de problemas cognoscitivos o sociales, sustentados en la programación con Mathematica (Cala *et al.*, 2020).

Carácter contextualizado: se sustenta en el principio del nexo indisoluble entre teoría y práctica, la relación del contenido estudiado y su futura profesión. Tiene lugar a partir de la manera en que gestiona el conocimiento el estudiante, con el objetivo de conocer la realidad social y de algún modo desde la resolución de problemas, transformarla, evidenciándose la correspondencia que se establece entre las habilidades de resolución de problemas, la programación con Mathematica, los contenidos y el contexto en la formación del profesional; correspondencia que demanda en el estudiante un pensamiento alternativo que se concreta en el desarrollo de tareas integradoras.

Carácter interdisciplinar: se manifiesta al concebir el PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con Mathematica, lo cual posibilita comprender la resolución de problemas desde lo didáctico, lo tecnológico y lo axiológico, donde el estudiante con la asesoría del profesor visualiza, grafica y elabora pequeños programas, encaminados a estimular la independencia, la creatividad y la motivación por la profesión, en las que en un ambiente de cooperación e intercambio de conocimientos, se gestionan modelos y algoritmos con el propósito de resolver el problema planteado (Caraballo *et al.*, 2019).

La interdisciplinariedad del contenido del Cálculo I con la programaci3n con Mathematica, en la carrera de Ingeniería Informática, sienta las bases para la profesionalizaci3n del proceso, que equivale a organizarlo en funci3n del objeto de la profesi3n, donde permite relacionar conceptos y procedimientos del Cálculo I con la programaci3n, de modo que se logre un acercamiento desde la resoluci3n de problemas con el asistente, al escenario de trabajo que el estudiante, una vez graduado, enfrentará.

El PEA del Cálculo I, atendiendo a los elementos que lo caracterizan y la relaci3n de carácter interdisciplinar que tiene lugar con la programaci3n con Mathematica, en funci3n de su formaci3n, toma en cuenta las relaciones sistémicas entre sus componentes didácticos, conformados por el problema o necesidad de aprendizaje, objeto, objetivo, contenido (conocimientos, habilidades y valores), métodos, medios, formas y evaluaci3n, así como la relaci3n profesor-estudiante-grupo.

Dentro de los componentes del PEA del Cálculo I se reconocen: el profesor, el estudiante y el grupo, cuya relaci3n determina la dinámica del proceso y acerca o aleja al estudiante del objeto de la profesi3n, en la medida en que la interdisciplinariedad entre el Cálculo I y la programaci3n con Mathematica se convierta en referente educativo y motivacional para su formaci3n.

En la relaci3n que tiene lugar entre profesor, estudiante y grupo, este último juega un papel determinante en el desarrollo del PEA del Cálculo I, sustentado en la programaci3n con Mathematica, como contexto ideal para el desarrollo de actividades de intercambio y cooperaci3n entre los miembros y en la soluci3n de problemas profesionales, donde el rol principal en el proceso lo ejerce el propio estudiante, bajo la asesoría del profesor.

En este sentido, en la relaci3n que se establece entre los protagonistas del proceso, la enseñanza se centra en el sujeto que aprende, y su aprendizaje será contextualizado, interdisciplinar y profesionalizado, en tanto el estudiante se apropia del contenido de manera personalizada, consciente y motivada, en colaboraci3n con el profesor y el grupo, lo que le permite no solo desarrollar habilidades para la resoluci3n de problemas con Mathematica, sino el desarrollo integral de su personalidad, el crecimiento personal y la interacci3n con otros sujetos en un ambiente de cooperaci3n e intercambio.

Esta interacci3n dinamizada por la interdisciplinariedad entre el Cálculo I y la programaci3n con Mathematica, conlleva al desarrollo de tareas con un carácter profesionalizado, desde una tutoría cognitiva y contextualizada del profesor, como experto capaz de conducir al estudiante a la resoluci3n

de problemas desde un enfoque real, a la vez que hace visible las estrategias de enseñanza y aprendizaje que permitan una formación profesional competente.

