



RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS SOBRE LAS LEYES DE NEWTON EN
ESTUDIANTES DE DÉCIMO GRADO

Michael Dagoberto Orozco Ardila

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA VIRTUAL EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES
2024

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS SOBRE LAS LEYES DE NEWTON EN
ESTUDIANTES DE DÉCIMO GRADO

Autor

MICHAEL DAGOBERTO OROZCO ARDILA

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias

Tutora

ANA MILENA LÓPEZ RÚA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA VIRTUAL EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2024

DEDIDACTORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios, quien me da el impulso con su amor y renovó mis fuerzas para superar los obstáculos que se presentaron.

A mi esposa Lina María Suarez quien, con su amor, compañía, apoyo diario, paciencia y voz, me motivo en la terminación de este proyecto.

A mis hijos, Mathias Orozco , Lya Orozco y Thiago Orozco quienes son el motor y la motivación principal en mi vida, y por ese anhelo inquebrantable de brindarles una vida digna y un futuro esperanzador.

A mi padre, Dagoberto Orozco Sánchez, quien en cada etapa de mi vida, me brindo palabras de motivación, con su vida y ejemplo me enseñó el esfuerzo, perseverancia y tenacidad, le debo todo lo que soy.

A mi madre Yolanda Ardila, a quien desearía que me hubiera visto llegar hasta donde he llegado, dedico este proyecto, allá donde estas en el cielo, para ti madre, sé que lo estas celebrando

Y, por último, a mi hermano Jonathan Orozco Ardila, quien honro con respeto y me enseña con ejemplo que debemos seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesora Ana Milena López Rúa, por su vocación y entrega desbordada, quien vivencia cada proceso y con dificultades de sus estudiantes como propias, así mismo, a su orientación, conocimiento y experiencia en esta investigación

Agradezco a la Universidad Autónoma de Manizales, al cuerpo docente por aportar sus conocimientos y el desarrollo en la formación docente fortaleciendo las habilidades y Administrativo por su servicio tan humano atendiendo a lo que necesitamos.

A mis estimados estudiantes del grado 101 de la Institución Alicia Amador Elvira, por su disposición y apoyo durante el proceso de investigación.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito caracterizar los niveles de resolución de problemas sobre las leyes de Newton que tienen los estudiantes de décimo grado y su incidencia en el diseño de una unidad didáctica. Para ello, se propuso una metodología cualitativa – descriptiva para recoger información de 20 estudiantes del grado décimo de una institución educativa pública ubicada en el municipio de Puerto Rico, en el departamento del Meta – Colombia. Se aplicó un instrumento de lápiz y papel, el cual consistió en dos casos relacionados con las leyes de Newton y de allí nueva ítems para identificar cómo resolvían los estudiantes los problemas. Mediante el análisis del contenido, se analizaron las 360 declaraciones (texto y representaciones gráficas) elaboradas por los estudiantes, de las que se pudo inferir que todos los estudiantes se ubican en el nivel 1 según el modelo propuesto por Tamayo et al., (2014), el cual se caracterizó por el uso de tautología, la presencia de ideas intuitivas arraigadas, la dificultad para explicar conceptos como movimiento, inercia y peso y el realismo ingenuo.

A partir de los resultados, se propusieron algunos lineamientos didácticos que pueden servir a los profesores de física para el diseño de unidades didácticas que favorezcan el desarrollo de la resolución de problemas sobre las Leyes de Newton.

Palabras clave: resolución de problemas, leyes de Newton, unidad didáctica.

ABSTRACT

The purpose of this research was to characterize the levels of problem solving on Newton's laws that tenth grade students have and its impact on the design of a didactic unit. For this, a qualitative - descriptive methodology was proposed to collect information from 20 tenth grade students of a public educational institution located in the municipality of Puerto Rico, in the department of Meta - Colombia. A pencil and paper instrument were applied, which consisted of two cases related to Newton's laws and from there new items to identify how the students solved the problems. Through content analysis, the 360 statements (text and graphic representations) prepared by the students were analyzed, from which it was possible to infer that all students are located at level 1 according to the models proposed by Tamayo et al., (2014).), which was characterized by the use of tautology, the presence of deep-rooted intuitive ideas, the difficulty in explaining concepts such as movement, inertia and weight, and naive realism.

Based on the results, some didactic guidelines were proposed that can be used by physics teachers to design teaching units that favor the development of problem solving on Newton's Laws.

Keywords: problem solving, Newton's laws, teaching unit.

TABLA DE CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
2	JUSTIFICACIÓN	18
3	OBJETIVOS	19
3.1	OBJETIVO GENERAL	19
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4	MARCO CONCEPTUAL	20
4.1	ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA FÍSICA	20
4.2	¿QUÉ ES UN PROBLEMA?	21
4.3	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	23
4.3.1	Modelo de Pólya	25
4.3.2	Modelo de resolución de problemas de Mason-Burton-Stacey	27
4.3.3	Modelo de Schoenfeld	27
4.3.4	Modelo de resolución de problemas de Miguel de Guzmán	30
4.3.5	Modelo de resolución de problemas de Colombo	36
4.3.6	Modelo de resolución de problemas de Tamayo	37
5	METODOLOGÍA	41
5.1	ENFOQUE Y ALCANCE	41
5.2	POBLACIÓN Y CONTEXTO	42
5.3	UNIDAD DE TRABAJO	43
5.4	CONSIDERACIONES ÉTICAS	43
5.5	UNIDAD DE ANÁLISIS	43
5.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	45

5.7	DISEÑO METODOLÓGICO	45
5.8	PLAN DE ANÁLISIS.....	46
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN	47
6.1	INTRODUCCIÓN.....	47
6.2	ANÁLISIS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.	48
6.3	LINEAMIENTOS DIDÁCTICOS PARA EL DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA SOBRE LAS LEYES DE NEWTON QUE FAVOREZCA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	58
7	CONCLUSIONES	62
8	RECOMENDACIONES	64
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
10	ANEXOS	71
10.1	ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIONES	71
10.2	ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN PARA ENTENDER NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS RELACIONADOS CON LAS LEYES DE NEWTON.....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de resolución de problemas.....	38
Tabla 2 Categoría de análisis.....	44
Tabla 3 Codificaciones estudiantes	47

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La siguiente propuesta posee la necesidad de caracterizar los niveles de resolución de problemas sobre las leyes de Newton que tienen los estudiantes de grado décimo y cómo estos sirven de punto de partida para proponer lineamientos didácticos que favorezcan el diseño de una unidad didáctica. Para ello, se propone el problema desde dos aspectos: 1) la experiencia de aula no sistematizada del investigador y 2) los antecedentes de investigación que ofrecen un panorama sobre el estado del arte con relación a la categoría de análisis.

A partir de la experiencia docente del investigador, se ha observado que los estudiantes de la Institución Educativa Alicia Amador Elvira (IEAAE) muestran cierta apatía y desinterés por aprender física. Esta situación puede deberse a la complejidad de esta rama de las ciencias y su estrecha relación con las matemáticas, que modelan los fenómenos físicos y requieren, por tanto, un alto nivel de abstracción.

Además, los estudiantes presentan dificultades en la transferencia del conocimiento de la física a situaciones cotidianas mostrando que, por ejemplo, no les es fácil instanciar una situación de la vida cotidiana, como un problema que es resoluble con conceptos físicos y argumentos matemáticos. Se ha encontrado que el reconocimiento de fenómenos físicos que experimentan en la vida real resulta más complejo de resolverse debido a las múltiples variables que involucra, sin embargo, la habilidad en su resolución no es plantear todas variables que participan, sino eliminar las variables que son menos influyentes y considerar únicamente las más relevantes (Pérez, Niño y Fernández, 2020). Esto último se conoce como simplificación del problema.

También es importante tener en cuenta que en el aula se presentan dificultades relacionadas con la enseñanza, pues en general, a los estudiantes se les ha acostumbrado a realizar ejercicios rutinarios y tradicionales, en los que no demandan el uso de habilidades cognitivas de nivel superior como la metacognición, la argumentación, entre otras.

Además de lo anterior, los estudiantes consideran que los conceptos físicos son bastante abstractos y el hecho de no ser visibles para ellos representa un desafío a la hora de resolver problemas en este campo de conocimiento.

En la literatura se resalta una serie de dificultades específicas que enfrentan los estudiantes de secundaria al aprender las leyes de Newton pueden variar, pero se han identificado algunas comunes en Wangchuk et al., (2023):

- *Abstracción y complejidad*: Las leyes de Newton, debido a los conceptos que la definen y su abstracción matemática se hacen difícil de correlacionar con la resolución de problemas de la vida real, en lo que se conoce como cinemática o física clásica.
- *Problemas de conceptualización*: La comprensión de los conceptos fundamentales de las leyes de Newton, como la inercia, la fuerza y la aceleración, tienen un fundamento matemático marcado que requiere conocer un área que se denomina cálculo diferencial, relacionada con variaciones infinitesimales. La exposición de ecuaciones directas en la física de bachillerato puede tornarse rebuscado dado que las ecuaciones se exponen directamente sin explicarse su origen y eso confunde a los estudiantes.
- *Recursos con los que dispone el profesor*: La forma en que se enseñan las leyes de Newton puede influir en la comprensión de los estudiantes. Los recursos de los profesores tienen a ser limitados a la tiza y el pizarrón, por tanto, nunca se extienden a realizar experimentos con objetos como una pelota, un carro de juguete, o incluso mostrar el movimiento parabólico lanzando un objeto.
- *Memorizar un gran número de fórmulas*: las ecuaciones se plantean directamente a los estudiantes lo cual hace que la física sea una ciencia directa que no se piensa y los estudiantes consideran difícil aprenderse muchas fórmulas para luego aplicarlas directamente sin comprender que están realizando.
- *La naturaleza científica de la física*: el área de la física es una ciencia pura o ciencia formal cuyo fundamento se basa en la matemática. Por tanto, si los estudiantes

verifican su naturaleza formal más que su aplicabilidad, entonces se les hace difícil su comprensión y aplicación en los ámbitos comunes de interacción.

Actualmente, la institución IEAAE no tiene recursos y medios didácticos suficientes, como una red de internet, lo que obstaculiza el desarrollo de estrategias mediadas con TIC. Además de ello, falta formación continua de profesores para que usen los recursos didácticos, enseñando la física newtoniana con objetos disponibles en el entorno. Al ser una ciencia experimental, cualquier ayuda tangible permite que el estudiante comprenda los conceptos. Es recalable también, que dicha institución, que es donde se realizó el estudio, posee un laboratorio poco equipado, lo cual limita las alternativas de intervención en el aula.

Romero (2016) señala que las actitudes y comportamientos habituales de los estudiantes hacia el aprendizaje de la Física incluyen es un tema que les genera reticencia dado que los porcentajes de éxito referenciados al total de alumnos, eran bajos. Esto incluso, afectaba al resto de los estudiantes que no habían presentado ciertos exámenes, dado que, al existir una falla colectiva marcada, entonces la predisposición afectaba, la comprensión libre en las clases, el rendimiento en los exámenes, la aplicación de los conceptos en comprender el mundo real, o lo más básico de relacionar el movimiento de una bola con romper la inercia, o suponer que existen velocidad inicial y velocidad final, entre otras cosas.

Para superar este desafío, es necesario realizar una transición de la enseñanza al aprendizaje mediante la implementación de estrategias didácticas prácticas y flexibles, que se caractericen por un enfoque interdisciplinario. Esto es especialmente relevante en los campos técnicos y universitarios, donde se requiere la formación de individuos capacitados para satisfacer las crecientes demandas del mercado laboral (Vargas e Isaza, 2016).

