

Dimensiones del aprendizaje en mecánica newtoniana: conceptualización, resolución de problemas e interpretación de datos en estudiantes universitarios

Dimensions of Learning in Newtonian Mechanics: Conceptualization, Problem Solving, and Data Interpretation in College Students

Dimensões da Aprendizagem na Mecânica Newtoniana: Conceituação, Resolução de Problemas

Marco A. Merma Jara

mmermaj@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9805-1935>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Lima, Perú

Fulgencio Villegas Silva

fvillegass@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2560-9352>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Lima, Perú

Miguel Angel Castillo Corzo

mcastilloc@unmsm.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2652-799X>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Lima, Perú

RESUMEN:

La enseñanza de la mecánica newtoniana es crucial para la formación de estudiantes en física, especialmente durante los primeros ciclos académicos. Esta investigación se centra en evaluar la comprensión conceptual, la capacidad de interpretación de datos, la efectividad en la resolución de problemas, y el enfoque hacia la modelización y predicción de estudiantes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, matriculados en Física I durante el ciclo académico 2023-II. Se aplicó un cuestionario con 25 ítems, distribuidos en cinco dimensiones clave del aprendizaje. Los resultados indican que la mayoría de los estudiantes presentan un nivel de conocimiento "Bajo" o "Medio" en las dimensiones evaluadas, siendo la interpretación de gráficas y datos la más problemática. Las conclusiones sugieren la necesidad de implementar estrategias didácticas específicas para abordar las debilidades identificadas, con el fin de mejorar la comprensión y aplicación de la mecánica newtoniana en la enseñanza universitaria.

ABSTRACT:

The teaching of Newtonian mechanics is crucial for the training of physics students, especially during the early academic cycles. This research focuses on evaluating conceptual understanding, data interpretation ability, problem-solving effectiveness, and the approach to modeling and prediction of students at the National Agrarian University of the Selva, enrolled in Physics I during the 2023-II academic cycle. A questionnaire with 25 items was applied, distributed across five key learning dimensions. The results indicate that most students show a 'Low' or 'Medium' level of knowledge in the evaluated dimensions, with data interpretation and graph reading being the most problematic. The conclusions suggest the need to implement specific teaching strategies to address the identified weaknesses, in order to improve understanding and application of Newtonian mechanics in university teaching.

RESUMO:

O ensino da mecânica newtoniana é crucial para a formação de estudantes em física, especialmente durante os primeiros ciclos acadêmicos. Esta pesquisa se concentra em avaliar a compreensão conceitual, a capacidade de interpretação de dados, a eficácia na resolução de problemas e a abordagem para modelagem e previsão dos estudantes da Universidade Nacional Agrária da Selva, matriculados em Física I durante o ciclo acadêmico 2023-II. Foi aplicado um questionário com 25 itens, distribuídos em cinco dimensões-chave da aprendizagem. Os resultados indicam que a maioria dos estudantes apresenta um nível de conhecimento "Baixo" ou "Médio" nas dimensões avaliadas, sendo a interpretação de gráficos e dados a mais problemática. As conclusões sugerem a necessidade de implementar estratégias didáticas específicas para abordar as fraquezas identificadas, com o objetivo de melhorar a compreensão e a aplicação da mecânica newtoniana no ensino universitário.

PALABRAS CLAVE:

Enseñanza de la física, mecánica newtoniana, dimensiones del aprendizaje.

KEYWORDS:

Physics teaching, Newtonian mechanics, learning dimensions.

PALAVRAS-CHAVE:

Ensino de física, mecânica newtoniana, dimensões da aprendizagem.

Recibido: 12/10/2024 - Aceptado: 2/12/2024 - Publicado: 30/04/2025

Introducción

El aprendizaje de la mecánica newtoniana es un componente clave en la formación de estudiantes universitarios, especialmente en disciplinas como la ingeniería y las ciencias. Sin embargo, muchos estudiantes enfrentan dificultades al intentar comprender y aplicar los principios fundamentales de esta rama de la física. La enseñanza de la mecánica, que involucra conceptos abstractos y complejas aplicaciones matemáticas, puede resultar desafiante para los estudiantes, generando vacíos en su comprensión y habilidades de resolución de problemas. Estas dificultades suelen manifestarse en una desconexión entre la teoría y la práctica, lo que limita la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos en situaciones reales.

Esta brecha entre la teoría y la práctica se observa particularmente en áreas clave del aprendizaje, como la conceptualización de las leyes de Newton, la resolución de problemas complejos, la interpretación de datos y gráficas experimentales, el análisis de sistemas físicos y la capacidad de modelizar situaciones cotidianas. Estas limitaciones no solo afectan el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también restringen su capacidad para utilizar los conocimientos adquiridos en contextos profesionales. En este sentido, surge la necesidad de identificar las principales dimensiones del aprendizaje en la mecánica newtoniana que presentan mayores dificultades y comprender cómo estas influyen en la capacidad de los estudiantes para dominar y aplicar los conceptos fundamentales de esta disciplina. Al respecto existen investigaciones relacionadas con el aprendizaje de la mecánica newtoniana en estudiantes universitarios, las cuales buscan analizar estas problemáticas y proponer estrategias para mejorar tanto la enseñanza como la comprensión de estos conceptos esenciales.