Lo anterior conduce al profesor a encontrar nuevas formas de enseñar, de pensar, de transferir el objeto de la ciencia (Cálculo I) asociado al objeto de la profesión (desarrollar procesos relacionados con las soluciones y sistemas informáticos en las organizaciones), que permitan al estudiante estar de manera constante en un proceso de cuestionamiento sobre lo que sabe, para qué lo necesita y tome el control de su propio aprendizaje.

El PEA del Cálculo I en la carrera de Ingeniería Informática reconoce en la interdisciplinariedad entre el Cálculo I y la programación con Mathematica, la necesidad de profesionalizar los componentes del proceso como vía de una formación profesional competente del egresado, como opción de su crecimiento personal y profesional y la satisfacción de sus necesidades cognitivas y volitivas, a partir de la solución de problemas vinculados con la profesión.

El PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con Mathematica, reconoce al problema como la necesidad de resolver problemas de carácter matemático y propio de la profesión, sustentado en la programación con el asistente. El objeto como componente didáctico donde se manifiesta el problema está dado por el sistema de conceptos, definiciones y relaciones del cálculo diferencial e integral de funciones reales de una variable, en tanto que el objetivo como componente rector, que expresa la aspiración que se quiere lograr a lo largo de todo el proceso, va dirigido a resolver problemas matemáticos y de la profesión sustentados en la programación con Mathematica, como exponente de una formación interdisciplinar y profesionalizada, en función del objeto de la profesión.

El carácter sistémico, dinámico y contextualizado que se establece entre la triada problema-objeto-objetivo, permite definir entonces los contenidos a desarrollar. El contenido, como componente didáctico, articula el sistema de conocimientos, habilidades y valores.

El sistema de conocimiento en el PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con Mathematica, no solo se centrará en los aspectos relacionados con el cálculo diferencial e integral de una variable real, sino que hará énfasis en los aspectos relacionados con elementos de programación con Mathematica; integrándose, en el desarrollo de tareas docentes, los contenidos del cálculo con la programación, dirigidos al desarrollo de la habilidad fundamental del proceso: resolver problemas matemáticos y de la profesión. Estos estarán sustentados en la programación con Mathematica, lo

cual potencia en los estudiantes valores como responsabilidad, creatividad, científicidad, laboriosidad, profesionalidad y solidaridad.

Sin lugar a dudas, en un PEA del Cálculo I, sustentado en la programación con el asistente Mathematica, el método a emplear constituye, al igual que el resto de los componentes, elemento esencial que configura el espacio de interacción entre estudiante, profesor y grupo, vital para garantizar un proceso de formación interdisciplinar y profesionalizado.

En este sentido, y teniendo en cuenta el papel del Cálculo I en la interdisciplinariedad con otras disciplinas del currículo del ingeniero informático, el método a emplear es el de proyecto, entendido este como el conjunto de actividades articuladas entre sí, orientado y bajo la tutoría del profesor, con el fin de generar productos o servicios capaces de resolver problemas de la profesión y satisfacer necesidades de aprendizaje, considerando los recursos y el tiempo asignado (Cobo & Valdivia, 2017).

La implementación exitosa de un proyecto en el PEA del Cálculo I requiere que al proceso se integre de manera sistémica el colectivo de año académico, donde la asignatura principal integradora (Ingeniería y Gestión del Software) juega un rol esencial en la coordinación y planificación de situaciones presentes en el sector de la producción y los servicios, sobre los cuales el estudiante debe investigar. En este proceso, se pueden identificar las siguientes etapas (Cobo & Valdivia, 2017):

- **Organización y planteamiento del proyecto.** En esta etapa, se identifican situaciones relevantes vinculadas a los contenidos tratados en el curso y que requieren ser trabajados en un proyecto. El profesor, por su parte, deberá estimular la motivación e interés en la tarea, señalando la importancia de esta en el desarrollo social y en su formación profesional. Un aspecto importante es la organización y distribución de la responsabilidad de cada miembro del equipo y, si bien es recomendable la autonomía, el profesor deberá intervenir cuando lo considere necesario. También se hace factible el acompañamiento del profesor en la generación de ideas para asegurar la calidad del proyecto.
- **Investigación sobre el tema.** Su propósito es conocer el tema del proyecto y profundizar en los fundamentos del mismo. Se recomienda brindar una retroalimentación sistemática a cada uno de los equipos por medio de guías, tutoriales, etcétera, con el fin de orientar de modo pertinente la investigación con el proyecto que desarrolla.
- **Definición de los objetivos y plan de trabajo.** Un proyecto tiene como fin generar un producto, por lo que se pretende que los estudiantes construyan su aprendizaje durante el