En el proceso de aprendizaje, el objetivo del docente es capacitar a los estudiantes en la resolución de problemas relacionados con la Segunda Ley de Newton. Se busca que los alumnos desarrollen habilidades para analizar situaciones de la vida cotidiana. Para lograr esto, el investigador propone considerar los siguientes aspectos:

- *Simplificación del lenguaje:* debe usarse un lenguaje cotidiano y sencillo, que la mayoría o el 100% de los estudiantes pueda comprender. De igual forma los ejemplos deban ser referenciados a situaciones que todos manejen.
- *Estructuración de la información:* Las ideas expuestas deben estar referenciadas a ejemplos o aplicaciones de forma que el estudiante pueda conectar los conceptos con sus vivencias. La información debe ser lógica y considerar siempre ejemplos.
- *Uso de ejemplos y analogías:* las leyes de newton se refieren a la descripción del movimiento de objetos en estado macro, es decir en el mundo donde nos desenvolvemos, por tanto, considerar ejemplos es lo más lógico que un profesor pueda hacer.
- *Fomento de la participación activa:* el profesor debe incorporar a todos los estudiantes en la clase promoviendo una dinámica de grupos de gestión de tareas, discusiones grupales, talleres, de forma que los errores y resoluciones sean compartido entre todos los estudiantes.
- *Retroalimentación constante:* es relevante que todos los estudiantes planteen sus dudas para que pasen de ser dudas, a ser un conocimiento adquirido. De aquí lo importante de la participación, y la promoción de estrategias de enseñanza colectiva que promueva el intercambio de conocimientos.

Es importante señalar que, al considerar los aspectos mencionados anteriormente, se ayudará a los estudiantes a mejorar su atención y a mantenerse motivados en la clase de física. Se debe adaptar las explicaciones al nivel de comprensión de los estudiantes y siempre estar disponible para responder sus preguntas y dudas. La práctica constante y el refuerzo positivo serán clave para que los estudiantes adquieran habilidades en la resolución de problemas relacionados con la Segunda Ley de Newton.

En particular, los estudiantes del décimo grado de la IEAAE manifiestan que el aprendizaje de la física está basado en la memorización de los conceptos teóricos mediante estrategias de transmisión y no en la comprensión desde su propio análisis, dificultades que se presentan de manera repetitiva en los resultados de sus evaluaciones de desempeño.

En el aprendizaje de la asignatura de Física, es importante considerar: “Los aspectos conceptuales, se refieren a la observación y estudio de una temática en la que se relacionan conceptos, teorías y resultados” Vizcaino y Terrazzan (2015). Para ello, se utilizan perspectivas o enfoques teóricos que conducen al establecimiento de hipótesis. Estos enfoques teóricos sugieren formas de análisis y representaciones que deben ser consideradas para interpretar los resultados (Donoso et al., 2021).

La enseñanza de la Física Moderna y Clásica en la escuela secundaria es fundamental para que los estudiantes puedan comprender y aplicar los conceptos y teorías de esta ciencia en contextos tecnológicos actuales. Además, fomenta el pensamiento crítico y la capacidad de análisis en los estudiantes.

El aprendizaje de la física en la escuela secundaria presenta desafíos tanto desde un punto de vista práctico como teórico. Por tanto, el enfoque de esta área de la física ha sido objeto de preocupación por parte de investigadores y profesores durante mucho tiempo (Caruso y Freitas, 2009). Desde la década de 1980, ha existido interés en incorporar contenidos de Física Moderna en la escuela, principalmente en la secundaria (Gil et al., 1987). Desde el año 2002, varios temas de Física Moderna se han implementado en la escuela secundaria, como Líneas Espectrales, Teoría de la Relatividad, Partículas Elementales y Dualidad Onda – Partícula. Estos temas han sido desarrollados por académicos en el campo, tanto en la educación superior como en la escuela secundaria (Pietrocola y Sabino, 2016).

En esta investigación, el autor considera fundamental mejorar los procesos cognitivos relacionados con las ciencias básicas, dado que los estudiantes a menudo enfrentan dificultades en este ámbito. Por consiguiente, se plantea el desarrollo de una alternativa que permita elevar el nivel de aprendizaje mediante la incorporación de metodologías de enseñanza activas. Esto se fundamenta en la premisa de que la resolución de problemas es un indicador del aprendizaje, especialmente en el dominio específico de la asignatura de Física. De esta manera, se estructura el problema en dos aspectos:

- Experiencia de aula no sistematizada: Esta situación evidencia una problemática en los procesos de aprendizaje relacionados con la física, específicamente con las Leyes de Newton.
- Antecedentes de investigación: Estos respaldan la necesidad de investigar en torno a la resolución de problemas en física, así como la existencia de problemáticas relacionadas con el aprendizaje de las Leyes de Newton.

Un ejercicio en la asignatura de física representa una situación en la que se busca comprender o resolver un fenómeno físico a través del método científico. Esto puede implicar la formulación de preguntas, la recolección de datos, el análisis e interpretación de resultados, y la presentación de conclusiones. Las preguntas que guían la investigación pueden variar dependiendo del campo específico de la física, e incluir interrogantes sobre la dinámica de partículas, la termodinámica, el electromagnetismo, la física cuántica, entre otros campos (Giancoli, 2021).

La enseñanza de la física, es sumamente compleja, lo que conlleva una gran dificultad para los estudiantes en esta disciplina. García y Costa (2014) sostienen que la física es una de las materias con mayor tasa de fracaso en la escuela secundaria, debido a la necesidad de contar con conocimientos mínimos de álgebra, habilidades de razonamiento lógico y un amplio conjunto de teorías científicas. Esta complejidad del estudio de la física lleva a muchos estudiantes a sentirse desmotivados y, en algunos casos, incluso a abandonar sus estudios debido a su desagrado hacia la materia.

De acuerdo a la investigación realizada por Moreno y Velázquez (2017), concluyen que los estudiantes de secundaria enfrentan dificultades al resolver problemas sobre las leyes de Newton, especialmente en la aplicación de conceptos teóricos a situaciones prácticas. Además, los estudiantes utilizan estrategias como la descomposición de fuerzas y la identificación de variables relevantes para resolver problemas sobre las Leyes de Newton. Asimismo, la enseñanza de las Leyes de Newton puede mejorar las habilidades de resolución para problemas de los estudiantes, al proporcionarles un marco conceptual y herramientas para abordar situaciones físicas, con aporte de una estructura mental orientada a la aplicación de herramientas aprendidas y habilidades desarrolladas en el aula.

Por su parte, Mayorga (2016) señala en sus conclusiones que los estudiantes de secundaria tienen dificultades para comprender las leyes de Newton, especialmente en la aplicación de los conceptos a situaciones prácticas; además identifica el manejo de conceptos erróneos comunes en la comprensión de las leyes de Newton, como la confusión entre fuerza y velocidad; así como el que la implementación de estrategias de enseñanza efectivas, como la utilización de ejemplos concretos y la práctica activa, puede mejorar la comprensión de las Leyes de Newton en los estudiantes.

Mientras que Oyola (2016), en su investigación concluye que los estudiantes de secundaria presentan dificultades en la comprensión de las Leyes de Newton, especialmente en la aplicación de los conceptos a situaciones prácticas y ratifica que la implementación de estrategias de enseñanza efectivas, como el uso de ejemplos concretos y la práctica activa, pueden mejorar la comprensión en los estudiantes.

Elizond (2013) señala, además, dificultades en el proceso de enseñanza de la física. Estas dificultades incluyen la comprensión de los problemas, la selección adecuada de los datos presentados, así como la interpretación de su significado. Otras dificultades se relacionan con la transcripción de los datos al lenguaje matemático y la expresión de los resultados en términos físicos. Además, se observan conflictos relacionados con la falta de motivación de los estudiantes y la escasez de experiencias de laboratorio activo que les permitan confrontar sus ideas previas y poner a prueba sus predicciones. Además de lo mencionado anteriormente, también existe una marcada tendencia tradicional en las aulas de clase para la enseñanza de la física, lo cual se traduce en un enfoque de aprendizaje pasivo.

De lo anterior es posible afirmar que los problemas que comúnmente se presentan son los siguientes y estos se relacionan con la presente investigación debido en los siguientes aspectos:

- Los estudiantes de secundaria enfrentan dificultades al resolver problemas sobre las leyes de Newton, especialmente en la aplicación de conceptos teóricos a situaciones prácticas.

- Existe una falta de motivación entre los estudiantes y una escasez de experiencias de laboratorio activo que les permitan confrontar sus ideas previas y poner a prueba sus predicciones.
- La enseñanza de las leyes de Newton puede mejorar las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes al proporcionarles un marco conceptual y herramientas para abordar situaciones físicas.
- La comprensión de los problemas, la selección adecuada de los datos presentados y la interpretación de su significado son dificultades comunes en el proceso de enseñanza de la física.
- Existe una tendencia tradicional en las aulas de clase para la enseñanza de la física, lo cual se traduce en un enfoque de aprendizaje pasivo.

De lo antes expuesto surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el nivel de resolución de problemas sobre las leyes de Newton que tienen los estudiantes de décimo grado y cuál es su incidencia en el diseño de una unidad didáctica?

2 JUSTIFICACIÓN

La física constituye una disciplina de suma relevancia que influye en numerosos ámbitos de la sociedad. Su enseñanza permite una correcta comprensión de la naturaleza, de los componentes que la integran y de la interacción que se media en la misma a través de la competencia de fuerzas.

En tal sentido, el estudio de la física en la escuela a través de los programas que ofrece la institución educativa (IE) es tan relevante, dado que se clasifica entre las ciencias duras, y tiende a ser difícil de comprender considerando que involucra manejo de números. La física en tal sentido se apoya en la matemática y por tanto debe orientarse en un salón de clase de forma que permita dar respuestas más que generar problemas.

El trabajo es pertinente por dos razones: 1) aunque existen muchas investigaciones que develan las dificultades que reviste la física y temas como las leyes de Newton, se han encontrado algunos vacíos con relación a la resolución de problemas sobre este tema y 2) es necesario conocer las dificultades que tienen los estudiantes para resolver problemas en el campo de la física. Esto es valioso porque favorecerá el diseño de propuestas didácticas que los profesores pueden estructurar para trabajar y validar en sus aulas de clase.

Debido al alcance de la propuesta, no es posible afirmar que la problemática se solucione, pues los lineamientos didácticos que se ofrecerán deberán ser piloteados por los profesores a fin de trabajar en los problemas que se visualicen en los contextos específicos. Así, que el principal aporte radica en ampliar el panorama sobre los niveles de resolución de problemas en física y dotar a los profesores de una variedad de estrategias para abordar el problema.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el nivel de resolución de problemas sobre las leyes de Newton que tienen los estudiantes de décimo grado y su incidencia en el diseño de una unidad didáctica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los niveles iniciales en los que se ubican los estudiantes de décimo grado para resolver problemas sobre las leyes de Newton.
- Establecer lineamientos didácticos para la elaboración de una unidad didáctica que favorezca la resolución de problemas sobre las Leyes de Newton.

4 MARCO CONCEPTUAL

El capítulo a continuación aborda teorías, enfoques y conceptos relevantes que sustentan el análisis de la resolución de problemas de las Leyes de Newton, así como las categorías específicas que serán objeto de estudio.

4.1 ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

Previo a abordar la definición correspondiente resulta conveniente recordar dos definiciones básicas: La enseñanza se refiere al proceso mediante el cual un individuo transmite conocimientos, habilidades y valores a otros individuos. Implica la planificación, organización y ejecución de estrategias educativas con el fin de facilitar el aprendizaje de los estudiantes (Hattie, 2009). Por otro lado, el aprendizaje se define como el proceso mediante el cual los individuos adquieren conocimientos, habilidades, actitudes y valores a través de la interacción con el entorno, la experiencia y la instrucción (Dweck, 2006).

Las similitudes entre la enseñanza y el aprendizaje radican en su interdependencia. La enseñanza proporciona el contexto, los recursos y las estrategias para facilitar el aprendizaje, mientras que el aprendizaje es el resultado del proceso de enseñanza.

En este sentido la enseñanza de las ciencias, específicamente la física, se refieren a las estrategias y enfoques utilizados para enseñar y promover el aprendizaje de la física. Estas metodologías buscan facilitar la comprensión de los conceptos y principios de esta disciplina científica, así como fomentar el interés y la participación activa de los estudiantes.

(Stevens, 2018) señala que el enfoque se centra en proporcionar a los estudiantes la oportunidad de realizar tareas significativas de manera individual y colectiva, lo que les permite desarrollar procesos cognitivos superiores, como pensar críticamente, colaborar con otros en la búsqueda de soluciones, comunicar sus hallazgos, usar la creatividad y participar en temas de interés ciudadano.