En la enseñanza de la mecánica newtoniana, diversos estudios han abordado la conceptualización de sus principios fundamentales y las dificultades que enfrentan los estudiantes. Por ejemplo, un estudio sobre la idealización de resortes sin masa reveló que los estudiantes tienen dificultades para relacionar esta modelización con principios físicos básicos, destacando la necesidad de mejorar su tratamiento en la enseñanza (Giorgi et al., 2017). Este tipo de desafíos subraya la importancia de desarrollar estrategias pedagógicas que faciliten la comprensión de conceptos clave. Además, un estudio mediante cuestionarios mostró que los nuevos estudiantes universitarios presentan debilidades en conectar conceptos científicos

con el contexto y diferenciar definiciones de leyes físicas, señalando la necesidad de reforzar estas áreas en su formación. (Wainmaier et al, 2011).

De igual manera otras investigaciones basadas en el método de inventario de conceptos de fuerza (FCI), evidencia en estudiantes de ingeniería un conocimiento insuficiente del concepto de fuerza, bajo rendimiento académico y la persistencia de preconceptos erróneos, señalando dificultades significativas en la comprensión de la Mecánica de Newton. (Covián & Celemín, 2008). Más aún, un análisis estadístico de las respuestas al FCI reveló que los preconceptos de los estudiantes no están fuertemente correlacionados, lo que indica una organización débil de su conocimiento previo. (Badagmani et al, 2020). Estos hallazgos sugieren la necesidad de implementar estrategias didácticas específicas para subsanar estas deficiencias.

Tras identificar las dificultades conceptuales, es crucial evaluar sistemáticamente el nivel de comprensión de los estudiantes mediante herramientas específicas. Un estudio basado en el método de investigación-acción reveló que, aunque los estudiantes interpretan bien las propiedades específicas de las gráficas cinemáticas, enfrentan dificultades con las propiedades generales, destacando áreas de mejora en su aprendizaje. (Dolores et al, 2016, así mismo otra investigación sobre el concepto de centro de masa revela que, aunque la idealización favorece su comprensión en contextos estáticos, los estudiantes enfrentan dificultades para transferir este conocimiento a contextos dinámicos, señalando la necesidad de un proceso de adaptación. (Moreno et al, 2018). De manera similar otra investigación a través de un cuestionario sobre vectores reveló que los estudiantes del Ciclo Introductorio tienen dificultades para entender la resta de vectores y confunden los conceptos de dirección y sentido, destacando áreas clave para mejorar su formación. (Gutierrez & Martín, 2015). Finalmente, una investigación cualitativa sobre la enseñanza de la fuerza de fricción reveló que los estudiantes enfrentan conflictos cognitivos al ver la física como un conjunto de fórmulas, destacando la necesidad de enfatizar el proceso conceptual. (Parra y Navarro, 2017).

Con base en estos resultados, se han propuesto diversas estrategias didácticas innovadoras para abordar las debilidades identificadas se ha investigado también sobre la evaluación de conceptos mediante herramientas como inventario de conceptos de fuerza (FCI), en este contexto se analizó la baja comprensión de conceptos de mecánica newtoniana mediante el test sobre inventario de concepto de fuerza FCI y se propone un método para comparar resultados entre grupos y universidades, ayudando a los educadores a identificar debilidades y mejorar la enseñanza a través de comparaciones internacionales. (Artmamónova et al., 2017). Además, se propuso una estrategia didáctica basada en el uso de diagramas de interacción como paso previo a los diagramas de cuerpo libre, mejorando la comprensión de las fuerzas en sistemas físicos y optimizando la resolución de problemas (Addad et al., 2017). Esta metodología busca fortalecer la conexión entre las interacciones físicas y los principios teóricos, promoviendo un aprendizaje más profundo y significativo.

Atendiendo a estrategias diabáticas innovadoras una investigación cualitativa sobre el uso de simuladores en línea en la enseñanza de la Física reveló su efectividad para proporcionar aprendizaje interactivo y estimular el proceso educativo. (Rosales et al., 2023, así mismo otro estudio con el juego “Newton’s Race” demostró un impacto positivo significativo en el aprendizaje de conceptos de mecánica newtoniana, evaluado mediante pruebas pre y post juego y datos de interacción (Linden et al., 2022). Por otro lado, se ha investigado sobre el modelo denominado 5E y mostró que, a pesar de la falta de conocimiento inicial, al menos el 22.62% de los estudiantes mejoró significativamente su comprensión y aplicación de las leyes de Newton tras su implementación. (Escobar & Ramírez, 2023).. Además, la implementación de estrategias innovadoras, como la instrucción entre pares, ha mostrado resultados positivos. Después de una evaluación conceptual, se observaron cambios significativos en la comprensión de los conceptos de mecánica newtoniana tras la aplicación de esta estrategia (Budini et al., 2019).

En el sentido de enfoques generales para desarrollar competencias científicas, se han explorado métodos que integran teoría, práctica y resolución de problemas. Una investigación señala que, para desarrollar competencias científicas en la enseñanza de la física, es fundamental combinar conceptos teóricos, resolución de problemas y trabajo prácticos (Carrascosa et al., 2020). En esta línea, otro estudio con grupo experimental y

control demostró que un procedimiento estructurado de cuatro pasos mejora significativamente el rendimiento académico en Física I en comparación con métodos tradicionales. (Cabrera et al., 2020).

Todos estos hallazgos refuerzan la importancia de combinar herramientas visuales, metodologías colaborativas y análisis crítico para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las leyes de Newton. Implementar estas estrategias no solo permite abordar las debilidades conceptuales de los estudiantes, sino también fomentar un aprendizaje más activo y significativo. En la práctica educativa, esto podría traducirse en mejores resultados académicos, una mayor motivación por parte de los estudiantes y una comprensión más profunda de los principios fundamentales de la física.

El objetivo de esta investigación es evaluar las dificultades conceptuales en la enseñanza de la mecánica newtoniana entre estudiantes universitarios, enfocándose en áreas clave como la conceptualización de las leyes de Newton, la resolución de problemas, la interpretación de gráficas, el análisis de sistemas físicos, y la modelización y predicción. Este estudio se llevará a cabo mediante la aplicación de un cuestionario, con el fin de recopilar información sobre las distintas dimensiones del aprendizaje. Se espera que los resultados proporcionen información valiosa sobre las principales dificultades que enfrentan los estudiantes, así como sobre las metodologías de enseñanza que podrían optimizarse para superar estos obstáculos.

Metodología

Para evaluar la comprensión y aplicación de las dimensiones del aprendizaje en la mecánica newtoniana entre los estudiantes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se diseñó un estudio cuantitativo que utilizó un cuestionario estructurado como principal herramienta de recolección de datos. El cuestionario constó de 25 ítems, distribuidos en cinco dimensiones clave: conceptualización de las leyes de Newton, resolución de problemas, interpretación de gráficas y datos, análisis de sistemas físicos, y modelización y predicción. Esta metodología busca proporcionar una visión integral del nivel de competencia de los estudiantes en estos aspectos fundamentales de la física, facilitando así el diagnóstico de las áreas que requieren atención y mejora en la enseñanza.

Descripción de las dimensiones del aprendizaje de la física en la mecánica newtoniana

Conceptualización de las leyes de Newton:

Comprender y aplicar las leyes del movimiento de Newton (ley de la inercia, ley de la fuerza y aceleración, y ley de acción y reacción) es fundamental para desarrollar una comprensión profunda de la mecánica newtoniana.

Análisis de sistemas físicos: Capacidad para analizar y resolver problemas que involucran sistemas físicos en movimiento, aplicando las leyes de Newton para determinar fuerzas, aceleraciones, y trayectorias.

Interpretación de gráficas y datos: Ser capaz de interpretar gráficas de posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo, así como datos experimentales, para extraer información sobre el movimiento de objetos bajo diferentes condiciones.

Resolución de problemas: Desarrollar habilidades para plantear y resolver problemas de mecánica newtoniana, utilizando correctamente los conceptos y principios fundamentales de la física, y aplicando estrategias de resolución de problemas.

Modelización y predicción: Utilizar modelos físicos y matemáticos para predecir el comportamiento de sistemas físicos bajo diferentes condiciones, y evaluar la validez de dichas predicciones a través de experimentos y análisis de datos.

Instrumento de medición: Cuestionario

Se administró un cuestionario compuesto por 25 preguntas diseñadas para explorar las diferentes dimensiones del aprendizaje de la física en el contexto universitario. En la Tabla 1 también se muestran las dimensiones con sus respectivas identificaciones, como se consideró en la investigación. Así mismo el número de preguntas por cada dimensión y sus respectivos pesos en el instrumento de medición.

Tabla 1
Dimensiones del aprendizaje de la Física, mecánica newtoniana

Identificación	Dimensión	Nro. ítems	%
D1	Conceptualización de las leyes de Newton	5	20.0
D2	Resolución de problemas	5	20.0
D3	Interpretación de gráficas y datos	5	20.0
D4	Análisis de sistemas físicos	5	20.0
D5	Modelización y predicción	5	20.0
	Total	25	100.0

La cantidad de preguntas por cada dimensión es la misma, dándole importancia por igual a todas las dimensiones de la variable aprendizaje de la mecánica Newtoniana.

Población y muestra

La población de esta investigación está conformada por los estudiantes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). La muestra incluye a aquellos matriculados en la asignatura de Física I, provenientes de las especialidades de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Forestal, Ingeniería de Recursos Naturales, Zootecnia e Ingeniería de Suelos, durante el ciclo académico 2023-II. En total, se contará con 100 estudiantes de estas ocho especialidades (ver Tabla 2).

Tabla 2
Estudiantes de la asignatura de Física I

Nro.	Especialidad	Nombre corto	Cantidad	%
1	Ingeniería de Recursos Naturales Renovables	Recursos	8	8,00
2	Ingeniería Ambiental	Ambiental	11	11,00
3	Ingeniería en informática y Sistemas	Sistemas	19	19,00
4	Ingeniería Forestal	Forestal	14	14,00
5	Agronomía	Agronomía	18	18,00
6	Zootecnia	Zootecnia	16	16,00
7	Ingeniera en Industrias Alimentarias	Alimentaria	6	6,00
8	Ingeniería en conservación de suelos y agua	Conservación	8	8,00
	Total		100	100,00

Categorización de las dimensiones

Con la finalidad de cuantificar la representatividad de las dimensiones se establece una escala que permita agrupar la valoración de las reacciones en cada una de las dimensiones así mismo en la variable aprendizaje de la mecánica newtoniana.

En la Tabla 3 se muestra la descripción de la categorización se realiza utilizando dos intervalos que permiten definir tres categorías. Estas categorías se obtienen dividiendo los datos en tercios: el primer tercio corresponde al nivel bajo, el segundo tercio al nivel medio y el tercer tercio al nivel alto, basado en la percepción del aprendizaje.

El puntaje acumulado de las valoraciones de las respuestas en la escala Likert sea PT , considerando este valor se realiza la segmentación para asignarles la categorización con las denominaciones indicadas en la Tabla 3.

$$PT = \sum_i^N L_i$$

Donde L_i en la escala Likert tomó los valores 1,2,3,4,5 correspondientes a las calificaciones Totalmente de acuerdo, De acuerdo, Neutral, De acuerdo y totalmente de acuerdo, respectivamente.

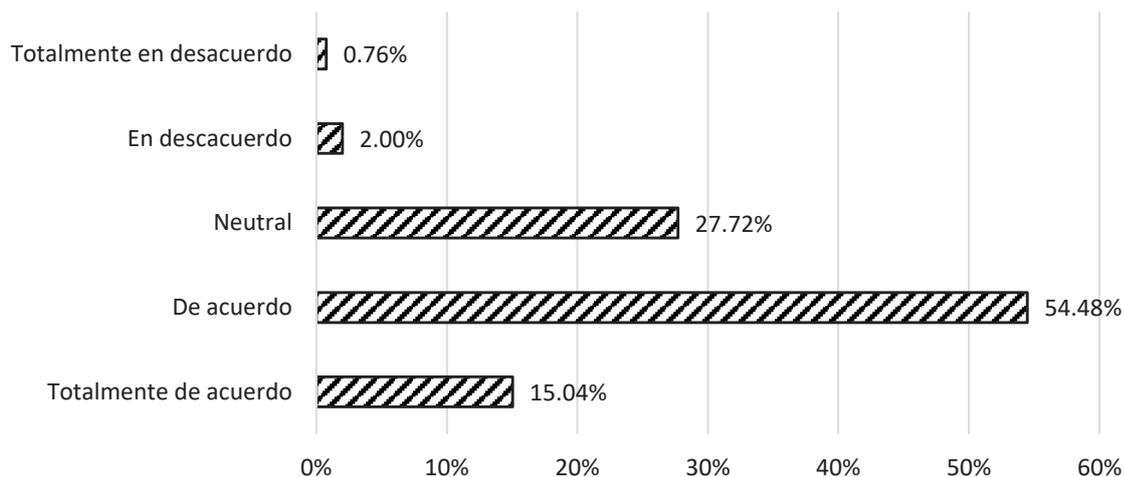
Tabla 3
Descripción de la categorización de los resultados para las dimensiones

Categoría	Criterio	Descripción
Bajo	$0 < \text{Nivel bajo} \leq \frac{1}{3}PT$	Bajo grado de percepción del aprendizaje
Medio	$\frac{1}{3}PT < \text{Nivel medio} \leq \frac{2}{3}PT$	Grado moderado de percepción del aprendizaje
Alto	$\frac{2}{3}PT < \text{Nivel alto} \leq PT$	Grado óptimo de percepción del aprendizaje

Resultados

En la Figura 1 se presenta la distribución de las respuestas a las preguntas del instrumento de recolección de datos sobre el aprendizaje de la mecánica newtoniana.

Figura 1
Reacciones a las preguntas del instrumento de recolección

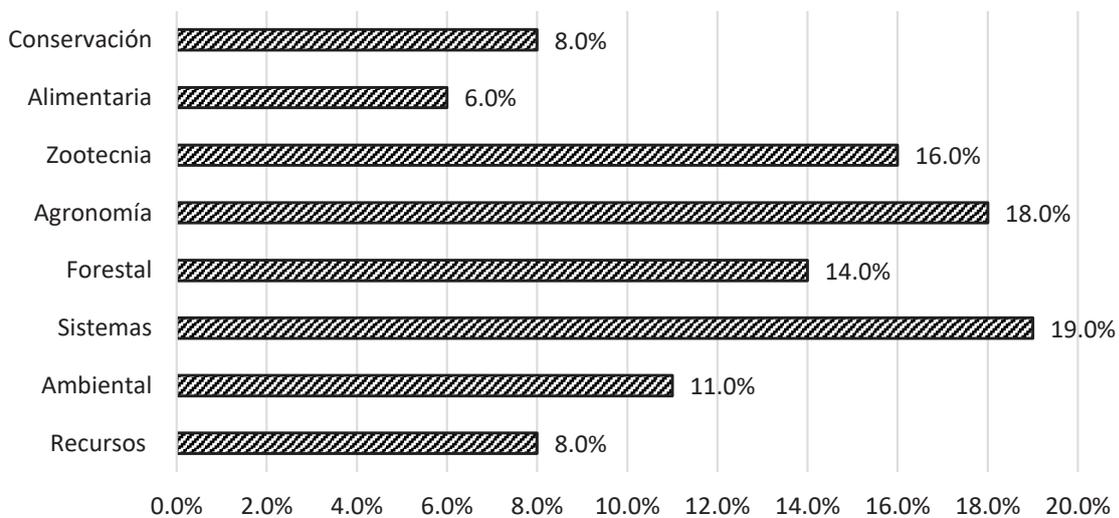


La mayoría de los participantes se identifican con repuestas positivas, siendo un 54,48% “de acuerdo” y un 15,04% “totalmente de acuerdo”. Un pequeño porcentaje 0.76% se identifica con respuestas negativas. Una pequeña fracción (aproximadamente el 3%) no está de acuerdo, mientras que una proporción considerable (27,72%) se mantiene neutral, lo que podría indicar que, aunque hay un consenso general positivo, aún existe un grupo importante que no tiene una postura clara sobre el tema.

La gran mayoría de los participantes (69.52%) reacciona de forma positiva, lo que indica que hay una aceptación generalizada del tema o propuesta evaluada. Sin embargo, hay un grupo significativo de personas (27.72%) que permanece neutral, lo que sugiere que, aunque la mayoría es favorable, aún existe una proporción de individuos que no tienen una postura decidida. La proporción de respuestas negativas es muy baja (2.76%), lo que indica que el rechazo hacia la propuesta es mínimo.

En la Figura 2 se muestra la distribución de la muestra por escuela profesional que han sido evaluado en el aprendizaje de la física través de las cinco dimensiones indicadas en la Tabla 1.

Figura 2
Distribución de la muestra por escuela profesional



Los resultados muestran una distribución desigual en las áreas analizadas, destacando que Sistemas (19.0%), Zootecnia (16.0%) y Forestal (14.0%) concentran los mayores porcentajes, mientras que Conservación (8.0%), Recursos (8.0%) y Alimentaria (6.0%) presentan los valores más bajos. Esto sugiere que las áreas con mayor porcentaje podrían ser prioritarias o recibir más atención, mientras que las de menor porcentaje podrían requerir estrategias de fortalecimiento o recursos adicionales para equilibrar su desarrollo. Por otro lado, Ambiental (11.0%) mantiene una posición intermedia, reflejando un enfoque relativamente balanceado.

En la Tabla 4, se muestra el diagrama de tallos y hojas para la muestra participante en la evaluación a través del instrumento de medición.

Tabla 4
Diagrama de tallo y Hojas Para los participantes en la encuesta

Tallo	Hojas
0	688
1	14689

De la Tabla 4, el análisis del diagrama de tallo y hoja revela dos grupos de datos con características distintas. En el grupo con tallo 0 y hojas 688, los valores corresponden a 6, 8 y 8, lo que indica una concentración de datos en números menores a 10, con una repetición del valor 8. Esto sugiere menor variabilidad en este grupo, ya que los valores están agrupados en un rango estrecho, reflejando homogeneidad en los datos.

Por otro lado, el grupo con tallo 1 y hojas 14689 presenta valores de 11, 14, 16, 18 y 19. Estos datos son más dispersos, con una mayor variabilidad, y están distribuidos en un rango más amplio dentro de la segunda

decena (10-19). Esto podría indicar mayor diversidad en este conjunto de datos en comparación con el primer grupo. Al comparar ambos grupos, se observa una clara diferencia en la distribución y la dispersión de los datos

La Tabla 5 muestra la distribución de la muestra en dos grupos. El Grupo 1 incluye tres disciplinas: Ingeniería de Recursos Naturales Renovables (8 estudiantes), Ingeniería en Industrias Alimentarias (6 estudiantes) e Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua (8 estudiantes), con un total de 22 estudiantes. El Grupo 2 está compuesto por cuatro disciplinas: Ingeniería en Informática y Sistemas (19 estudiantes), Ingeniería Forestal (14 estudiantes), Agronomía (18 estudiantes) y Zootecnia (16 estudiantes), sumando 67 estudiantes. Esta distribución destaca que el Grupo 2 es significativamente más grande, lo que refleja una mayor diversidad en comparación con el Grupo 1.

Tabla 5
Delimitación de la muestra para análisis por partes

Nro.	Grupo 1	Cantidad
1	Ingeniería de Recursos Naturales Renovables	8
2	Ingeniera en Industrias Alimentarias	6
3	Ingeniería en conservación de suelos y agua	8
Grupo 2		
1	Ingeniería en informática y Sistemas	19
2	Ingeniería Forestal	14
3	Agronomía	18
4	Zootecnia	16

De la Tabla 5 se observa que se han definido dos grupos, lo que permite realizar comparaciones entre los resultados de cada grupo en relación con las dimensiones del aprendizaje de la mecánica newtoniana.

Categorización de respuestas a las dimensiones analizadas

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la categorización para las dimensiones D1, D2, D3, D4, D5 y de la variable V1 de acuerdo con la denominación “Bajo”, “Medio” y “Alto”. Esta fue procesada utilizando el software estadístico SPSS (IBM Corp, 2017).

Tabla 6
Categorización de las dimensiones de fundamentos de aprendizaje de la física

	D1(%)	D2(%)	D3(%)	D4(%)	D5(%)	V1(%)
Bajo	44.0	37.0	42.0	38.0	41.0	35.0
Medio	31.0	37.0	30.0	48.0	30.0	34.0
Alto	25.0	26.0	28.0	14.0	29.0	31.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Los resultados muestran la distribución de las respuestas para cada dimensión (D1, D2, D3, D4, D5) de la variable V1 (Fundamentos de aprendizaje de la mecánica newtoniana), categorizada en tres niveles: Bajo, Medio y Alto (ver Figura 3).

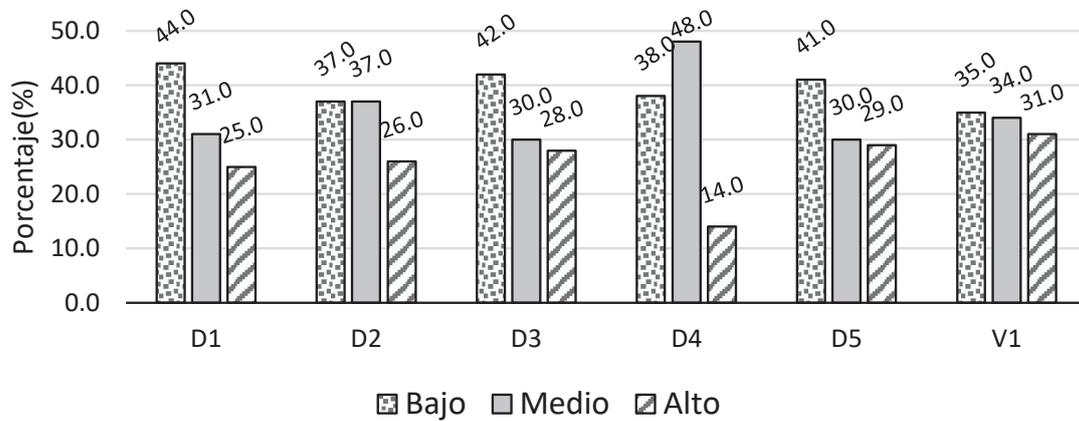
La categorización de las dimensiones de los fundamentos de aprendizaje de la física revela patrones significativos en la comprensión de la mecánica newtoniana entre los estudiantes. En la dimensión de conceptualización de las leyes de Newton (D1), el 44.0% de los estudiantes se ubicaron en el nivel “Bajo”, lo que indica dificultades en la comprensión de estos conceptos fundamentales. En cuanto a la resolución

de problemas (D2), el 37.0% también se situó en el nivel “Bajo”, lo que sugiere una falta de habilidad en la aplicación de las leyes de Newton a situaciones prácticas.

La **dimensión interpretación de gráficas y datos (D3)** mostró un 42.0% en el nivel “Bajo”, mostrando la necesidad de mejorar esta competencia clave. Por otro lado, el análisis de sistemas físicos (D4) tuvo un 38.0% en “Bajo”, mientras que la modelización y predicción (D5) alcanzó un 41.0% en el mismo nivel. Esto sugiere que los estudiantes enfrentan retos similares en varias dimensiones.

En el nivel “Medio”, la dimensión de análisis de sistemas físicos (D4) presentó el porcentaje más alto con un 48.0%, lo que podría indicar que, aunque hay dificultades, hay un mejor desempeño en esta área en comparación con las demás. Finalmente, en el nivel “Alto”, la conceptualización de las leyes de Newton (D1) y la resolución de problemas (D2) obtuvieron los porcentajes más bajos, con un 25.0% y un 26.0% respectivamente, lo que resalta la necesidad de estrategias pedagógicas más efectivas en estas áreas.

Figura 3
Categorización de las dimensiones D1, D2, D3, D4, y D5



Correlaciones entre las dimensiones

La Tabla 7 muestra las correlaciones entre las diferentes dimensiones del aprendizaje, valores más cercanos a cero indican una menor relación.

Tabla 7
Matriz de correlaciones entre las dimensiones del aprendizaje de la mecánica newtoniana

	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	0,701	0,608	0,502	0,470
D2	--	1	0,753	0,682	0,673
D3	--	--	1	0,682	0,670
D4	--	--	--	1	0,686
D5	--	--	--	--	1

La conceptualización de las leyes de Newton (D1)

Con la Resolución de problemas (D2): presenta una Correlación 0.701, lo que nos indica que existe una correlación fuerte entre la conceptualización de las leyes de Newton y la capacidad para resolver problemas. Esto sugiere que comprender bien las leyes físicas ayuda significativamente a abordar problemas.

Con la Interpretación de gráficas y datos (D3) da una correlación 0.608, esto nos indica que existe una correlación moderadamente fuerte, lo que indica que entender las leyes de Newton también facilita la interpretación de información visual y numérica.

Con el Análisis de sistemas físicos (D4), la correlación es 0.502, entonces quiere decir que la relación es moderada, pero sigue siendo significativa, lo que sugiere que conceptualizar las leyes de Newton apoya el análisis de sistemas físicos.

Con la Modelización y predicción (D5) hay una correlación 0.470, entonces la relación es algo más débil, pero sigue siendo positiva, indicando que hay alguna conexión entre la conceptualización de las leyes y la capacidad de modelar y predecir fenómenos.

La resolución de problemas (D2)

Con la interpretación de gráficas y datos(D2): Presenta una correlación 0.753 y esta es una de las correlaciones más altas, lo que sugiere que la habilidad para resolver problemas está muy relacionada con la capacidad para interpretar datos y gráficas.

Con el análisis de sistemas físicos (D4): se da una correlación 0.682, lo que implica que es alta, indicando que resolver problemas contribuye al análisis de sistemas físicos.

Con la modelización y predicción (D5): se presenta correlación 0.673, esta también es alta, mostrando que la resolución de problemas está estrechamente vinculada con la capacidad de modelar y predecir.

La interpretación de gráficas y datos (D3)

Con el análisis de sistemas físicos (D4): se obtiene una correlación 0.682, muy parecido con la dimensión D2, esto indica que interpretar datos y gráficas es crucial para analizar sistemas físicos.

Con la modelización y predicción (D5): da una correlación 0.670, esto nos indica que la interpretación de datos y gráficas también tiene una relación significativa con la modelización y predicción.

El análisis de sistemas físicos (D4)

Con la modelización y predicción (D5): presenta una correlación 0.686 indicando que el análisis de sistemas físicos tiene una correlación relativamente alta con la modelización y predicción, lo que implica que ambos procesos se complementan mutuamente.

Discusión

Los resultados obtenidos dan a conocer sobre el aprendizaje de la mecánica newtoniana en estudiantes universitarios. Aunque la mayoría de los participantes mostraron reacciones positivas hacia las preguntas del cuestionario, el hecho que aparezca un porcentaje razonablemente alto sobre respuestas neutrales implica que hay temas de la enseñanza de la mecánica newtoniana que no se han entendido o no se han desarrollado adecuadamente. Esto indica la necesidad de fortalecer la comprensión conceptual y práctica de los estudiantes en áreas clave como la interpretación de gráficas, la resolución de problemas y la modelización.

El bajo rendimiento general en las dimensiones evaluadas (conceptualización de las leyes de Newton, resolución de problemas, interpretación de gráficas, análisis de sistemas físicos y modelización) refleja dificultades significativas que deben abordarse mediante estrategias pedagógicas adecuadas e innovadoras. Por ejemplo, la integración de herramientas visuales, simuladores y actividades prácticas podría mejorar la comprensión de conceptos abstractos y su aplicación en contextos de la realidad.

En comparación con estudios previos, los resultados son consistentes con investigaciones anteriores que destacan las dificultades de los estudiantes en la comprensión de conceptos fundamentales de la mecánica newtoniana. Por ejemplo, estudios como los de Covián y Celemín (2008) y Badagmani et al. (2020) también reportaron bajos niveles de comprensión y la persistencia de preconceptos erróneos.

En cuanto a las limitaciones del estudio, el cuestionario explora específicamente las dimensiones objeto de estudio, pero no explora otros factores que pueden tener influencia en el aprendizaje de la mecánica newtoniana, como el estilo de aprendizaje, el nivel de conocimientos previos de los estudiantes, la metodología del docente, el entorno institucional.

En cuanto, a las correlaciones entre las dimensiones, los resultados muestran una interrelación significativa entre las habilidades clave en física, destacando que la comprensión conceptual de las leyes de Newton (D1) y la resolución de problemas (D2) actúan como bases fundamentales que sustentan competencias más avanzadas, como la interpretación de gráficas y datos (D3), el análisis de sistemas físicos (D4) y la modelización/predicción (D5).

Por último, podemos establecer algunas recomendaciones como la implementación de estrategias pedagógicas que implica un reto importante para los docentes de ciencias físicas, incidir aún más en la resolución de problemas de aplicación adecuados sin llegar a la complejidad o niveles elevados.

Conclusiones

Respecto de las reacciones al cuestionario

Aunque hay un amplio consenso positivo, se debe considerar la cantidad de respuestas neutrales, lo que podría sugerir que algunos participantes requieren más información o claridad para tomar una postura más definida.

Sobre la composición de la muestra

La Tabla 5 es valiosa como herramienta informativa y explicativa, pero no es necesario que se convierta en la base del análisis permite entender cómo se distribuye la muestra analizada. Se mostró una distribución desigual en la muestra: Las áreas de Sistemas, Zootecnia y Forestal concentraron los mayores porcentajes de participantes, mientras que las áreas de Conservación, Recursos y Alimentaria tuvieron valores más bajos. Esta distribución sugiere que algunas áreas pueden requerir una mayor atención para equilibrar su desarrollo en la enseñanza de la mecánica newtoniana.

Sobre la diversidad en la dispersión de datos

El análisis del diagrama de tallo y hoja reveló dos grupos con características distintas. El primer grupo muestra una concentración de datos en valores bajos, lo que indica homogeneidad en la muestra. El segundo grupo, con mayor dispersión en los valores, sugiere una mayor diversidad en los datos y una variabilidad más significativa entre los participantes.

Sobre la categorización de las dimensiones

Se aprecia que se presenta aceptación general positiva, pero con un nivel de cierta neutralidad: La mayoría de los participantes (69.52%) mostró reacciones positivas hacia las preguntas del cuestionario, lo que indica una aceptación generalizada del tema evaluado. Sin embargo, un grupo significativo (27.72%) se mantuvo neutral, lo que podría indicar falta de claridad o dificultad para posicionarse sobre algunos aspectos del aprendizaje de la mecánica newtoniana. Las respuestas negativas fueron mínimas (2.76%).