proceso y que estos se relacionen con el contenido del curso. El profesor establecerá los objetivos, teniendo en cuenta los temas principales tratados en el curso, recursos con que cuenta y tiempo. Finalmente, elabora una guía de actividades necesarias para lograr los objetivos del proyecto.

- **Implementación.** En correspondencia con las características del proyecto, los estudiantes necesitarán mayor o menor asesoría en el proceso. El profesor deberá estar atento a las dificultades y necesidades de aprendizaje que vayan surgiendo, con el fin de orientar al estudiante, en caso de que necesite reajustar su plan y solicite información que asegure el éxito final del proyecto.
- **Presentación y evaluación de los resultados.** Se muestran los proyectos desarrollados y se exponen los resultados por parte de los estudiantes, lo cual requiere de una preparación previa que permite el despliegue de habilidades fundamentales, como la comunicación oral y escrita.

Concebir en el PEA del Cálculo I el método de proyecto exige cultivar la cultura de cooperación, la socialización y el intercambio entre estudiantes-profesor-estudiantes, con la finalidad de transformar un proceso tradicional en uno más activo, participativo e integrado al entorno social y laboral.

Por su parte, los medios, como soporte material del método, permitirán elevar la efectividad en el PEA del Cálculo I, crear convicciones, formar rasgos de la personalidad de los estudiantes, consolidar la actividad creativa, así como consolidar habilidades que permitirán construir destrezas para la vida laboral y profesional. En este sentido se propone el uso del asistente Mathematica, como exponente fundamental en la formación del profesional, lo cual atribuye al proceso un carácter profesionalizado a partir de relacionar de manera interdisciplinar los contenidos matemáticos con la programación.

A su vez, la forma, como componente que expresa la configuración externa del proceso, se concreta desde el punto de vista del grupo en conferencias, clases prácticas de laboratorio con Mathematica, seminarios y talleres y desde lo individual, en actividad independiente, tutorías y asesorías a las diferentes tareas asignadas a los estudiantes, así como a los proyectos orientados.

Por su parte, la evaluación, en correspondencia con los objetivos y como proceso continuo que promueva la discusión de alternativas y procedimientos para la solución de problemas matemáticos y de la profesión, con el empleo del asistente Mathematica, en un ambiente colaborativo y de

intercambio entre los actores del proceso, tendrá su mayor peso sin descartar la evaluación continua y sistemática en la elaboración y presentación de un proyecto integrador.

Una evaluación adecuada del proyecto orientado permite al estudiante mostrar los resultados alcanzados en su realización, propicia que el estudiante sea consciente de los pasos o de la estrategia seguida y, por tanto, que se autoevalúe. Además, cuando estos productos se presentan en distintos fóruns científicos estudiantiles, se ve *in situ* el producto de la cooperación y el intercambio de saberes entre profesores y estudiantes, como expresión de su formación profesional. Por lo tanto, en una apertura al entorno sociocultural y laboral, la comunidad educativa y laboral valora y se beneficia del trabajo del estudiantado.

En este sentido, y teniendo en cuenta las habilidades profesionales del ingeniero informático, se hace necesario estructurar el actual PEA del Cálculo I hacia una enseñanza más conceptual, con un mayor trabajo en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, encaminado a la realización de acciones que deriven en un propósito: contribuir desde la resolución de problemas sustentados en la programación con Mathematica, al desarrollo y crecimiento personal del estudiante.

Se considera la programación con Mathematica como un agente dinamizador para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. En ese sentido, el profesor se convierte en mediador y facilitador del aprendizaje, al proporcionarle vías, métodos, estrategias de trabajo y procedimientos. Del mismo modo, reconoce al estudiante como sujeto activo y constructor de su aprendizaje y no como un simple receptor de información, quien para resolver el problema orientado deberá buscar información, gestionar procedimientos y procesar datos y resultados de manera independiente.