Algunas de las metodologías de enseñanza de la física son las siguientes:

- **Enfoque de Historia de la Ciencia (HC):** Se utiliza la historia de los descubrimientos científicos y los científicos relevantes para contextualizar los contenidos de la física. Esto ayuda a los estudiantes a comprender cómo se desarrollaron los conceptos y principios a lo largo del tiempo (Olate et al., 2022).
- **Enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS):** Se enfoca en las aplicaciones de la física en la vida cotidiana y la sociedad. Se exploran el impacto social, ético y ambiental de los avances científicos y tecnológicos, lo que permite a los estudiantes comprender la relevancia de la física en su entorno.
- **Enfoque experimental:** Se basa en la realización de experimentos concretos para que los estudiantes puedan observar, medir y analizar fenómenos físicos. Esto promueve el aprendizaje activo y facilita la comprensión de los conceptos a través de la experiencia práctica (Sailema y Lamus, 2023).
- **Enfoque conceptual:** Se centra en el desarrollo de conceptos clave en la física y en la construcción de una comprensión profunda de los mismos. Se utilizan ejemplos y analogías para ayudar a los estudiantes a relacionar los conceptos físicos con su vida diaria.

4.2 ¿QUÉ ES UN PROBLEMA?

Un problema se refiere a una situación que requiere una solución, pero para la cual no existe una respuesta inmediata o evidente. Es una cuestión que surge en un determinado campo de estudio y que requiere un análisis riguroso para ser resuelta (Olate et al., 2022).

En el contexto de la física, un problema se refiere a una interrogante o situación que demanda la aplicación de principios y conceptos físicos para hallar una solución. Estos problemas pueden abarcar desde cuestiones teóricas, como predecir el movimiento de un objeto bajo ciertas fuerzas, hasta problemas prácticos, como determinar la eficiencia de un motor.

La resolución de problemas en física implica una serie de habilidades transferibles y útiles en la vida cotidiana (Díaz y Ortega, 2022). Entre estas habilidades se incluyen:

- **Análisis y síntesis de información:** Al igual que en un problema de física, en la vida cotidiana a menudo nos encontramos con situaciones en las que debemos recopilar información, desglosarla y sintetizarla para comprender la situación en su totalidad.
- **Pensamiento crítico y lógico:** La física requiere un pensamiento lógico riguroso. Esta habilidad es útil en la vida cotidiana para tomar decisiones informadas y razonadas.
- **Resolución de problemas y toma de decisiones:** Al resolver problemas de física, uno aprende a identificar el problema, definirlo, explorar posibles soluciones, seleccionar la mejor y evaluar los resultados. Este proceso es similar al que se utiliza en la toma de decisiones en la vida cotidiana.
- **Habilidades cuantitativas:** La física a menudo requiere cálculos y el manejo de números. Estas habilidades son útiles en muchas situaciones de la vida cotidiana, como la gestión financiera personal.

En el contexto del aprendizaje y la enseñanza, los problemas pueden ser utilizados como herramientas para promover la comprensión, el pensamiento crítico y la resolución de situaciones desafiantes (Zona y Giraldo, 2017). En el ámbito educativo, la relación entre el problema, la enseñanza y el aprendizaje se manifiesta a través de enfoques pedagógicos como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Este enfoque se centra en presentar a los estudiantes situaciones problemáticas auténticas que requieren la aplicación de conocimientos y habilidades para su resolución. Al enfrentarse a estos problemas, los estudiantes no solo adquieren conocimientos específicos, sino que también desarrollan habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y colaboración.

En el ámbito educativo, la relación entre el problema, la enseñanza y el aprendizaje se manifiesta a través de enfoques pedagógicos como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Este enfoque se centra en presentar a los estudiantes situaciones problemáticas auténticas que requieren la aplicación de conocimientos y habilidades para su resolución. Al enfrentarse a estos problemas, los estudiantes no solo adquieren conocimientos específicos, sino que también desarrollan habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y colaboración.

Además, la enseñanza puede estar orientada a guiar a los estudiantes en el proceso de abordar y resolver problemas, proporcionando el apoyo necesario para que desarrollen estrategias efectivas de resolución. Los docentes pueden utilizar metodologías como el Enfoque de Historia de la Ciencia, el Enfoque Experimental, y el Enfoque Conceptual para contextualizar y abordar problemas relacionados con la física, lo que permite a los estudiantes comprender la relevancia de los conceptos físicos en situaciones reales y promover un aprendizaje significativo (Jaime et al., 2020).

En este sentido, la resolución de problemas en física no solo implica la aplicación de principios y conceptos físicos, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades valiosas para la vida cotidiana. Estas habilidades incluyen el análisis y síntesis de información, el pensamiento crítico y lógico, la resolución de problemas y toma de decisiones, y las habilidades cuantitativas. Estas habilidades son fundamentales tanto en el ámbito académico como en la vida cotidiana, y su desarrollo se ve potenciado por la resolución de problemas en física.

4.3 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Las investigaciones sobre el proceso de resolución de problemas se remontan a la década de los 50, en la cual se diseñaron estrategias para mejorar la capacidad para resolver problemas. A partir de allí, el estudio de la resolución se ha dado desde distintos enfoques, algunos centrados en el entrenamiento de los alumnos en el manejo de heurísticos (García, 2003); otros se han enfocado en contrastar mecanismos entre expertos y novatos (Salvat 1990) y otros trabajos enfocados a las investigaciones hacia la creatividad como aspecto fundamental para resolver los problemas (Garret 1988, citado por García, 2003).

Ahora bien, en la didáctica de las ciencias, es posible encontrar distintas perspectivas acerca de la resolución de problemas. Simón (1984, citado por Tamayo et al., 2015) por su parte, expresa que enfrentarse a resolver problemas es la mejor forma de manifestar las capacidades cognitivas de los sujetos.

Por su parte, Orton (1996) la define como el inicio de un proceso que estimula a la combinación de elementos cognitivos, conceptos, procedimientos, reglas, ideas previas para abordar y dar solución a una situación planteada. Podemos ver que resolución de problemas es la génesis de un proceso mental donde intervienen habilidades, competencias y conocimientos ya sean procedimentales o actitudinales.

Por otra parte, Delgado (1999), afirma que es una habilidad matemática que permite buscar las diferentes maneras, diversas vías de análisis y/o, planificación de estrategias que nos permitan dar solución a un problema independientemente cual sea el objeto de estudio. Hay concepciones por parte de otros autores que la definen como como una capacidad o competencia que se desarrolla en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Para este trabajo investigativo asumimos la resolución de problema como una competencia y la definimos como un proceso que genera la implementación de una secuencia de acciones con la intención de dar solución a una dificultad planteada. En esta secuencia el estudiante podrá aplicar unas series habilidades cognitivas e incluso afectivas, en la búsqueda de soluciones eficaces.

De lo anterior, también es importante hacernos la pregunta acerca de la distinción entre hacer un ejercicio y resolver un problema. Pues bien, García (2003) expresa que los docentes y los estudiantes confunden los ejercicios con los problemas, esto los lleva a asignar la categoría de problemas a los ejercicios, usan únicamente para que los estudiantes apliquen las formalizaciones a partir de los conceptos y principios enseñados. La resolución de problemas, por su parte, incluye procesos de conducta y pensamiento dirigido a la ejecución de una tarea intelectualmente exigente.

Ahora bien, en la didáctica de la física y las matemáticas, se presentan diversas perspectivas frente a la resolución de problemas, entre las cuales pueden mencionarse los trabajos de George Polya y Alan Schoenfeld, los cuales describimos a continuación.

4.3.1 Modelo de Pólya

Se retoma las investigaciones realizadas por el matemático Húngaro George Pólya, descrita en su método para la resolución de problemas matemáticos el cual consta de cuatro pasos: comprender el problema, elaborar un plan, ejecutar el plan y comprobar las soluciones obtenidas. Aunque originalmente se aplicó a problemas matemáticos, sus principios pueden extenderse a otras disciplinas, incluyendo la física.

En el contexto de la enseñanza de la física, especialmente en relación con la Segunda Ley de Newton, el método Pólya ofrece un marco valioso para guiar a los estudiantes en su aprendizaje. Este método, que se ha utilizado con éxito en la resolución de problemas matemáticos, puede adaptarse para ayudar a los estudiantes a comprender, analizar y aplicar conceptos físicos en situaciones de la vida cotidiana. Al seguir los pasos del método Pólya – comprender el problema, elaborar un plan, ejecutar el plan y revisar las soluciones – los estudiantes pueden desarrollar un enfoque más analítico y reflexivo para el aprendizaje de la física. Este enfoque puede ser particularmente útil para superar los desafíos asociados con la enseñanza de la física en la escuela secundaria, permitiendo a los estudiantes no solo memorizar conceptos teóricos, sino también comprenderlos y aplicarlos en contextos prácticos.

Otra ventaja importante, es que el método de Pólya se adapta a las necesidades y características de los estudiantes de liceo en Colombia, debido a que permite al investigador, asumir el rol a través de su propia práctica educativa, para identificar las dificultades y fortalezas de cada estudiante, brindando apoyo individualizado y diseñando actividades y materiales que se ajusten a su nivel de conocimiento y habilidades.

De lo que se desprende que el uso de método mencionado en la física ofrece ventajas significativas para los estudiantes de liceos en Colombia. Al fomentar la participación activa, el pensamiento crítico y el aprendizaje colaborativo, este enfoque pedagógico puede mejorar la comprensión y el rendimiento de los alumnos en la física, preparándolos para enfrentar los desafíos de esta materia y desarrollar habilidades relevantes para su futuro académico y profesional.

Polya (1965) plantea cuatro pasos para resolver un problema:

- Paso 1: entender el problema: en esta fase se implementa lo que es el cuestionamiento, la identificación de datos o informaciones relevantes que nos muestra la situación y determinar cuál es la incógnita. Polya expresa que debemos apropiarnos del problema, entenderlo, tratar de sintetizarlo o reformularlo de manera que podamos comprenderlo, pero sin modificar la idea principal.

En este paso, Tamayo et al., (2015), establece que son fundamentales preguntas como ¿entiendes todo lo que dice?, ¿puedes replantear el problema en tus palabras?, ¿distingues los datos?, ¿sabes a qué quieres llegar?, ¿hay suficiente información? Esta tipología de preguntas, consideramos presentan distinciones importantes entre ejercicios y problemas contextualizados.

- Paso 2: Configurar un plan: hace relación a realizar una lista para resolver el problema. El docente juega un papel importante porque le da ideas de posibles alternativas, pero no debe imponerlo. En esta fase se pueden hacer preguntas como: ¿has desarrollado un problema semejante?, ¿podríamos utilizar este modelo para solucionarlo?, ¿estás consiente que estas son las nociones necesarias para abordar el problema? O se podría mostrar un problema ya resuelto donde el estudiante haga las respectivas comparaciones y ver si hay ligeros cambios en el nuevo problema.

- Paso 3: Ejecutar el plan: En esta fase es importante que se verifiquen cada uno de los pasos que se ejecutan, analizar si cada una de las piezas son fundamentales y encajan en el proceso y, sobre todo, verificar la veracidad del razonamiento que se haga. Si el estudiante no tiene éxito, es necesario que solicite ayuda a su profesor y que no tenga miedo a iniciar de nuevo (Tamayo et al., 2015).

- Paso 4: Mirar hacia atrás: la última fase es la visión retrospectiva, aquí se considera el procedimiento aplicado y la solución encontrada; en esta fase se consolida el conocimiento y desarrolla aptitudes para dar solución a cualquier problema. (Polya, 1965)

plantea que preguntas como ¿es tu solución correcta? o ¿tu respuesta satisface el problema? Permiten de forma gradual la resolución de problemas matemáticos.

4.3.2 Modelo de resolución de problemas de Mason-Burton-Stacey

Este modelo permite el análisis del pensamiento y la experiencia que involucra la resolución de problemas, se toman en cuenta elementos imprescindibles como las emociones del alumno, la capacidad de búsqueda de solución y la facilidad para plasmar el proceso por escrito (Ruiz, 2016). El método tiene la siguiente estructura:

1. Abordaje: en el que se comprende y familiariza el problema.
2. Ataque: se asocia y articula la información que se posee del problema abordado.
3. Revisión: Se reconoce la solución obtenida y se hace generalización.

Ante la resolución de problemas los estudiantes deben distinguir las diversas estrategias heurísticas que se pueden utilizar y que a su vez permiten reconocer y desarrollar competencias y actitudes particulares que involucra una actividad matemática, esto demuestran que se pretende conseguir en ellos el razonamiento matemático, este paulatinamente va mejorando en la medida en que se practica, sin embargo, en todo esto debe prevalecer su interés y motivación, además que debe darse la propia construcción de los conceptos, tomando como referencia el cuaderno de notas, con lo cual se verifica dicho razonamiento (Murcia y Valdivieso, 2013).

4.3.3 Modelo de Schoenfeld

Existen también investigaciones como la teoría desarrollada por Schoenfeld se centra en el uso de estrategias de enseñanza y aprendizaje para facilitar el aprendizaje de la física en estudiantes de liceo. En su teoría, se asumen propuestas con diversas técnicas y enfoques pedagógicos para mejorar la comprensión y el rendimiento de los estudiantes en esta materia práctica, aplicables a estudiantes de liceos.

Es importante señalar, varias estrategias y técnicas que pueden ser utilizadas para facilitar el aprendizaje de la física, donde se incluyen:

- Estrategias de recuperación de experiencias previas.
- Estrategias expositivas de conocimientos elaborados y/o acumulados.
- Estrategias de descubrimiento e indagación.
- Estrategias de inserción de maestros y estudiantes en el entorno.
- Estrategias de socialización centradas en actividades grupales.
- Estrategias de indagación dialógica o cuestionamiento.
- Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).
- Estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos.
- Sociodrama o dramatización.
- Técnica de Estudio de casos.
- Debate, entrevistas, seminarios, etc.

Estas estrategias y técnicas pueden ser utilizadas por los docentes para fomentar la participación activa de los estudiantes, promover el pensamiento crítico y facilitar la comprensión de los conceptos de la física. Al aplicar estas estrategias, los estudiantes pueden adquirir un mayor nivel de conocimiento y habilidades en esta materia.

Es importante destacar, que la implementación de estas estrategias puede variar según el contexto y las necesidades de los estudiantes y los docentes pueden adaptar el material y las técnicas según las características de sus estudiantes, el entorno escolar y la progresión de los contenidos y habilidades. Además, es fundamental que los docentes reciban la formación adecuada para aplicar estas estrategias de manera efectiva.

Frente a la perspectiva de trabajo de Polya, (Schoenfeld, 1985), en su libro *Mathematical Problem Solving*, estableció que las estrategias planteadas por Polya eran insuficientes, así que propone que va más allá de una simple heurística y que involucra elementos emotivo-afectivos, psicológicos, cognitivos y sociales.

Ahora bien, considerando la postura de Schoenfeld, es necesario enfatizar en la necesidad de dar pautas claras a los estudiantes para hallar la solución a un problema. (Schoenfeld, 1985), considera que a cualquier persona le sucede que resolviendo un

problema tiene la seguridad que se soluciona usando el método que eligió y aunque no encuentra el resultado, sigue intentando bajo el mismo método. Finalmente, se da cuenta en algún momento que no es la estrategia adecuada y debe buscar otro camino distinto. Es por ello, que (Schoenfeld, 1985) destaca la importancia que el estudiante monitoree y evalúe su proceso; asunto en el cual enfatizamos, pues encontramos una relación con la regulación metacognitiva que deseamos abordar en esta investigación.

Así pues, (Schoenfeld, 1985) señala que, para resolver un problema, el estudiante debe saber qué es capaz de hacer y con qué cuenta, lo que nos lleva de vuelta a relaciones explícitas con la metacognición, pues es conocimiento de los propios procesos cognitivos permitirá la identificación de fortalezas y obstáculos durante la solución de un problema.

(Schoenfeld, 1985) propone la existencia de cuatro aspectos que intervienen en la resolución de problemas:

- *Recursos*: son los conocimientos previos que posee el individuo; es decir, conceptos, fórmulas, algoritmos, y, en general, todas las nociones que se considere necesarias para enfrentarse a un determinado problema (Barrantes, 2006). Aquí es necesario aclarar que los maestros deben tener claro con qué recursos o herramientas cuentan los estudiantes, pues de no ser así, se corre el riesgo que a la hora de resolver un problema el aprendiz no posea las herramientas para encontrar la solución.

- *Heurísticas*: entendidas estas como estrategias cognitivas (Tamayo et al., 2015), de las cuales (Schoenfeld, 1985) considera que el estudiante debe conocerlas, saber cómo usarlas, y tener la habilidad para hacerlo. No es como lo manifestaba Polya que a cada tipo de problema le correspondía una heurística específica; esto no es así, porque según Schoenfeld, mientras el estudiante aprende un cúmulo de heurísticas particulares, ya podría haber aprendido mucho sobre otros conceptos (Barrantes, 2006).

- *Control*: se refiere a cómo un estudiante controla su trabajo (Barrantes, 2006) o como lo refiere (Tamayo et al., 2015) a las estrategias metacognitivas. En este caso

(Schoenfeld, 1985) expresa que ante un problema pueden existir distintos caminos posibles para su solución y que, el estudiante debe ser capaz de darse cuenta si la estrategia seleccionada está funcionando o no y, por tanto, debe ser capaz de retroceder y buscar otra vía.

De este aspecto, destacamos la imbricación existente entre la resolución de problemas con la metacognición, en particular con la regulación metacognitiva y, en específico con el monitoreo, pues es aquí, donde el estudiante debe ser capaz de supervisar la estrategia propuesta y si está funcionando; es decir, en términos de Schoenfeld de hacer control.

4.3.4 Modelo de resolución de problemas de Miguel de Guzmán

A partir de la teoría de Polva y Schoenfeld, se puede profundizar en el enfoque propuesto por De Guzmán, el cual se centra en los procesos metacognitivos como una herramienta fundamental, para la resolución de problemas relacionados con las Leyes de Newton.

Debido a lo señalado, se describe el planteamiento de De Guzmán, quien plantea una secuencia de procesos lógicos, heurísticos y metacognitivos que permiten a los estudiantes desarrollar una mayor eficacia en la obtención de resultados en la resolución de problemas. En este sentido, se busca integrar los aportes de Polva y Schoenfeld con las ideas de De Guzmán, para comprender cómo el uso de estrategias metacognitivas puede potenciar el aprendizaje de los estudiantes en el contexto de la física y las Leyes de Newton.

La resolución de problemas es un proceso que generalmente puede dividirse en varias etapas, en este sentido (Asencio, 2013) menciona las etapas que estableció De (Guzmán, 1995) para resolver problemas, así como sus características:

A. Adaptarse o familiarizarse con el problema:

La primera fase del proceso de investigación implica la adquisición de información relevante para el problema en cuestión. Esto incluye la identificación de los elementos involucrados y la comprensión de las conexiones existentes entre estos elementos. Es

esencial establecer un punto de partida claro y definir el objetivo deseado. Sin embargo, es crucial evitar apresurarse en este proceso, ya que la precipitación puede llevar a resultados no deseados. De Guzmán propone varias estrategias para investigar el problema, incluyendo la observación cuidadosa del problema, la visualización de los elementos involucrados, la consideración de las conexiones entre los elementos, la confirmación de la situación inicial y final, y la manipulación del problema.

En cuanto a la manipulación de un problema, existen diversas técnicas para explorarlo y analizarlo. Estas pueden incluir el uso de esquemas, la aplicación de métodos de ensayo y error, y el uso de un lenguaje apropiado, entre otros. Estos enfoques se consideran y reflexionan durante la fase de búsqueda de estrategias. Durante esta etapa inicial, es común que el problema consuma la atención y el pensamiento de quienes intentan resolverlo, especialmente si se ha dedicado tiempo a considerar posibles soluciones. Al concluir esta fase, es esencial tener una comprensión clara del enfoque adecuado para abordar el problema.

Considerando lo anterior, es posible relacionar esta fase de búsqueda de estrategias con la resolución de problemas en el contexto de la física, específicamente en el ámbito de las leyes de Newton. Durante esta etapa, el estudiante debe dedicar el tiempo necesario para analizar las características específicas del problema, como los datos proporcionados, la conversión de unidades y la incógnita a resolver, entre otros aspectos relevantes. Además, es importante considerar las posibles formas de abordar y resolver el problema de manera efectiva.

B. Búsqueda de estrategias diversas:

Cuando se enfrenta a un problema, es común que una primera idea para resolverlo surja de inmediato. Sin embargo, no debemos conformarnos con esta primera idea y debemos explorar múltiples estrategias posibles antes de decidir cuál es la más adecuada. Este paso es de vital importancia, incluso si tenemos una idea clara y estamos seguros de que es la correcta para resolver el problema. No debemos olvidar que la fase consiste en buscar varias estrategias posibles. De (Guzmán, 1995), citado por Asencio (2013, p. 29), propone algunas pautas generales para construir las estrategias necesarias en la resolución

de un problema, tales como: comenzar por lo más fácil, experimentar con elementos asociados al problema, realizar un esquema, una figura o un diagrama, utilizar un lenguaje adecuado, buscar un problema similar, aplicar inducción y suponer que el problema está resuelto.

En el contexto de la resolución de problemas basados en las Leyes de Newton, durante esta fase, el estudiante puede construir estrategias a partir de lo más sencillo. Por ejemplo, el estudiante puede elaborar un esquema, un diagrama o simplemente explicarlo en su propio lenguaje, estableciendo los pasos que debe seguir para resolverlo. Sería ideal que el estudiante incluya en su diagrama la identificación de las fuerzas y sus efectos como primer paso, luego la representación visual de las fuerzas, seguido de la presentación de las ecuaciones físicas correspondientes y la resolución de los componentes de las mismas, y así sucesivamente hasta obtener todos los pasos necesarios para resolver el problema. De esta manera, el estudiante puede analizar si estos pasos serán realmente útiles para resolver el problema o si es necesario considerar otra estrategia menos compleja.

C. Progreso de la estrategia:

Una vez que se ha familiarizado con el problema y seleccionado la estrategia o estrategias para su resolución, el siguiente paso consiste en implementar alguna de estas estrategias. En ocasiones, el problema puede parecer sencillo y la estrategia para su solución puede ser evidente. Sin embargo, cuando el problema es más complejo, el estudiante puede sentir que ninguna de las estrategias posibles conducirá a la solución. En estos casos, es apropiado permitir un período de incubación.

La incubación es una etapa del proceso de resolución de problemas en la que el estudiante permite que su mente trabaje de manera subconsciente en la búsqueda de soluciones. Tradicionalmente, el proceso de resolución de problemas se divide en cuatro etapas: preparación, incubación, iluminación y verificación. Las etapas de preparación y verificación pueden seguir una estructura sistemática, mientras que las etapas de incubación e iluminación son más subjetivas y no pueden ser estructuradas con reglas predefinidas.

Durante la incubación, la mente continúa trabajando en el problema de manera involuntaria, y es común que surjan ideas y soluciones de manera repentina. Esta iluminación repentina es bastante frecuente, ya que todos tenemos acceso constante a esta experiencia.

Finalmente, una vez que se ha seleccionado una estrategia para abordar el problema, es importante seguir el plan de acción que esta estrategia requiere hasta el final. En esta etapa, es crucial no abandonar el problema ante las dificultades que puedan surgir, pero también es importante no obsesionarse con seguir una sola línea de pensamiento si el proceso se vuelve cada vez más complejo. Un experto en resolución de problemas es capaz de intuir rápidamente cuándo un camino no tiene salida en un problema difícil.

D. Reflexión sobre el proceso de resolución del problema

Al concluir la fase anterior, pueden presentarse dos situaciones: haber logrado resolver el problema o no, a pesar del esfuerzo realizado. Sin embargo, incluso si no se ha logrado resolver el problema, esto no significa que no se haya progresado en los procesos de pensamiento.

Es importante reflexionar sobre las acciones y el proceso llevado a cabo para alcanzar el objetivo. Esto se realiza mediante un protocolo de reflexión. La reflexión debe abordarse desde dos perspectivas: una centrada específicamente en el problema que se ha intentado resolver, y otra más general que indague en los bloqueos, habilidades, tendencias, etc.

La actividad de “Examinar el camino seguido” implica responder a preguntas como las siguientes: ¿Cuáles han sido los cambios en el proceso de resolución del problema? ¿Qué te ha motivado a seguir adelante? ¿Fueron acertadas las estrategias utilizadas? ¿Por qué no fueron acertadas las estrategias seleccionadas? ¿Cómo surgieron las nuevas ideas?

Esta reflexión es crucial para aprender de la experiencia y mejorar en futuros intentos de resolución de problemas. También se puede enfocar en la actividad de “Extraer más provecho de este problema”, que consiste en identificar lecciones aprendidas y oportunidades de crecimiento a partir de la experiencia.

La actividad de “Extraer más provecho de este problema” busca entender por qué los elementos que intervienen en el problema son válidos y cómo se entrelazan hasta obtener la solución. También es recomendable analizar si se podría realizar todo de una manera más simple. Es decir, consiste en explorar hasta dónde llegan las ideas que han surgido.

En referencia a lo expuesto por (Asencio, 2013), la contribución de Guzmán para este trabajo es invaluable y representa una alternativa viable para lograr un cambio en la habilidad de resolución de problemas en los estudiantes. Los 4 pasos propuestos por De Guzmán para resolver un problema presentan una secuencia lógica que permite al estudiante familiarizarse con el problema, comprobar la efectividad de diversas estrategias para resolverlo y replantearlas en caso de que no hayan funcionado.

Se cree que el hecho de que el estudiante revise constantemente su proceso de resolución de problemas a través de las dos perspectivas: “Examinar el camino seguido” y “Extraer más provecho de este problema”, permite que el estudiante transforme su visión abstracta e incapaz de resolver problemas, no solo en matemáticas, sino también en otras ciencias exactas como la física.

Por lo tanto, la actividad de “Extraer más provecho de este problema” busca comprender la validez de los elementos que intervienen en el problema y explorar la posibilidad de una resolución más simple. El enfoque propuesto por De Guzmán es valioso para mejorar la habilidad de resolución de problemas en los estudiantes, permitiéndoles revisar constantemente su proceso y transformar su visión sobre la resolución de problemas.

De (Guzmán, 2007) sostiene que la preparación para una enseñanza desde la resolución de problemas requiere una dedicación personal, seria y profunda y que no basta solo con saber unos cuantos trucos superficiales, sino de adquirir nuevas actitudes que calen y se vivan profundamente. “A mi parecer esta tarea se realiza más efectivamente mediante la formación de pequeños grupos de trabajo pues el trabajo en grupo en este tema, tiene una serie de ventajas importantes” (p. 38 y 39)"

El trabajo colaborativo en la enseñanza de la resolución de problemas ofrece varias ventajas:

- Proporciona la posibilidad de un enriquecimiento significativo, al permitir percibir las diversas formas de abordar una misma situación-problema.
- Permite la aplicación del método desde diferentes perspectivas, ya sea como moderador del grupo o como observador de su dinámica.
- Genera apoyo y estímulo para tareas que pueden resultar difíciles debido a su complejidad y constancia requerida.
- Posibilita la contrastación de los progresos que el método puede generar tanto en uno mismo como en los demás.
- Brinda la oportunidad de prepararse mejor para ayudar a los estudiantes en una labor similar, con un mayor conocimiento de los factores que influyen en diferentes circunstancias y personas.

Esto permite deducir que el trabajo colaborativo puede ser una estrategia oportuna y eficaz en la búsqueda de esa preparación en los estudiantes, para que desde la enseñanza puedan acoger y adaptarse fácilmente a una enseñanza enfocada en la resolución de problemas en matemáticas.

En esta investigación, el autor propone el uso de procesos metacognitivos, expuestos por De Guzmán con respecto a la secuencia de procesos lógicos, heurísticos y metacognitivos para la obtención de resultados con mayor eficacia en la resolución de problemas, relacionados con las Leyes de Newton.

Diversos investigadores educativos acerca de la enseñanza tradicional, convergen en consecuencias negativas de la habilidad de razonamiento (Castiblanco, 2008), la ausencia en la conexión de conceptos con el mundo real, y la constante creencia de que solo hablando se puede enseñar, estas son algunas situaciones descubiertas por McDermott (1998). Esto permite afirmar que al relacionar los conocimientos impartidos durante la enseñanza con la realidad es posible captar la atención de los estudiantes y esto potencie la comprensión y adquisición del conocimiento en sí.

En este mismo orden de ideas, la investigación de Castillo (2018) en un liceo privado del municipio Naguanagua de la Gran Valencia – Venezuela, concluyó que los estudiantes mostraron una actitud poco o medianamente favorable hacia el aprendizaje de la Física. Si bien ellos reconocen la relevancia de esta materia para la sociedad, esto no mitiga la ansiedad e inseguridad que sienten al realizar ejercicios, por otra parte, algunos hasta se aburren en clase. No obstante, esa misma investigación demostró que las clases presenciales apoyadas con actividades mediadas por las TIC pueden cambiar las actitudes negativas hacia la Física y lograr una comprensión más profunda de los contenidos programáticos

La conexión entre las teorías de Pólya, Schoenfeld y De Guzmán se puede establecer a través del enfoque de la resolución de problemas en el contexto de la física y las Leyes de Newton. Pólya y Schoenfeld proponen estrategias y herramientas para mejorar la resolución de problemas en el ámbito de la física y las matemáticas, mientras que De Guzmán plantea la importancia de los procesos metacognitivos en la obtención de resultados eficaces en la resolución de problemas.

Al integrar estas teorías, se puede explorar cómo el uso de estrategias metacognitivas, como las propuestas por De Guzmán, puede potenciar el aprendizaje de los estudiantes en la resolución de problemas relacionados con las Leyes de Newton. Esto implica reconocer los procesos iniciales llevados a cabo por los estudiantes, caracterizar el cambio en los procesos de resolución de problemas después de aplicar una unidad didáctica y describir cómo los estudiantes van desarrollando una mejor comprensión de la física a medida que resuelven problemas sobre las Leyes de Newton.

4.3.5 Modelo de resolución de problemas de Colombo

En el área de la física, (Colombo, 1998) propuso la solución de problemas como un programa de investigación, en el cual se plantea una hipótesis y unos supuestos necesarios que permiten el diseño de estrategias experimentales conducentes a la solución.

Este modelo requiere (Colombo, 1998):

1. Profundizar en leyes y principios físicos.

2. La adquisición de técnicas experimentales para recolectar datos y para su procesamiento.
3. El uso de criterios de validación para controlar los resultados.

Si bien, este modelo es específico del campo de las ciencias naturales, consideramos que está muy ligado al método científico y no permite la reflexión, la crítica, la regulación de los procesos cognitivos, sino que enfatiza en la compatibilidad entre las teorías científicas y las observaciones hechas por los estudiantes; es decir, parece estar más vinculado a la realización de ejercicios.

4.3.6 Modelo de resolución de problemas de Tamayo

Bajo la concepción de este autor, la didáctica de las ciencias desarrolla el pensamiento crítico, dejando de lado los principios teóricos, prestando importancia a la formación de individuos que sean críticos en su pensamiento y accionar, con las herramientas proporcionadas en la escuela (Tamayo et al., 2014). Ante esto, los autores en lugar de pasos, caracterizan cinco niveles para la resolución de problemas, los cuales sirven para medir de cierta forma la tendencia o el avance en la forma de resolver problemas; es decir, cómo avanzan en su complejidad.

(Tamayo et al., 2014), plantean entonces que estos niveles resolutivos del problema se mueven hacia otros de mayor exigencia, en la medida que los profesores desarrollan intencionadamente ciertas habilidades durante los procesos de intervención didáctica. La tabla 1 sintetiza algunos de los aspectos centrales de cada nivel:

Tabla 1 Niveles de resolución de problemas.

Niveles	Características
1	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante realiza descripciones simples del problema recurriendo a las vivencias personales. -En este nivel no se potencian las habilidades cognitivas y metacognitivas. -Se emplean lenguajes tautológicos, elaboración de ideas ambiguas y uso de datos presentados en el problema para construir la respuesta. - Son desempeños cotidianos de los estudiantes.
2	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante realiza redescpciones de la experiencia o del problema de manera libre. - Emplea opiniones, analogías y describe lo que sintió durante la experiencia o la solución del problema. - Los estudiantes emplean información almacenada en su memoria.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Se destaca la identificación de una o dos variables expuestos en la resolución de problemas, sin establecer relaciones. - Los estudiantes no realizan redescpciones tautológicas o libres de la experiencia o del problema. - Empleo de representaciones mentales para determinar la magnitud del problema. - No emplean estrategias para guiar la solución del problema.
4	<ul style="list-style-type: none"> - Los estudiantes identifican variables y las relacionan inadecuadamente en una experiencia. Por tanto, no resuelven el problema adecuadamente. - Los estudiantes identifican propiedades y características de la situación problema. - Se pueden identificar categorías que no hace parte del problema y pueden pertenecer a otros contextos.
5	<ul style="list-style-type: none"> - Los estudiantes resuelven el problema adecuadamente.

	<ul style="list-style-type: none"> - Justifican y relacionan las variables del problema y pueden o no justificar dichas relaciones. - Los estudiantes implementan heurísticos para la resolución de problemas. - En ocasiones los estudiantes presentan respaldos teóricos.
--	--

Fuente. (Tamayo et al., 2014)

Una vez revisados varios métodos para la resolución de problemas, puede verse que todos son de gran utilidad y muestran sistematicidad en el proceso; sin embargo, para efectos de esta investigación desarrollaremos precisamente el método de Tamayo et al., (2014) pues permite que se haga la resolución de problemas paso a paso, considerando las variables involucradas, en caso de haber error, se detecta y se procede nuevamente a la resolución del problemas, permitiendo al estudiante llegar a la solución y la posibilidad de reconocer sus errores y corregirlos. Además, es una categoría pensada para el estudio de las didácticas de las ciencias.

En tal sentido, el método de (Tamayo, 2014), se sustenta en los siguientes pasos, cuya teorización e implementación es bastante simple:

- El estudiante describe el problema desde la perspectiva de su vivencia: etapa de inicio donde se evalúa el problema con la ayuda del profesor
- El estudiante describe de manera de manera libre sin ayuda externa: etapa secundaria donde se evalúa el problema de forma independiente
- El estudiante identifica las variables que necesita resolver para finalizar el problema: etapa terciaria donde el estudiante caracteriza el problema una vez comprendido de forma independiente.
- El estudiante identifica propiedades del problema relacionado con las variables encontradas: etapa donde el estudiante identifica las variables que tiene que resolver y los datos de los que dispone para lograrlo.

- El estudiante formula las ecuaciones y calcula las variables identificadas: etapa definitoria, donde el estudiante ubica las ecuaciones y realiza los cálculos para conocer el valor de las variables identificadas.

5 METODOLOGÍA

5.1 ENFOQUE Y ALCANCE

Derivado del problema de investigación, el estudio es cualitativo en la medida en que se hacen análisis de datos de esta naturaleza, dado que pretende caracterizar el nivel de resolución de problemas acerca de la Segunda Ley de Newton. Según Hernández et al., (2014) la investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorando desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto. Debido a este interés particular, el trabajo no recogió datos numéricos ni presentó resultados cuantitativos. Además, la naturaleza del fenómeno es cualitativa, pues la información proporcionada fue resultado de un instrumento de lápiz y papel, lo que no implicaba un tratamiento estadístico.

Este estudio es descriptivo, puesto que no se efectuó comprensión profunda sobre el fenómeno, más bien se trabajó en función de la identificación del nivel de resolución de problemas que tienen los estudiantes. En este sentido, es conveniente señalar lo descrito por Arias (2012), cuando manifiesta que la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo; asimismo, se ubica en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos.

En forma general, la investigación cualitativa descriptiva se centra en la descripción detallada de fenómenos y contextos específicos desde una perspectiva subjetiva. Como se ha referido se basa en métodos cualitativos como el instrumento con preguntas abiertas y el análisis de datos cualitativos.

En una investigación descriptiva, el investigador tiene un papel activo y sujeto, reconociendo su influencia en el proceso de recopilación y análisis de datos. Se fomenta la reflexividad y la consideración de las perspectivas y experiencias del investigador, ya que esto puede influir en la interpretación de los datos y en la comprensión del fenómeno estudiado.

Es importante destacar que una investigación cualitativa descriptiva no busca establecer relaciones causales ni generalizaciones estadísticas, sino más bien comprender en profundidad y de manera contextualizada los fenómenos específicos bajo estudio.

5.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO

La población de estudio para esta investigación estuvo compuesta por los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Alicia Amador Elvira, ubicada en el municipio de Puerto Rico, en el departamento del Meta, Colombia. Esta institución es reconocida por su compromiso con la educación de calidad y la formación integral de sus estudiantes, cuenta con una única sede.

La institución está ubicada en la zona urbana de Puerto Rico, Meta, con dirección en Ind Centro, ofrece los niveles de Preescolar, Básica Primaria, Básica Secundaria y Media. Los grados que se imparten van desde el 0 hasta el 11, y también incluyen los grados 21, 22, 23, 24, 25, 26, y 99.

Implementa varios modelos educativos, incluyendo Transformemos, Programa para Jóvenes en Extra-edad y Adultos, A Crecer, Educación Tradicional, Telesecundaria, Aceleración del Aprendizaje, y CAFAM.

Puerto Rico es un municipio colombiano situado en el sur del departamento del Meta. Aunque la mayor parte de las tierras del Departamento del Meta forman parte de la Región Orinoquía, el municipio de Puerto Rico es de carácter amazónico. La economía de la región ha sido impactada por la presencia de cultivos de uso ilícito. Además, la región ha experimentado un recrudecimiento en los casos de violencia armada, especialmente durante el 2020. Colegios Colombianos (s.f.).

Las comunidades de la región perciben una situación histórica de exclusión, y la presencia de población afrodescendiente e indígena quienes han resultado directamente afectados por las acciones de violencia armada (Equipo Local de Coordinación (ELC) Meta-Guaviare, 2020).

El contexto de la investigación se centra en el análisis de los niveles iniciales de resolución de problemas sobre las leyes de Newton. Estos problemas son fundamentales en el estudio de la física y requieren una comprensión sólida de los principios y conceptos físicos para su resolución. Los estudiantes de décimo grado están en una etapa crucial de su educación, donde están comenzando a profundizar en estos conceptos y a aplicarlos en la resolución de problemas.

5.3 UNIDAD DE TRABAJO

El grado en el que se desarrolló la presente investigación corresponde a 10°, en el cual se orienta el tema según los estándares de ciencias naturales. Este grupo cuenta con 20 estudiantes, entre mujeres y hombres con edades comprendidas entre los 14 a 18 años. Se realizó el análisis con la totalidad de estudiantes.

5.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El trabajo con seres humanos y en especial con menores de edad, requiere el empleo de instrumentos que garanticen la protección de identidad de los estudiantes, así como el buen uso del manejo de los datos. Para ello, se socializará con los padres y acudientes de los estudiantes los propósitos del trabajo y el manejo que se dará a la información.

Una vez socializada la información con los padres de familia y estudiantes, estos firmaron los consentimientos informados (ver anexo 1), que garantizan el uso y manejo de datos siempre protegiendo la identidad e información personal de los estudiantes.

5.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis corresponde a los niveles de resolución de problemas que poseen los estudiantes acerca de las leyes de Newton:

Tabla 2 Categoría de análisis.

Categoría	Subcategoría	Dimensiones	Indicadores
Resolución de problemas sobre las leyes de Newton	Niveles de resolución de problemas sobre las leyes de Newton (Tamayo et al., 2014, 2015)	Nivel 1	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante realiza descripciones simples del problema recurriendo a las vivencias personales sobre las leyes de Newton. - El estudiante emplea lenguajes tautológicos, ideas ambiguas y datos presentados en el problema para construir la respuesta.
		Nivel 2	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante realiza redescriptiones de la experiencia o del problema de manera libre sobre las leyes de Newton. - El estudiante emplea opiniones, analogías y describe lo que sintió durante la experiencia o la solución del problema sobre las leyes de Newton.
		Nivel 3	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante identifica una o dos variables expuestas en la resolución de problemas sobre las leyes de Newton, sin establecer relaciones. - El estudiante no emplea estrategias para guiar la solución del problema sobre las leyes de Newton.
		Nivel 4	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante identifica variables y las relaciona inadecuadamente en una experiencia sobre las leyes de Newton. Por tanto, no resuelven el problema adecuadamente. - El estudiante identifica propiedades y características de la situación problema sobre las leyes de Newton.

			- El estudiante puede identificar categorías que no hacen parte del problema sobre las leyes de Newton y pueden pertenecer a otros contextos.
		Nivel 5	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante resuelve el problema sobre las leyes de Newton adecuadamente. - El estudiante justifica y relaciona las variables del problema sobre las leyes de Newton y puede o no justificar dichas relaciones. -El estudiante implementan heurísticos para la resolución de problemas sobre las leyes de Newton. - El estudiante en ocasiones presenta respaldos teóricos sobre las leyes de Newton.

Fuente. Adaptado de Tamayo et al., (2014, 2015)

5.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de este trabajo, se tuvo en cuenta como técnica para recoger información un instrumento de lápiz y papel, el cual fue previamente validado a través de juicio de dos expertos y una prueba piloto.

Se diseñó como un cuestionario estructurado con base a dos casos, del cual se desprendían 9 ítems (ver anexo 2) con preguntas abiertas relacionadas con la resolución de problemas sobre las leyes de Newton, para un total de 18 respuestas obtenidas por estudiante.

5.7 DISEÑO METODOLÓGICO

La figura 1 sintetiza el diseño metodológico de la propuesta de investigación:

Figura 1. Diseño metodológico



5.8 PLAN DE ANÁLISIS

Una vez recogida la información, esta fue transcrita de forma literal y sistematizada en matrices elaboradas en el programa Word. Para su análisis, se empleó como técnica del contenido, que consistió en seleccionar los marcadores discursivos empelados por los estudiantes, teniendo en cuenta los indicadores presentados en la tabla 2. Para identificar los marcadores, se empleó la colorimetría para cada nivel de resolución de problemas, la cual se explica en el apartado de análisis.

Una vez seleccionados los marcadores discursivos, se ubicó a los estudiantes en tendencias según los niveles de resolución de problemas hallados. Para el ejercicio de validez y rigurosidad se empleó la triangulación teórica que permitió respaldar las inferencias realizadas por el investigador con los autores empleados en los antecedentes, el marco teórico y otros identificados en la literatura.

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se presentan los resultados y sus respectivos análisis. Cabe aclarar que solo se relacionan los datos del momento inicial; es decir, los niveles de resolución de problemas sobre las leyes de Newton, dado que no se realizó intervención didáctica. Estos resultados fueron el insumo para aportar lineamientos didácticos que favorezcan la elaboración de unidades didácticas la resolución de problemas sobre las leyes de Newton.

Para una buena interpretación de los análisis por parte del lector, se presenta a continuación la codificación empleada:

- Los estudiantes se nominaron con el nombre o apellidos de físicos reconocidos a lo largo de la historia (ver tabla 3):

Tabla 3 Codificaciones estudiantes

Físicos con los que se nominaron los estudiantes				
1. Einstein	2. Newton	3. Coulomb	4. Torricelli	5. Descartes
6. Becquel	7. Ohm	8. Galilei	9. Copérnico	10. Hawking
11. Marconi	12. Crick	13. Walton	14. Volta	15. Arquímedes
16. Tesla	17. Curie	18. Faraday	19. Fermi	20. Maxwell

- Para identificar la respuesta se asignó la letra R acompañada del ítem que corresponda en el caso (ítems de a hasta i) y del del caso con el número al cual equivale; por ejemplo, RaCaso1 significa respuesta al ítem a del primer caso (ver anexo 2). Cabe aclarar que las respuestas de los estudiantes se transcribieron de manera literal.

- Finalmente, para identificar los marcadores discursivos y teniendo en cuenta los indicadores de la tabla 2, se empleó el uso de colores para reconocer cada nivel, así:

Nivel 1: rojo

Nivel 2: verde

Nivel 3: morado

Nivel 4: naranjado

Nivel 5: azul

En las siguientes páginas se presenta el análisis de los niveles de resolución de problemas encontrados sobre las Leyes de Newton.

6.2 ANÁLISIS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

Una vez recogida y procesada la información, se obtuvo un total de 360 declaraciones escritas de los estudiantes (sumando también los dibujos), de las cuales se puede afirmar que la totalidad de los 20 estudiantes se ubican en el nivel 1 de la resolución de problemas. Cabe aclarar que durante el ejercicio analítico se resaltaron algunas expresiones que se ubicaban en otro nivel; sin embargo, no lograron ubicarse en niveles sintéticos (mezcla clara entre varios niveles), sino que la mayoría de sus respuestas tendieron al primer nivel.

A continuación, algunos ejemplos de respuestas de los estudiantes:

RaCaso1Einstein: “*ella necesita saber si los huevos están crudos o cocidos*”.

RcCaso1Einstein: “*1. Tratar de mover los huevos para saber si se siente el líquido de las claras.*

2. Golpear los cascarones”.

b. Representa el problema gráficamente



RbCaso1Becquel:

RdCaso2Volta: “- *Coloca la moneda en el centro de la hoja de papel,*

- sujeta firmemente un extremo de la hoja,

- mueve la hoja de forma rápida en una dirección horizontal, - observa como su moneda permanece en su lugar.”

RgCaso1Maxwell: *“si, el resultado es correcto porque el método de hacer girar el huevo se basa en la física del movimiento y el estado interno del huevo”.*

En las respuestas se puede inferir que los estudiantes responden a las preguntas de manera superficial y a partir de lo cotidiano. En el caso de Becquel, se evidencia en su dibujo que solo grafica el problema; es decir, que lo redescrive como está en el enunciado: dibuja a Daniela quien llega a casa y encuentra los huevos, dibuja el signo de interrogación indicando que hay una pregunta. Al respecto, Tamayo et al., (2014), Tamayo (2014) y Zona y Giraldo (2017) refieren que los estudiantes que se ubican en estos niveles tienden a redescibir la experiencia a partir del enunciado a partir del sistema sensorial. Así pues, los estudiantes no logran comprender con claridad qué les está pidiendo el problema y como lo señalan Hinojosa y Sanmarti (2013), si los estudiantes no simplifican y abstraen bien la situación problemática, no pueden aplicar adecuadamente las Leyes de Newton.

Einstein por su parte, dentro del plan que relata que debe mover los huevos, aunque no precisa de qué forma, indicando entonces según las leyes de Newton que un objeto debe ponerse en movimiento. Además, luego recurre a explicar que el movimiento es para sentir si los fluidos internos del huevo se mueven o no y descifrar si están cocidos. Camilloni (2001), explica que esta tipología de repuestas se caracteriza por búsquedas prematuras de afirmaciones a partir de las experiencias vividas, a través de las cuales el alumnado piensa que la ciencia se construye sobre experiencias simples, el denominado obstáculo facilidad.

Por su parte, llama la atención la respuesta de Maxwell, en la que explica que movería rápidamente la hoja de manera horizontal, la cual es una posible solución, pero no aclara más allá relacionando variables como el estado de reposo, la inercia, el movimiento rectilíneo u otros. Silverman (1987), señala que, en casos como este, el estudiante puede emplear conceptos que solamente comprenden en apariencia, como es el caso de movimiento o fuerzas, que, de acuerdo con Olave et al., (2019) son conceptos invisibles que causan dificultad para comprender y representar.

El tipo de respuestas encontradas, también puede estar relacionada con obstáculos didácticos que se construyen en el aula. Zona y Loaiza (2017) son enfáticos en afirmar que,

si los estudiantes solo se exponen a problemas tradicionales, no tienen heurísticos para resolver problemas nuevos y desafiantes, por lo que sus respuestas se constituyen en desempeños cotidianos (Llorens y De Jaime, 1995; Sanmarti e Izquierdo, 1997; Sardá y Sanmarti, 2000).

Para seguir ampliando los hallazgos y análisis respecto a por qué los estudiantes se ubican en el nivel 1 de resolución de problemas, se presentan más ejemplos de respuestas:

RfCaso1Coulomb: “para saber la solución del problema podemos *mover el huevo* y así podremos saber *su peso* ya que cambia”.

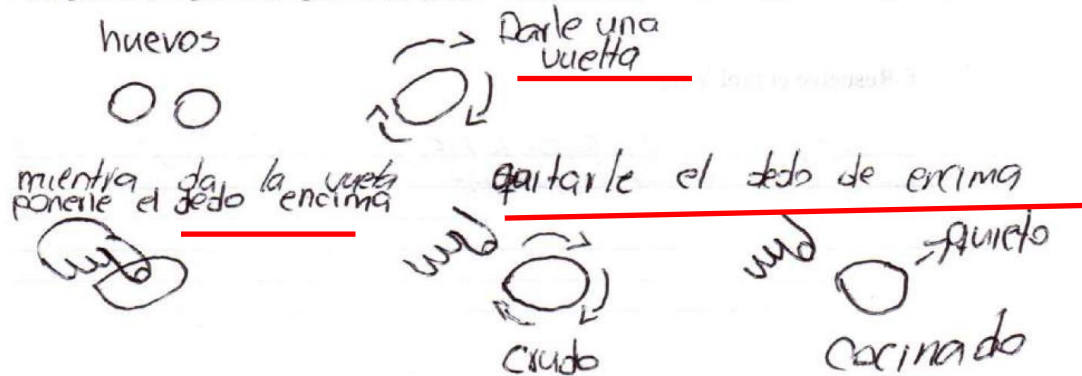
RfCaso2Ohm: “Lo que hacía para resolver el problema será *mover un pedazo de la hoja sin que se la moneda se mueva*”.

RdCaso1Copérnico: “- *Llamar a la mamá*
– *implementar un protocolo de preparación y manipulación de alimentos*”.

RiCaso2Curie: “pues el único método que encontré fue ese no se si hayan más”.

RbCaso1Newton:

b. Representa el problema gráficamente



RaCaso2 Hawking: “Encima de una hoja hay una moneda y toca quitarla sin que se mueva”.

Con relación a las respuestas presentadas, se puede evidenciar que los estudiantes recurren a sus vivencias personales; se observa, por ejemplo, cómo Newton idea una ruta en la que usa el dedo para frenar el huevo, aunque en ello se ve reflejada la primera ley de Newton, pues el dedo ejercería una fuerza externa, Newton no explica de manera

clara el proceso, ya que no emplea conceptos como la inercia y el movimiento rectilíneo uniforme. Sin embargo, Ortiz (2010), refiere que hay malas interpretaciones de estudiantes e incluso de profesores respecto a la primera ley de Newton, ya que consideran la idea de oposición de un cuerpo, aludiendo a una voluntad de un cuerpo inerte, pero el estudiante Newton explica cómo sobre el cuerpo (huevo) actúa una fuerza (el dedo) para encontrar reposo o para seguirse moviendo (aunque no explica de qué tipo); no obstante, no es suficiente su explicación para ubicarlo en otro nivel, sobre todo por el empleo de expresiones cotidianas.

Con Copérnico, sucede lo mismo. Para él es obvio que la manera más clara, desde su experiencia, es llamar a su mamá, quien le podrá indicar si los huevos están cocinados o crudos, develando el uso del conocimiento previo o de explicaciones basadas en la vivencia. Para Koedinger y Nathan (2004), durante la fase de comprensión el sujeto construye las representaciones internas que le permitirán entender la situación planteada, mientras que, en la fase de solución, operará con estas representaciones internas, así como con representaciones externas para arribar a la respuesta del problema, así que, si su primera idea se relaciona con algo tan simple como una llamada, para el estudiante allí está la solución. bibliográficas o apropiación de contenidos científicos transmitidos en el aula de clase.

De Copérnico, llama la atención cómo se sale del tema agregando como método *implementar un protocolo de preparación y manipulación de alimentos*, lo que no tiene ninguna relación con el cuestionamiento del ítem. El ejemplo de Copérnico lleva también a reflexionar en cómo el estudiante busca resolver un problema de la manera más rápida posible y en la dificultad que representa establecer un plan o una serie de pasos para resolver la situación problemática. Como lo afirman Coronel y Curotto (2008), el fracaso de los alumnos en la resolución de problemas se atribuye generalmente a carencias en estrategias y habilidades de resolución, pero también a la ausencia de conocimientos necesarios para abordar este proceso.

En el caso de Ohm, se ve con claridad el uso de tautologías, pues simplemente escribe *mover un pedazo de la hoja sin que la moneda se mueva*, que es exactamente lo

que solicita el enunciado del problema. Al respecto, Martínez y De Longhi (2013) señalan que cuando un estudiante intenta resolver un problema, debe elaborar una estrategia para hacerlo, sin saber exactamente cómo, tarea de gran demanda cognitiva para la persona, por lo que recurrentemente explican el problema con las mismas palabras que este se presenta; por lo tanto, la lectura y la comprensión del texto, puede ser el primer obstáculo que podría encontrar un estudiante al intentar resolver el problema (Sánchez, 1995; Martínez y De Longhi, 2013.).

En la misma línea, Tamayo y Sanmartí (2005) señalan que los estudiantes emplean representaciones lingüísticas superficiales a la hora de escribir, lo cual se ve reflejado en las tautologías, las cuales son palabras extraídas del texto original. Los mismos autores refieren que el uso de estas tautologías se constituye en un obstáculo para la evolución conceptual y por tanto se deben trabajar para comprender el problema, proponer planes, identificar variables y buscar una solución.

Dentro de los análisis llamó la atención Marconi, debido a algunas de sus respuestas:

RcCaso1Marconi: “- *prueba de luz.*

- *prueba de agua*

- *prueba del peso”.*

RfCaso1Marconi: “- *Llenar un recipiente con agua fría*

- *Coloca un huevo en el recipiente*

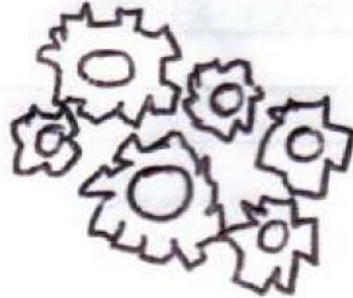
- *Observar lo que sucede*

Resultados

Si se hunde en el fondo del recipiente es que este crudo. Si el huevo flota o se queda suspendido en el agua es que este cocido”.

RbCaso2Marconi:

b. Representa el problema gráficamente



RcCaso2Marconi: - *Identifica el tipo de movimiento que realiza la moneda que se mueve (translación, rotación, vibración).*

- *Analiza el movimiento de **la moneda que se mueve en relación con que la moneda no se mueve.***”.

RdCaso2Marconi: “- *Preparación*

- *Observación inicial*

- ***Movimiento de la hoja de papel***

- *Analiza el movimiento*

- *Verificación*”.

ReCaso2Marconi: “*Si estoy seguro que el problema determina el movimiento de una moneda que se mueve en relación con otra moneda que no se mueve utilizando una hoja de papel como superficie*”.

RfCaso2Marconi: “*Mueve la hoja de papel suavemente en diferentes direcciones arriba abajo izquierda derecha diagonalmente*”.

De RcCaso1Marconi, es interesante que proponga tres métodos distintos para resolver el problema, aunque no explica en qué consiste cada uno. Sin embargo, se infiere que estas diferentes posibilidades de resolver el problema son tomadas de ideas y experiencias previas. Dentro de los métodos, propone el del peso, que es una fuerza

(gravitatoria), refiriéndose a que posiblemente el huevo crudo puede ser más pesado en comparación con el crudo. Sobre ello, Olave et al., (2019), explican que la mayoría de alumnos se refieren al peso como una fuerza de contacto que hacen las personas sobre los objetos con los que interactúan, lo que se convierte en una dificultad sobre la comprensión de la mecánica newtoniana.

Ahora, en RfCaso1, Marconi parece explicar la prueba del agua, la cual se usa en la vida cotidiana, para saber si el huevo está o no en buen estado para su consumo. Es de recordar, que los huevos pueden flotar o no en esta prueba por la porosidad en sus cáscaras y el aire que pasa a través de estos; es decir, que el huevo flota cuando realmente no está fresco porque naturalmente tiende a hundirse. Por lo tanto, la conclusión de Marconi no es correcta. Marconi, entonces, estaría trasladando el problema a la densidad y la flotabilidad de los cuerpos.

En la respuesta b al caso 2, Marconi dibuja una estrategia muy creativa que consistiría en usar varias monedas y varios trozos de papel, de tal forma que pudiese ensayar cuál es la forma correcta de quitar el papel sin mover la moneda, tal como lo explica en la respuesta d, en la que señala que compara a través de la observación una moneda que se mueve en relación con otra moneda que no se mueve utilizando una hoja de papel como superficie. Claramente, Marconi lo que busca es tener una prueba tangible y clara del movimiento que se llevaría a cabo para resolver el problema, lo que conlleva a un obstáculo de la realidad ingenua propuesto por Berkeley y Hume, el cual se basa en la idea de que la experiencia perceptual nos provee un acceso directo al mundo (Amado, 2018). Esto, representa una dificultad en la comprensión de las leyes de Newton, porque estas sirven para explicar y describir el movimiento de los cuerpos sometidos a una fuerza y una determinada aceleración, las cuales no son posibles de captar a través de los sentidos.

Ahora bien, en Rc del caso 2 llaman mucho la atención los tipos de movimiento que menciona Marconi: rotación, traslación y vibración, los cuales son conceptos abordados en la escuela, como es el caso de la rotación y la traslación de un cuerpo celeste, pero al emplearlos en esta explicación, se muestra la dificultad que tiene el estudiante para

comprender este concepto. García (2011) refiere que la principal dificultad que presentan los estudiantes es que asocian fuerza con movimiento, y no con el cambio del movimiento.

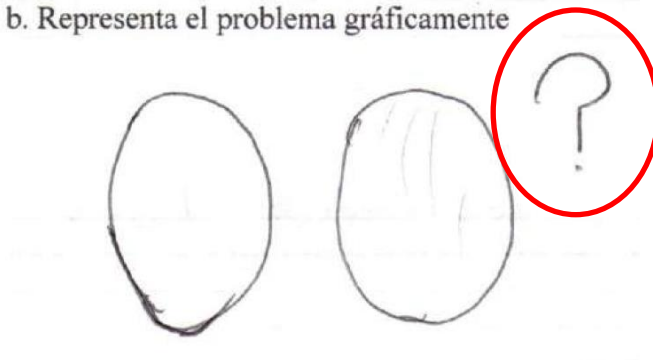
Todas estas dificultades que presentan los estudiantes en la comprensión del problema y de los conceptos se constituyen en obstáculos. Acerca de los problemas, la lectura y comprensión de los mismos parece constituirse en el primer obstáculo por parte de los estudiantes, pues dependiendo de los que ellos logren decodificar, podrán o no resolver el problema (Meyer y Hagerty, 1996; Sánchez, 1995; Nathan y Kintsch, 1992; Pérez et al., 2005; Buteler y Gangoso, 2001; Neto y Valente, 2001).

A continuación, se presentan otras respuestas de los estudiantes, que dan cuenta de la ubicación en el nivel 1 de la resolución de problemas:

cCaso2Walton: *“Deslizar la hoja de papel en una superficie plana y horizontal sin levantarla ni inclinarla”.*

RbCaso1Fermi:

b. Representa el problema gráficamente



RcCaso1Fermi: *“un método puede alumbrar los huevos con una linterna, si se miran totalmente oscuro este cocinado”.*

RcCaso2Crick: *“Levantar la hoja de papel por los bordes sin mover la moneda”.*

RbCaso2Descartes:

b. Representa el problema gráficamente



RfCaso1Arquímedes: “*el problema ya está resuelto, cocino los huevos en caso de estar crudos, y si están cocidos también me los como*”.

RfCaso2Arquímedes: “*el problema ya lo resolví, la moneda no se mueve a menos que haya una fuerza*”.

RiCaso2Tesla: “*solo es el método adecuado que es mover pedazo de hoja sin mover la moneda*”.

En las respuestas se sigue evidenciando el uso de lenguaje cotidiano y tautológico, en el que los estudiantes anteponen vivencias o en el que resaltan aspectos que parecen obvios, como es el caso de Arquímedes, para quien no es un problema que estén crudos o cocinados porque igual se va a comer los huevos. Respecto al mismo estudiante, en Rf del caso 2, señala que la moneda no se moverá a menos que haya una fuerza, pero no precisa que sea una fuerza externa; por lo tanto, no reconoce la inercia como una fuerza en la que los cuerpos conservan su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme. Hewson (1990) manifiesta que trabajar las leyes de Newton es complejo, debido a que los estudiantes llegan con una experiencia personal muy fuerte y con ideas intuitivas arraigadas que suelen convertirse en obstáculos para la construcción de conocimiento.

Por otro lado, en las respuestas de Tesla, Descartes, Crick y Walton se evidencia con claridad el uso de tautologías. Al respecto, Torres y Pantoja (2012) refieren que los estudiantes proponen de manera sencilla posibles soluciones al problema planteado sin dejar de lado la utilización de expresiones extraídas del mismo, lo cual se convierte en un obstáculo, pues finalmente no terminan comprendiendo qué deben hacer ni cual es el

propósito de la tarea que deben realizar. Esto, según Ruiz (2021) desde el punto de vista metacognitivo impide que los estudiantes puedan alcanzar niveles superiores en la resolución de problemas.