Sobre las tendencias en las dimensiones de aprendizaje

Los estudiantes muestran un bajo rendimiento general en áreas clave como la conceptualización de las leyes de Newton, la resolución de problemas, la interpretación de gráficos y datos, el análisis de sistemas físicos y la modelización y predicción, lo que indica dificultades significativas en estas dimensiones. Aunque el desempeño en el análisis de sistemas físicos es relativamente mejor, persisten deficiencias en otras áreas fundamentales, lo que resalta la necesidad urgente de implementar estrategias pedagógicas más efectivas para mejorar la comprensión y aplicación de estos conceptos.

Respecto de las correlaciones entre las dimensiones

Las correlaciones muestran que todas las dimensiones están interrelacionadas, aunque en diferentes grados. Las relaciones más fuertes son entre Resolución de problemas (D2) y la interpretación de gráficos y datos (D3), así como entre D2 y D4 (Análisis de sistemas físicos). Esto sugiere que mejorar la capacidad de resolver problemas podría tener un impacto positivo significativo en otras áreas del aprendizaje en física.

Por otro lado, la conceptualización de las leyes de Newton (D1) tiene una relación menos directa con modelización y predicción (D5), pero sigue siendo relevante, lo que implica que un entendimiento sólido de las leyes fundamentales es importante para todas las demás habilidades.

Entonces con estos resultados se tiene que pueden ser útiles para diseñar estrategias pedagógicas que fortalezcan estas conexiones, promoviendo un conveniente aprendizaje integrado en lugar de enfocarse solo en una dimensión aislada.

Referencias

- Addad, R., Llonch, E., Rosolio, A., & Cassan, R. (2017). Las fuerzas como expresión de las interacciones entre cuerpos: una propuesta de trabajo en el aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 373-380.
- Artamónova, I., Mosquera, J. C., & Mosquera, J. D. (2017). Aplicación de force concept inventory en América Latina para la evaluación de la comprensión de los conceptos básicos de mecánica a nivel universitario. *Revista Educación en Ingeniería*, 56-63.
- Badagmani, D., Terzzoli, M., Schlaps, E., & Petrucci, D. (2020). Patrón de respuestas a preguntas conceptuales sobre mecánica Newtoniana: implicancias para el aprendizaje. *Revista Enseñanza de la Física*, 25-32.
- Budini, N., Marino, L., Giuliano, M., Carreri, R., Cámara, C., & Silva, G. (2019). Uso del inventario sobre el concepto de fuerza como herramienta para monitorear el cursado de Física I. *Revista de Enseñanza de la Física*, 107-114.
- Cabrera, A., Ríos, C., Camacho, F., Sánchez, G., Ríos, P., Estela, R., & Gutiérrez, K. (2020). Resolución de problemas en cuatro pasos como proyección didáctica en el contexto de la enseñanza de la Física. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 39-71.
- Carrascosa, A., Martínez, S., & Alonso, M. (2020). Competencia Científica y Resolución de Problemas de Física. *Revista Científica*, 201-215.
- Covián, R. E., & Celemín, M. M. (2008). Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. rendimiento académico y presencia de preconceptos. *Investigación Didáctica*, 23-42.
- Dolores, C., Rivera, M., & Tejada, Y. (2016). una experiencia didáctica con incidencia en la interpretación de gráficas cinemáticas. *Revista de la Escuela de Ciencias de la Educación*, 129-154..
- Escobar, F., & Ramírez, M. (2023). El desarrollo de la alfabetización visual con el modelo 5E para el aprendizaje de las Leyes de Newton. *Diálogos sobre Educación*, 1-23. doi: <https://doi.org/10.32870/dse.v0i27.1306>

- Giorgi, S. M., Marino, L. A., Carreri, R. A., & Cámara, C. N. (2017). La modelización de resortes con masa despreciable: dificultades de los estudiantes en su conceptualización y su tratamiento en libros de física usados en el ciclo inicial universitario. *Investigações em Ensino de Ciências*, 207-223.
- Gutiérrez, E. A., & Martín, J. (2015). Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la F.C.E.F. y N. de la U.N.C. *Revista de Enseñanza de la Física*, 89-96.
- IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 25.0) [Software]. Armonk, Nueva York.
- Linden, V. D., Meulenbroeks, R. F., & Joolingen, W. R. (2022). Learning Newtonian mechanics with an intrinsically integrated educational game. arXiv preprint, 1-27. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.11627>
- Moreno, N., Font, V., & Angulo, R. (2018). Un estudio sobre la comprensión de las nociones físicas de la mecánica newtoniana: el caso del centro de masa. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7-22.
- Parra, F. J., & Figueroa, C. (2017). Análisis didáctico de un episodio de aula en el estudio de un tema de mecánica newtoniana. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 1-7.
- Rosales, A. V., Morocho, H. F., Cuenca, K. M., & Tapia, S. R. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 1488-1496.
- Wainmaier, C., Speltini, C., & Salinas, J. (2011). Conceptos y relaciones entre conceptos de la mecánica newtoniana en estudiantes que ingresan a la universidad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 133-152.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

MAMJ: Conceptualización, Investigación, Escritura-Preparación del borrador original, Redacción-revisión y edición.

FVS.: investigación, revisión y edición

MCC.: investigación, revisión y edición

Fuentes de financiamiento / Funding:

Esta investigación se realizó con el financiamiento de los autores

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber violado u omitido normas éticas o legales al realizar la investigación.