De igual modo, y siendo consecuentes con lo abordado, la interdisciplinariedad entre el PEA del Cálculo I y la programación con Mathematica, establece un vínculo en la formación profesional no solo con el ámbito escolar, sino arraigado con fuerza en la formación continua y laboral, donde son importantes la efectividad del método, la forma y el medio a emplear, pues el estudiante se apropia del contenido solo si él reconoce la importancia y actualidad del problema en la aplicación de su solución.

Por tanto, en la interdisciplinariedad del Cálculo I y la programación con el asistente Mathematica, el método de proyecto contribuye al desarrollo de habilidades que constituyen acciones dentro de la resolución de problemas, como *diagnosticar, modelar, algoritmizar y programar*, a la vez que integra los componentes del proceso en la solución de un problema de manera dinámica, en función de

aprovechar al máximo los conocimientos, habilidades y motivaciones del estudiante para el aprendizaje y resolución de problemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemany Martínez, E., & Checa Martínez, E. (2012). Un curso práctico de cálculo con Mathematica 8. *Revista de Innovación Educativa en Matemáticas*, 8(1), 101-115. <https://riunet.upv.es/handle/10251/17427>
- Cala Peguero, T. Y., Breijo Worosz, T., & Bernaza Rodríguez, G. J. (2020). *La formación de profesionales en Cuba desde una perspectiva desarrolladora y profesionalizada*. Editorial Universitaria. <https://books.google.com/books?id=478055149002>
- Caraballo Carmona, C. M., Meléndez Ruiz, R., & Iglesias Triana, L. (2019). Reflexiones acerca del concepto competencias y aprendizaje por competencias en las instituciones de educación superior y su incidencia en el aprendizaje de las matemáticas. *Opuntia Brava*, 11(1), 297-307. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/723>
- Cobo Gonzales, G. & Valdivia Cañotte, S. (2017). *Aprendizaje basado en proyectos*. Colección de materiales de apoyo a la docencia. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://idu.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/07/5.-aprendizaje.pdf>
- Contreras de la Fuente, J., García, A., & Sánchez, M. (2019). Aplicación del programa Mathematica a las prácticas de cálculo en el primer año universitario. *Revista de Educación Matemática*, 34(2), 45-60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398534>
- Estopiñan Lantigua, M., & Telot González, J. (2017). Contribución de la matemática discreta a la formación del ingeniero informático. *Atenas*, 3(39), 18-30. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478055149002>
- Iglesias Domenec, N., Alonso Berenguer, I., & Gorina Sánchez, A. (2017). El Cálculo Diferencial e Integral en las carreras de ciencias técnicas. Especificidades de su enseñanza. *Revista Formación y Calidad Educativa*, 5(2), 195-209. <http://runachayecuador.com/refcale/index.php/refcale/article/view/1796>

Mena Lorenzo, J. A., & Mena Lorenzo, J. L. (2020). *La educación superior cubana desde un enfoque de formación profesional compartida universidad-institución productiva*. Editorial Universitaria. <https://books.google.com/books?id=478055149002>

Pedroso Carracedo, L.; Diez Fumero, T., & López Domínguez, A. (2021). Usar asistentes matemáticos: habilidad esencial en la disciplina Matemática para la formación ingeniera contemporánea. *Referencia Pedagógica*, 9(2),192-203. <http://ref.scielo.org/26y4jn>

Pérez, J. (2015). Apuntes y ejercicios de cálculo con Mathematica. *Revista de Enseñanza Universitaria de Matemáticas*, 12(1), 77-89. <https://www.ugr.es/~jperez/docencia/mathematica>

Pico Macías, R., Díaz Silva, O., & Escalona Reyes, M. (2017). Enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial aplicando el asistente matemático Derive. *Tecnología educativa*, 2(1). <https://tecedu.uho.edu.cu/index.php/tecedu/article/view/25>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Los autores participaron en el diseño y redacción del artículo, en la búsqueda y análisis de la información contenida en la bibliografía consultada.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional