

APLICACIÓN DEL CÁLCULO INTEGRAL EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

APPLICATION OF INTEGRAL CALCULUS IN PHYSICS LEARNING

Abrantes Ângelo Luís Gomes. aalg84@gmail.com. Instituto Superior, Ciencias de la Educación, Sumbe, Angola. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6211-9906>

Nurys Cervantes Hinojosa. ncervantes@gmail.com. Instituto Superior, Ciencias de la Educación, Sumbe. Angola. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1519-021X>

Pedro Sawoma. Sawomapedro1@gmail.com. Instituto Superior, Ciencias de la Educación Sumbe. Angola. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0484-8669>

Edivânio da Resurreição Manuel Samuel. edivaniosamuel@hotmail.com. Institutor Ciencias de la Educación, Sumbe. Angola. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0485-5259>

Elis Efraín Guzmán Romero. eeguzman@ismm.edu.cu. Universidad de Moa. Holguín. Cuba ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4906-8009>

Fecha de recepción: 3 de julio de 2024

Fecha de aceptación: 8 de septiembre de 2024

RESUMEN

El estudio realizado en el 2023, a la formación inicial de la carrera Licenciatura en Educación, en la especialidad de Física del Instituto Superior de Ciencias de la Educación del municipio Sumbe, provincia de Cuanza Sur en Angola, permitió constatar limitaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física Mecánica. Para solucionar este problema se diseñó una secuencia didáctica para aplicar el cálculo integral en el aprendizaje de los contenidos de Física Mecánica. Se utilizaron métodos del nivel teórico, empírico y estadístico matemático: análisis-síntesis, inductivo-deductivo, sistémico-estructural-funcional, la aplicación de encuestas, entrevistas, así como el análisis porcentual de datos extraídos de informes y otras fuentes de información, permitieron sintetizar criterios, a partir de la triangulación, caracterizados por el rigor metodológico y la objetividad científica. La implementación de la propuesta permite constatar transformaciones significativas en el aprendizaje de los estudiantes, relacionados con la adquisición de conocimientos y el desarrollo

de habilidades en la aplicación de las reglas de integración en los contenidos de Física Mecánica.

PALABRAS CLAVE: cálculo integral; secuencia didáctica; Física Mecánica; aprendizaje significativo

ABSTRACT

The study carried out in 2023, at the initial training of the Bachelor of Education degree, in the specialty of Physics of the Higher Institute of Educational Sciences of the Sumbe municipality, province of Cuanza Sul in Angola, allowed us to verify limitations in the teaching process -learning of Mechanical Physics. To solve this problem, a didactic sequence was designed to apply integral calculus in learning the contents of Mechanical Physics. Methods of the theoretical, empirical and mathematical statistical level were used: analysis-synthesis, inductive-deductive, systemic-structural-functional, the application of surveys, interviews, as well as the percentage analysis of data extracted from reports and other sources of information, allowed synthesize criteria, based on triangulation, characterized by methodological rigor and scientific objectivity. The implementation of the proposal allows us to verify significant transformations in student learning, related to the acquisition of knowledge and the development of skills in the application of the integration rules in the contents of Mechanical Physics.

KEYWORDS: integral calculus; didactic sequence; Mechanical Physics; meaningful learning

INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior, particularmente en la carrera de Licenciatura en Educación, en las especialidades de Física y Matemática, presentan deficiencias en muchos países, a pesar de los esfuerzos realizados en investigaciones científicas de múltiples instituciones pedagógicas. Los estudiantes de estas carreras deben ingresar a la universidad con autodeterminación profesional y, una vez en la universidad, reafirmarse profesionalmente en su especialidad y lograr

motivaciones que lo movilicen a incrementar el rendimiento académico. No siempre es así, lo que provoca el abandono de los estudios universitarios en los primeros años de la carrera, así como un bajo desempeño académico.

Investigaciones realizadas por autores como Das (2019); Esparza (2018); González, et al. (2018); Iglesias et al. (2018); Serna, E. & Serna, A. (2013); Villarraga, et al. (2020) y Zayas-Batista et al. (2023) afirman que, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Matemática, son frecuentes las deficiencias que manifiestan los estudiantes universitarios para aplicar los conocimientos adquiridos en los contenidos de otras asignaturas.

Estos autores sugieren que el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Matemática Superior debe ser un proceso: intencional, innovador y contextualizado; influenciado por múltiples factores (cognitivos y afectivos) en el logro de resultados; que alcance la relación dialéctica enseñanza y aprendizaje; se desarrolle en dinámicas (docente, estudiante, métodos, medios, formas de evaluación) y que busca la educación a través de la enseñanza de contenidos de Matemática Superior.

El estudio realizado en la carrera de Licenciatura en Educación, en las especialidades de Física y Matemática del Instituto Superior de Ciencias de la Educación (en lo adelante ISCED) Sumbe, Angola y la experiencia personal de los autores en el trabajo con grupos de estudiantes en formación, permite confirmar que las actividades planificadas desde la concepción del currículo se dan con mayor énfasis en los aspectos instruccionales de cada disciplina, pero no se profundiza en la interdisciplinariedad. Esto conduce a insuficiencias en el desempeño de los estudiantes a la hora de integrar contenidos de diferentes materias y, en consecuencia, a un rendimiento académico deficiente.

Resultaron decisivas, para determinar las causas de las insuficiencias prácticas, la revisión de los programas de Física y de Matemática, así como de los planes de estudios de dichas carreras. En el diagnóstico efectuado a los estudiantes se combinaron diferentes métodos como: encuesta a estudiantes y profesores de Matemática y Física, análisis de informes de períodos académicos anteriores, así

como el análisis de resultados académicos individualizados. La triangulación de los métodos aplicados permitió constatar que existen insuficiencias en el desempeño de los estudiantes a la hora de integrar contenidos de diferentes materias y, en consecuencia, un rendimiento académico deficiente.

En el año 2023 se identificaron insuficiencias que fueron comprobadas empíricamente en el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física Mecánica donde es necesario aplicar conocimientos matemáticos relacionados con el cálculo diferencial e integral. En este sentido, se observa que no comprenden claramente cómo ocurren los fenómenos físicos, existen dificultades para representarlos utilizando herramientas matemáticas y al resolver problemas físicos la explicación del significado de las soluciones es limitada.

Con el cumplimiento del objetivo de este trabajo, mediante la elaboración de secuencias didácticas para aplicar el cálculo integral a los contenidos de Física Mecánica, se contribuye al aprendizaje significativo de los estudiantes de esta carrera y permite su preparación para un mejor desempeño en la vida profesional. Ausubel (2003) indica que la forma más natural de adquirir conocimientos para una persona es a través de la diferenciación progresiva.

El sistema de conocimientos relativo al cálculo integral se encuentra en la asignatura Análisis Matemático I, que se imparte en el segundo semestre del primer año de la carrera, sin embargo, la asignatura de Mecánica Clásica I se imparte en el primer semestre del primer año de la carrera. Esta distribución limita la adquisición de los conocimientos y el desarrollo de habilidades en la resolución de ejercicios y problemas de Mecánica Clásica, en los que resulta necesario que los estudiantes tengan una buena base de Matemática.

La experiencia laboral de los autores de esta investigación al trabajar con estudiantes de primer año de la carrera de Licenciatura en Física nos permitió constatar que para el estudiante lograr un aprendizaje significativo en Física Mecánica, no es suficiente dominar las operaciones básicas de Matemática, deberá tener dominio de otros elementos del conocimiento, tales como: el desarrollo de habilidades para trabajar

con las reglas de derivación e integración, así como el dominio de la teoría fundamental del cálculo.

La investigación posibilitó identificar como problema científico: Cómo aplicar el cálculo integral en el aprendizaje de la Física Mecánica que contribuya a una mejor preparación de los estudiantes para su desempeño en la vida profesional. Para solucionar este problema se diseñó una secuencia didáctica para aplicar el cálculo integral en el aprendizaje de los contenidos de Física Mecánica.

Organización y dirección del proceso de enseñanza y aprendizaje.

El aprendizaje significativo surge cuando el estudiante, como constructor de su propio conocimiento, relaciona los conceptos a aprender y les da significado a partir de la estructura conceptual que ya posee. Por lo tanto, construye nuevos conocimientos a partir de conocimientos previamente adquiridos, relacionando los nuevos conceptos con los conceptos que ya tiene y relacionando los nuevos conceptos con la experiencia que ya tiene (Ausubel, 2003). El estudio de la teoría de la actividad permite un análisis del contenido de la actividad de aprendizaje a partir de la delimitación de la estructura de sus componentes básicos y las relaciones funcionales que se dan entre ellos. La actividad permite concebir el proceso como ciclos cognitivos que se concatenan secuencialmente en forma de espiral de conocimiento, ampliando paulatinamente el nivel de conocimiento y comprensión.

Coincidimos con Morosini & Rico (2001) quien afirma que es necesario organizar el proceso de asimilación del estudiante, garantizando los tres componentes funcionales en cada actividad; la parte rectora, la parte ejecutora y la parte controladora. A continuación, presentamos lo que constituye cada una de estas etapas en la organización del proceso educativo.

En la etapa de orientación: el estudiante recibe la información necesaria sobre la situación, condiciones y exigencias para su desempeño en el contenido estudiado. En esta etapa se debe tener claro qué debe hacer el estudiante y qué relación debe establecer con el objeto de conocimiento. La orientación debe regular la actividad del estudiante con el fin de garantizar su independencia en la acción. En esta etapa es

decisiva la actuación, la creatividad y la responsabilidad del docente. La orientación es el punto de partida para organizar el aprendizaje y debe considerar los diferentes momentos de la actividad cognitiva y especificar qué acciones deben ser realizadas por los estudiantes y cuáles por los profesores. La etapa de orientación inicia su proceso con el análisis, exploración y reconocimiento previo, así como la precisión de los objetivos, para que el estudiante se familiarice con las exigencias de la tarea, sus condiciones, datos e información disponible, procedimientos y estrategias a resolver. La tarea y su aplicación práctica.

Coincidimos con Morosini & Rico (2001) al afirmar que el proceso de enseñanza-aprendizaje logra resultados, lo más importante es considerar como punto de partida lo que el estudiante ya sabe, es decir, el proceso debe comenzar con conocimientos para que haya significación a su nivel. Cuando los nuevos conocimientos no despiertan interés y no se integran con los conocimientos previos, se produce una reproducción mecánica.

En la etapa de ejecución: el estudiante ejecuta las instrucciones recibidas, sigue los pasos propuestos, considerando siempre el punto de llegada. La ejecución debe ser consciente, racional y sistemática. Si la orientación no ha sido suficiente para la efectividad de la tarea, el estudiante actuará mediante prueba y error, lo que limita el éxito en el desarrollo de habilidades y actividades conscientes y reflexivas sobre su acción.

Es importante en esta etapa diagnosticar qué puede hacer el estudiante por sí solo y en qué necesita ayuda. En esta observación, el docente identifica el nivel de desarrollo efectivo alcanzado, el potencial que tiene el alumno y que podría desarrollar con la ayuda de compañeros y docentes sin crear dependencias. Identificar el nivel de comprensión del estudiante permite al docente invertir esfuerzos en función de las posibilidades reales de los estudiantes y de las nuevas adquisiciones a lograr según su participación, lo que permite dar un salto cualitativo a un nivel superior de conocimiento y comprensión, es decir, se va desde el desarrollo potencial (que necesita ayuda para ser superado) hasta el desarrollo efectivo.

La etapa de control: permite comprobar la efectividad de las acciones desarrolladas y los resultados alcanzados para realizar los ajustes y correcciones necesarias. La corrección debe ocurrir durante el desarrollo del proceso. Para evitar una recurrencia del proceso, los estudiantes deben desarrollar habilidades de control y evaluación durante el proceso, evitando la continuación de errores.

Coincidimos con lo que refiere Morosini & Rico (2001) en sus estudios sobre la organización y dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje, y al respecto afirma que el docente debe identificar algunos errores cometidos y tomar las acciones necesarias para corregirlos, eliminarlos, sin ayuda temprana o prematura y sin preocuparse por clasificar y clasificar a los estudiantes a través de calificaciones y conceptos, lo que ayuda a reducir tensiones y ansiedades respecto de la evaluación históricamente desarrollada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El profesor debe guiar al alumno, enseñarle cómo realizar la tarea y realizar los ajustes necesarios.

Teniendo en cuenta las tres etapas analizadas, presentamos la secuencia didáctica para la aplicación del cálculo integral en el aprendizaje de la Física.

Secuencia didáctica para aplicar el cálculo integral en el aprendizaje de la Física Mecánica.

La secuencia didáctica propuesta tiene en cuenta la actividad docente del profesor en unidad indisoluble con la actividad de aprendizaje de los estudiantes. Además, se basa en acciones flexibles, dinámicas y constructivas, compuestas por operaciones organizadas y planificadas por el docente con el objetivo de lograr aprendizajes significativos para los estudiantes.

Mex (2019) afirma que una secuencia didáctica es un conjunto articulado de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan alcanzar determinados objetivos educativos, considerando una serie de recursos. En la práctica, esto implica mejoras sustanciales en los procesos de formación de los estudiantes, a medida que la educación se vuelve menos fragmentada y enfocada en objetivos.

Teniendo en cuenta esta definición, se propone el análisis de los contenidos relacionados con el cálculo integral que se deben dominar para lograr su adecuada aplicación en la enseñanza de los contenidos de Física Mecánica antes mencionados y se sugieren los procedimientos a tener en cuenta por el profesor de Física.

Procedimientos a tener en cuenta al aplicar el cálculo integral para el aprendizaje de la Física Mecánica.

Los procedimientos descritos se basan en la interdisciplinariedad, como una forma de producción de conocimiento que implica la integración de teorías y metodologías de diferentes áreas del conocimiento y son enseñadas y fomentadas en el currículo.

Según Frigotto (2008), la forma de pensar fragmentaria y lineal produce conocimiento que, transformado en acción, trae innumerables problemas concretos a la humanidad en su conjunto. La interdisciplinariedad surge entonces de la necesidad de dar respuesta a la fragmentación de las disciplinas. Es un diálogo entre las diferentes áreas del conocimiento, una forma de trabajar con el conocimiento.

Para Bovo (2004), la interdisciplinariedad busca pasar de una concepción fragmentada a una concepción unitaria, para ello necesita de una escuela participativa, con una visión amplia y no fragmentada, que se convierta en un espacio de reflexión, intercambio de conocimientos y claridad en objetivos.

En la presente investigación los procedimientos a tener en cuenta al aplicar el cálculo integral en el aprendizaje de la Física son de carácter metodológico y se explican a través de la temática de trabajo y energía impartida en la disciplina de Mecánica Clásica. Estos procedimientos expresan los vínculos comunes de interrelación entre ciertos elementos de conocimiento de las materias: Matemática y Física debido a la existencia de objetivos comunes. Esta interrelación conduce a nuevas cualidades y a una organización más integrada. Las relaciones entre estas disciplinas contribuyen a la relación mutua del sistema de conceptos, leyes y teorías que se abordan y garantizan un sistema general de conocimientos y habilidades, tanto intelectuales como prácticas, así como un sistema de relaciones con el mundo real en que vive el estudiante.

Pasos a tener en cuenta:

1. Para seguir estos procedimientos, el profesor presenta inicialmente la situación de aprendizaje y luego «da tiempo» para que el estudiante o grupos de estudiantes comprendan el problema.
2. Se extraen los datos del problema.
3. Presenta la expresión matemática de acuerdo con lo que se pretende determinar;
4. Se presentan las reglas básicas de integración necesarias, según la expresión matemática dada.
5. El profesor anuncia el teorema fundamental del cálculo;
6. Se resuelve la situación planteada aplicando las reglas de integración y la teoría fundamental del cálculo.
7. Verificar el resultado.
8. Interpretar la respuesta.

Cálculo integral. Definiciones y teorema fundamental del cálculo.

Definición 1. Integral primitiva e indefinida.

De acuerdo con Larson (2011), una función F es una primitiva de una función f si, para cada x en el dominio de f , acontece que $F'(x) = f(x)$. Proceso de integración que es denotado por símbolo.

El diagrama muestra la ecuación $\int f(x) dx = F(x) + C$ con las siguientes etiquetas y flechas:

- "Símbolo da integral" apunta al símbolo de la integral \int .
- "Diferencial" apunta al símbolo dx .
- "Integrando" apunta a la función $f(x)$.
- "Primitiva" apunta a la expresión $F(x) + C$.

Figura 1: Representación de los elementos de la integral indefinida.

(Fuente: Larson, 2011)

Reglas básicas de integración:

Las reglas de integración son fundamentales para resolver integrales de funciones que no se pueden integrar directamente. Sirven para simplificar y transformar integrales complejas en formas más manejables. Así, Stewart et al. (2022) presenta un conjunto de reglas básicas de integración como:

$$1. \int k dx = kx + C, \quad k \text{ es una constante}$$

$$2. \int kf(x) dx = k \int f(x) dx$$

$$3. \int x^n dx = \frac{n \cdot x^{n+1}}{n+1} + C, \quad (n \neq -1)$$

$$4. \int \sin(x) dx = -\cos(x) + C$$

$$5. \int \cos(x) dx = \sin(x) + C$$

Definición 2. Integral definida

Segundo Larson (2011), sea f no negativa y continua en el intervalo cerrado $[a, b]$. El área de la región limitada por el gráfico de f , por el eje x y por las rectas $x = a$ y $x = b$ es denotada por el Área = $\int_a^b f(x) dx$

La expresión del miembro derecho de la igualdad es llamado integral definida de a hasta b , en que a es el límite inferior de integración y b es el límite superior de integración.

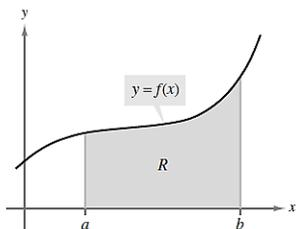


Figura 2: Área de a hasta b . (Fuente: Larson, 2011)

Con la integración podemos resolver problemas que involucran volúmenes, longitudes de curvas, pronósticos de población, fuerzas, trabajo, entre muchas otras aplicaciones.

Teorema fundamental del cálculo.

Para Larson (2011). Si f es no negativa y continua en el intervalo $[a, b]$, entonces $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$ en que F es cualquier función con $F'(x) = f(x)$ para todo x en $[a, b]$.

Elementos que el profesor de Física debe tener en cuenta a la hora de abordar el teorema fundamental del cálculo en los contenidos de Física:

1. El teorema fundamental del cálculo describe una forma de calcular una integral definida, no un procedimiento para determinar antiderivadas.
2. Al aplicar el teorema fundamental del cálculo, es útil utilizar la notación

$$\int_a^b f(x)dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$$

3. La constante de integración C puede ser removida porque:

$$\begin{aligned}\int_a^b f(x)dx &= [F(x) + C]_a^b \\ &= [F(b) + C] - [F(a) + C] \\ &= F(b) + C - F(a) - C \\ &= F(b) - F(a).\end{aligned}$$

Aplicación del cálculo integral en el aprendizaje de la Física Mecánica.

El lenguaje que se utiliza en la Física para comprender los fenómenos físicos es la matemática. A continuación presentamos ejemplos de la aplicación del cálculo integral en los contenidos de Física, mediante la aplicación del teorema fundamental del cálculo al trabajo realizado por una fuerza variable.

Es común escuchar frases como «me llevará mucho tiempo terminar este trabajo»; en esta frase aparece el término trabajo, que también se utiliza en Física, pero con un significado muy preciso y diferente al anterior. El concepto de trabajo en Física es diferente al sentido común, en Física el trabajo realizado por una fuerza está relacionado con las magnitudes físicas: fuerza y desplazamiento, se refiere específicamente a una fuerza que, actuando sobre un cuerpo, hace que éste se mueva.

El trabajo puede realizarse mediante dos tipos de fuerzas: una fuerza constante paralela o no paralela al desplazamiento y una fuerza variable.

Ejemplo de trabajo de una fuerza variable:

Supongamos que una determinada partícula se mueve a lo largo del eje x en la dirección positiva de un punto $x = a$ hasta $x = b$ en consecuencia de una fuerza variable F que actúa sobre ella. Considerando que $F = F(x)$ una función continua en $[a, b]$. ¿Cómo determinar el trabajo realizado por esta fuerza?

Para determinar el trabajo realizado por la fuerza basta determinar el área bajo la curva definida por la función continua de a hasta b , que es la aplicación del teorema fundamental del cálculo.

$$W = \int_a^b F(x)dx = F(b) - F(a)$$

Consideraciones sobre la expresión matemática:

- ✓ La integral de la expresión matemática representa el área bajo la curva de $F = F(x)$ del desplazamiento de a hasta b .
- ✓ Interpretación de la expresión matemática: el trabajo (W) es igual a la fuerza media en el intervalo considerado, multiplicada por el desplazamiento.
- ✓ La expresión también se aplica en caso de fuerza constante paralela o no al desplazamiento, en que la componente x de la fuerza $F = F(x)$ es constante.

Ejemplo: Un niño desplaza una piedra ejerciendo sobre ella una fuerza de $120 + 25 \sin(x)$; Newtons. La piedra se desplaza x metros. Cuánto trabajo debe realizar el niño, para hacer que la piedra se desplace $2 m$? (Flemming & Gonçalves, 2006).

Solución:

En el punto 0 inicia el movimiento. Queremos calcular el trabajo W realizado por la fuerza $F(x) = 120 + 25 \sin(x)$ sobre la piedra, cuando esta se desplaza de 0 hasta $2m$.

Usamos la expresión matemática:

$$W = \int_0^2 (120 + 25 \sin(x)) dx$$

$$W = [120x - 25 \cos(x)]_0^2$$

$$W = [120 \cdot 2 - 25 \cos(2)] - [120 \cdot 0 - 25 \cos(0)]$$

$$W = 240 - 25 \cos(2) + 25$$

$$W = 265 - 25 \cos(2) \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

Metodología de estudio

En la investigación, el tamaño de la población coincide con el tamaño de la muestra estudiada porque es una población pequeña (27 estudiantes de primer año de Física del curso diurno). Se monitoreó el aprendizaje en el tema trabajo y energía de Mecánica Clásica, se aplicaron los procedimientos que contienen el uso adecuado del cálculo integral y se analizaron los siguientes indicadores:

- ✓ Conocimientos previos de cálculo integral que constituyen la base para el aprendizaje de contenidos de Física. Para evaluar este indicador se aplicaron pruebas pedagógicas en el primer año de la carrera de Física.
- ✓ Actitud hacia el estudio: a partir de la opinión del colectivo pedagógico de Matemática y Física, expresada en talleres de reflexión y socialización. Se analizó la calidad del desempeño de las tareas docentes y los resultados académicos, así como las cualidades que se revelan durante el proceso de aprendizaje en correspondencia con el modelo del profesional.

- ✓ Componente académico de los planes de estudio de las carreras de Licenciatura en Matemática y en Física: a través de la revisión de documentos y entrevistas con docentes experimentados se determinan los conocimientos previos sobre cálculo integral, los contenidos de las diferentes asignaturas que se integran y las acciones metodológicas que se realizan para ello, tareas docentes, métodos y medios dirigidos a tal fin, así como acciones de evaluación que permitan determinar avances y deficiencias en el aprendizaje significativo de la Física Mecánica.
- ✓ Componente investigativo de los planes de estudio de las carreras de Licenciatura en Matemática y en Física: en el análisis y revisión de los trabajos científicos de los estudiantes (principalmente trabajos de fin de curso), se verifica si la enseñanza del cálculo integral se define como una línea de investigación del departamento, si existen trabajos relacionados con el tema, que refleja su prioridad en la carrera.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

A continuación, se muestran los principales resultados derivados del debate y discusión sobre los indicadores antes mencionados, mediante la realización de un taller de socialización y reflexión colectiva. En el taller se contó con un total de 7 profesores (tres de Física y cuatro de Matemática).

Resultados por indicadores:

Sobre los conocimientos de los estudiantes relacionados con el cálculo integral se evidencia que el 62.96% no domina las reglas y el 37.03% memoriza las reglas. Luego de recordar las reglas para el 100% de la muestra, los resultados de la prueba se comportan de la siguiente manera: el 70,37% es incapaz de aplicar las reglas en la resolución de ejercicios simples de Física Mecánica y el 29,62% es capaz de aplicarlas en las reglas de resolución de ejercicios simples de Física.

En entrevistas con los docentes de la carrera, se verifica la preparación que reciben los estudiantes en ambas materias. Es adecuada la manifestación de las cualidades

laborales del docente frente al grupo, los modos de actuación, dominio del contenido y la aplicación de las herramientas de la didáctica.

Se manifiesta bajo rendimiento académico debido a escaso desarrollo de habilidades para integrar conocimientos sobre cálculo integral en el aprendizaje de la Física Mecánica.

En las técnicas aplicadas a los estudiantes de primer año de Licenciatura en Física, con el objetivo de conocer el estado de sus intereses profesionales al acceder a la carrera, se desprende que en el 59,2% su primer deseo no está vinculado a la carrera docente. En el análisis general de los deseos, el 40,8% muestra que su selección no estuvo motivada por la resolución de problemas profesionales.

En el análisis de los planes de estudio actuales, el cálculo integral se inicia en el sistema de conocimientos que forma parte del II ciclo de los programas de Educación Secundaria en ciencias exactas, donde los estudiantes aprenden el concepto de integral definida e indefinida. Los programas de estudio de las distintas carreras en las que se aborda esta unidad, sugieren que se debe introducir a partir de un problema de cálculo de áreas para luego definir la integral definida como el límite de una suma de productos, para lo cual se deben ilustrar objetivamente las explicaciones.

En entrevista con docentes de enseñanza media, se identificaron limitaciones como la falta de dominio del tema, las dificultades que encuentran los docentes para transmitir temas anteriores. Por tanto, existe una gran necesidad de seguir profundizando en este tema, dadas las dificultades que enfrentan los estudiantes y su importancia dentro de las matemáticas y otras áreas del conocimiento científico.

En el estudio de los planes de estudio actuales de Física y Matemática en la Educación Superior para identificar limitaciones en su diseño para el aprendizaje e integración de contenidos de cálculo integral en Física, se exploraron los componentes académicos y de investigación. El estudio revela las siguientes limitaciones: El sistema de conocimientos relacionado con cálculo integral en la asignatura Matemática I se ubica en la última unidad del curso, sin embargo en Física es necesario dominar estos contenidos para aplicarlo en el primer semestre. Por tanto,

los estudiantes de Física en el primer semestre adquieren conocimientos a partir de las habilidades desarrolladas con las reglas de integración recibidas en la educación secundaria.

Se considera una limitación en los programas: que no aparece en las sugerencias metodológicas el tratamiento a la integración de contenidos de Matemática y Física, por lo que es necesario monitorearlo desde los colectivos pedagógicos y de carrera para asegurar su tratamiento. Aspecto de interés al que se debe prestar especial atención.

Las deficiencias detectadas apuntan a la necesidad de reestructurar el proceso de preparación para la enseñanza y aprendizaje de la Mecánica Clásica, a partir de considerar pertinente la aplicación de una secuencia didáctica contentiva de procedimientos y los pasos a tener en cuenta para aplicar el cálculo integral en el aprendizaje de la Física Mecánica, con un marcado carácter metodológico.

Los participantes en el taller consideraron necesario la realización de una actividad metodológica dirigida a la preparación de profesores de Física y Matemática con el objetivo de demostrar cómo aplicar el contenido de cálculo integral en el aprendizaje de la Física Mecánica. Para esto se sugiere la siguiente estructura:

I. Diagnóstico de la situación actual de los estudiantes

- ✓ Desarrollar instrumentos para diagnosticar la situación actual de los estudiantes en cuanto al dominio de los contenidos de cálculo integral.
- ✓ Determinar los conocimientos sobre cálculo diferencial e integral necesarios para interpretar fenómenos físicos y resolver problemas de Física Mecánica.

II. Presentar la secuencia didáctica elaborada

- ✓ Presentar el concepto de cálculo integral.
- ✓ Resalte las reglas de integración.
- ✓ Aplicar el teorema fundamental del cálculo.

Después de aplicada la propuesta (secuencia didáctica) se lograron los siguientes resultados referidos a las transformaciones logradas en los conocimientos de los estudiantes, relacionados con el cálculo integral y su aplicación en la Física.

Se evidencia que el 100% de los estudiantes logran resolver problemas en los que tienen que utilizar las reglas para la integración. Alcanzaron el nivel de reproducción con variantes el 29.62 % (correspondiente a 8 estudiantes) el nivel de aplicación 14 estudiantes (51,85 %) y en el nivel de creación 5 estudiantes (18.52%).

CONCLUSIONES

La implementación de la propuesta permite constatar transformaciones significativas en el aprendizaje de los estudiantes, relacionados con la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, se logra la integración de contenidos de ambas disciplinas (matemática y física) y una mejor preparación de los estudiantes para su desempeño en la vida profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.

https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf

Bovo, M. C. (2004). Interdisciplinaridade e transversalidade como dimensões da ação pedagógica. *Revista Urutáguá*, 7, 1-12.

<https://www.academia.edu/download/35593806/07bovo.pdf>

Das, K. (2019). Role of ICT for better mathematics teaching. *Shanlax International Journal of Education*, 7(4), 19-28. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1245150>

Esparza Puga, D. S. (2018). Uso autónomo de recursos de Internet entre estudiantes de ingeniería como fuente de ayuda matemática. *Educación matemática*, 30(1), 73-91. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ed/v30n1/1665-5826-ed-30-01-73.pdf>

Flemming, D. M., & Gonçalves, M. B. (2006). Cálculo A, 6ª Edição, Ed.

Frigotto, G. (2008). A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. *Ideação*, 10(1), 41-62.

<https://saber.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/4143>

González, T. C., Montes, O. R. N., & Guerrero, L. S. (2018). *El análisis-tecnológico del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática*. Revista Transformación, 1(2), 202-213.

Iglesias Domecq, N., Alonso Berenguer, I., & Gorina Sánchez, A. (2018). La dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil. *Transformación*, 14(2), 214-225.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2077-29552018000200007&script=sci_arttext

Larson, R. (2011). *Cálculo aplicado*. São Paulo. Editora: Cengage Learning.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4462015/mod_resource/content/1/Func%C3%B5es%20de%20varias%20variaveis.pdf

Mex, N. (2019). Secuencia didáctica del Proyecto de Recomendaciones Literarias. *Planeación didáctica y evaluación socioformativa para contextos vulnerables desde la socioformación*, 1-9.
https://www.researchgate.net/profile/Nicte-Mex-Be/publication/337209496_Secuencia_didactica_sobre_Proyecto_Recomendaciones_Literarias_FORMATO_DE_PLANEACION_DE_UNA_SECUENCIA_DIDACTICA_PO_R_PROYECTOS_SOCIOFORMATIVOS_PARA_LA_EDUCACION_BASICA_ACORDE_CON_LA_NUEVA_ESCUELA_MEXICA/links/5dcb949e92851c818049f.pdf

Morosini, L., & Rico, P. (2001). *Propuesta metodológica basada en la concepción histórico-cultural para la formación de profesores primarios* [Tese de Doutorado, Universidade de Chapecó], Brasil.

Serna, E., & Serna, A. (2013). ¿Está en crisis la ingeniería en el mundo? Una revisión a la literatura. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (66), 199-208. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43027041016.pdf>

Stewart, J., Clegg, D. & Watson S. (2022). *Cálculo*. (9ª ed., Vol.1). Cengage Learning.

VILLARRAGA, B. A., ROJAS, O. J., & SIGARRETA, J. M. (2020). Metodología para la formación de conceptos asociados con las funciones de variable compleja. *Revista Espacios*, 41(06). <https://www.revistaespacios.com/a20v41n06/20410624.html>

Zayas-Batista, R., Escalona-Reyes, M., Estupiñán-González, R., & Cedeño-Intriago, R. (2023). El proceso de enseñanza-aprendizaje de los conceptos de la matemática superior en las carreras de Ingeniería. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 3(1), 37-46. <https://revista.excedinter.com/index.php/rtest/article/view/62>