Teniendo en cuenta los análisis presentados, se pueden resaltar las siguientes dificultades encontradas en el grupo de estudio:

- Los estudiantes presentan concepciones de sentido común sobre el movimiento.
- Los estudiantes tienen concepciones relativamente indiferenciadas de movimiento, confundiendo los conceptos de posición y velocidad.
- Si los estudiantes deben predecir el movimiento de un objeto, predicen que el movimiento previo continuará, pero no indefinidamente (Hewson, 1990).
- Los estudiantes emplean tautologías para describir y solucionar los problemas.
- Los estudiantes tienden a confundir conceptos como masa, peso, densidad, fuerza y movimiento.
- Predomina el realismo ingenuo en el cual los estudiantes requieren percibir los fenómenos a través de los sentidos.
- El concepto de fuerza es abstracto y por tanto difícil de comprender.
- Existe una tendencia marcada a emplear lenguaje tautológico para explicar los problemas.
- Los métodos o procedimientos empleados por los estudiantes para resolver los problemas son completamente intuitivos y derivan de su experiencia cotidiana.
- Los estudiantes no logran identificar las variables que intervienen en el problema.
- Los estudiantes no siguen pasos estructurados para resolver el problema.
- Los estudiantes usan diferentes nociones de fuerza dependiendo del contexto.

- Los conceptos relacionados con las leyes de Newton, son invisibles o abstractos para los estudiantes, por lo que causan dificultad al comprenderlos y representarlos.
- Los estudiantes no se han enfrentado antes a la resolución de problemas, sino a los ejercicios tradicionales; por ello, es complejo entender el problema y proponer un plan para resolverlo.

6.3 LINEAMIENTOS DIDÁCTICOS PARA EL DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA SOBRE LAS LEYES DE NEWTON QUE FAVOREZCA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Teniendo en cuenta los resultados presentados en líneas anteriores, se proponen a continuación algunos lineamientos que pueden servir de base para que los profesores diseñen intervenciones didácticas que favorezcan la resolución de problemas. Cabe aclarar que estas orientaciones se realizan sobre la base de estos resultados, en tanto que no implican generalizaciones debido a que el contexto influye en los presaberes que tienen los estudiantes.

A continuación, se describen los lineamientos didácticos para que profesores de física diseñen unidades didácticas en función de favorecer la resolución de problemas sobre las leyes de Newton:

1. *Explorar los modelos explicativos de los estudiantes.* Además de reconocer los niveles de resolución de problemas, es importante describir los modelos explicativos que tienen los estudiantes sobre las leyes de Newton. Esto, permite a los profesores entender de manera más detallada qué saben los estudiantes sobre conceptos implicados en estas leyes y cómo los representan a través de distintos registros semióticos. Orrego et al., (2013) enuncian que los modelos explicativos son representaciones mentales de los estudiantes, las cuales son parte de las visiones del mundo; estos poseen una capacidad predictiva que permite evidenciar su carácter funcional, en cuanto a que a través de estos las personas pueden comprender y

explicar los sistemas físicos y sociales con los que interactúa, como también anticipar y predecir su comportamiento.

2. *Lograr conciencia sobre las representaciones que tienen los estudiantes.* Se sugiere socializar con los estudiantes los resultados del instrumento inicial para explicitar los conocimientos de los cuales disponen. Damasio (2001) señala la necesidad de incorporar la conciencia ampliada, la cual hace referencia al uso de representaciones en perspectiva meta-representacional; es decir, que el estudiante se haga consciente de sus representaciones para actuar reflexivamente con ellas. Esto, sin duda implica que el estudiante sea consciente de los conocimientos que tiene, de cómo resuelve un problema y así logre identificar que debe avanzar hacia otras perspectivas para resolver los problemas.

3. *Trabajar de forma explícita la resolución de problemas.* Sin duda, lograr que los estudiantes sean buenos resolutores de problemas implica un modelado por parte del profesor; es decir, que el docente explique de manera directa qué espera, cómo se resuelve un problema desafiante, cuáles son las variables involucradas, cómo se concibe un plan para resolver el problema y hacerlos conscientes de los conocimientos que necesitan para resolver problemas. La utilización del modelado brinda la posibilidad de reflexionar y discutir sobre la experiencia y sobre las evidencias que puedan obtener, como de relacionar esta experiencia con posibles mecanismos explicativos (Acher, 2012). De esta forma, es posible transitar gradualmente hacia niveles de resolución de problemas más sofisticados y complejos.

4. *Incorporar la metacognición.* La consciencia, el seguimiento y la evaluación son procesos fundamentales para el aprendizaje en dominios específicos (Hinojosa y Sanmartí, 2012). Ruiz (2021), resalta que la metacognición es necesaria para el desarrollo de la competencia de resolución de problemas, de hecho, actúan de manera sinérgica, dado que el estudiante puede agenciar su proceso de aprendizaje y tener control sobre sus estructuras conceptuales.

5. *Implementar laboratorios virtuales.* En este caso, se traslada el laboratorio al computador, representando experiencias que no pueden ser reproducidas convencionalmente en un laboratorio presencial (Paricio, 2014). Por ejemplo, en un

laboratorio habitual no se pueden visualizar muchos parámetros con los que sí se puede interactuar a través de los laboratorios virtuales. Para ello, se recomienda a los profesores realizar una búsqueda de los laboratorios que existen para el desarrollo de las Leyes de Newton; sin embargo, se invita a explorar *Fisilab*.

6. *Uso de Applets.* Los Applets son recursos proporcionados por Internet que emplean lenguaje Java. Según Paricio (2014), consiste en pequeñas simulaciones de fenómenos con un diseño sencillo. Implementar Applets puede vencer el obstáculo del realismo ingenuo encontrado en el grupo de estudiantes participantes, pues el observar variables que nos son perceptibles a simple vista para ellos, puede permitirles comprender que hay conocimiento más allá de nuestros sentidos.

7. *Uso del video.* Emplear imágenes dinámicas es una excelente opción para la comprensión de fenómenos físicos, sobre todo si no se cuenta con otros recursos como laboratorios o simuladores. Se sugiere filtrar videos de YouTube y EducaTube, analizando cuidadosamente que no repliquen errores conceptuales.

8. *Uso de laboratorios asistidos por ordenador (LAO).* Torres (2010) señala que no son software, pero dependen de él. Se componen básicamente de sensores de medida de muy diversas magnitudes físicas (posición, fuerza, temperatura, campo magnético, etc.), que se encargan de transformar la medida física en una tensión eléctrica que es procesada por el computador y ordenada en tablas y gráficos que facilitan el análisis de los fenómenos por parte de los estudiantes (Torres, 2010).

9. *Análisis de video mediante Tracker.* Esta es una excelente herramienta para la enseñanza de la física, en especial de la cinemática, permitiendo a los estudiantes realizar actividades para comprender la naturaleza del movimiento. Tracker es un software gratuito que mediante un entorno Java, permite seleccionar el fragmento de un video que contenga un movimiento real filmado y luego estudiarlo en una o dos dimensiones. Paricio (2014) explica que el programa recoge los datos, creando gráficas y tablas que los estudiantes pueden analizar para entender la física.

10. *Uso de cine foro.* Ortiz (2010) identificó cuatro películas que se pueden emplear para desarrollar el cine foro: Misión Marte, Impacto profundo, Guerra de estrellas y El ataque de los clones. La estrategia consiste en primer lugar en explicar

las leyes de Newton y posteriormente pasar cortos de las películas en las que se evidencien errores en fenómenos que van en contra de estas leyes. Finalmente, los estudiantes argumentan por qué es el motivo de las equivocaciones.

11. *Incorporar la historia y la epistemología.* Es sabido que incorporar la naturaleza de las ciencias en el aula, permite a los estudiantes ver la ciencia como una construcción humana y en tal sentido, que va cambiando a lo largo del tiempo. Es por ello que se sugiere presentar a los estudiantes la historia y evolución del concepto de fuerza, iniciando con las ideas de Aristóteles.

12. *Trabajar explícitamente en las tautologías.* Alejar a los estudiantes de la elaboración de textos superficiales en las que no se evidencian sus comprensiones sobre el problema, requiere un esfuerzo por parte de los profesores de explicar qué son las tautologías y cómo elaborar textos con coherencia que reflejen un entendimiento profundo del problema. Para ello, sería muy útil, trabajar en el aula con problemas de menor a mayor complejidad conjuntamente entre estudiantes y docente, antes que ellos lo hagan solos y avanzar progresivamente a problemas más complejos, logrando que el estudiantado comprenda en profundidad el problema y pueda describirlo con sus palabras, pero de manera clara.

7 CONCLUSIONES

Derivado del análisis de la información, se presentan las conclusiones que se relacionan con cada uno de los objetivos de la propuesta de investigación.

Con relación al objetivo general, se puede concluir que los estudiantes se ubican en el nivel más bajo de la resolución de problemas, dado que sus declaraciones tienen un carácter cotidiano y recurren con frecuencia a la redescrición del problema, es decir, a las tautologías. Comprender que los estudiantes se ubican en este nivel y que tienen dificultades para reconocer los conceptos implicados en las leyes de Newton facilitó la estructuración de lineamientos didácticos, que sirven de base para que los profesores diseñen e implementen sus propias unidades didácticas. Es por ello, que para los docentes que tomen de fundamento esta propuesta, la primera sugerencia es identificar los niveles de resolución de problemas y los modelos explicativos iniciales que tienen los estudiantes con relación a las leyes de Newton, lo cual les permitirá describir los obstáculos como punto de partida, sobre los cuales podrán elegir algunas de las estrategias que se presentaron grosso modo en los lineamientos.

A partir del análisis de las 360 declaraciones escritas por parte de los estudiantes, se pudo concluir que los veinte (20) estudiantes analizados se ubican en el nivel 1 de resolución de problemas. Dentro de la descripción de este nivel, se pudo develar la dificultad que tienen los estudiantes para entender los problemas, proponer planes y reconocer variables implicadas en el problema; asimismo, se evidencia un fuerte realismo ingenuo, dado que para los estudiantes no es posible describir un fenómeno que no puede ser captado a través de los sentidos. La característica principal encontrada en este nivel es el uso de tautologías, lo cual permite concluir que es el obstáculo sustancial para lograr mayores niveles en la competencia estudiada, y en tal sentido deben ser enfrentadas en los procesos de enseñanza.

Una vez identificado y descrito el nivel inicial encontrado en la población objeto de estudio, se establecieron algunos lineamientos, que de manera general pueden ayudar a los profesores de física en el diseño e implementación de unidades didácticas para el desarrollo

de la resolución de problemas sobre las leyes de Newton. Cabe señalar que estas orientaciones deben ser precisadas por los docentes, atendiendo al contexto, la disponibilidad de recursos y las intencionalidades adicionales que expliciten en sus objetivos de enseñanza.

Dentro de los lineamientos se destaca la incorporación explícita de la resolución de problemas a través del modelado, así como la metacognición, la cual, según muchos autores, posee una relación simbiótica o sinérgica fuerte con la categoría estudiada. Asimismo, se sugiere explorar los modelos explicativos de los estudiantes, los cuales no fueron objeto de estudio de esta investigación, pero que podrían ayudar a develar obstáculos epistemológicos importantes. Finalmente, se sugiere la incorporación de las TIC a través del uso de videos, simuladores, aplicaciones y laboratorios virtuales, los cuales pueden ayudar a trabajar en la observación de fenómenos abstractos.

8 RECOMENDACIONES

La principal dificultad que representó el trabajo fue el acceso a la población, debido a que en el momento de recoger la información se perdió el ingreso al aula. Es por ello, que la investigación solo se ejecutó con los resultados del instrumento inicial.

El instrumento de lápiz y papel empleado, si bien fue útil para la identificación de los niveles de resolución de problemas, no permitió recoger mucha información sobre algunos conocimientos relacionados con las Leyes de Newton – aunque la intencionalidad no era identificar modelos ni ideas previas –, por lo que se sugiere a futuros investigadores, abordar también la categoría de aprendizaje para reconocer los modelos que tienen los estudiantes sobre el tema. Esto, puede favorecer una comprensión más profunda sobre por qué los estudiantes se ubican en niveles inferiores de la resolución de problemas, dado que esta competencia es de dominio específico y requiere mayor profundización en aspectos conceptuales.

A futuros investigadores se sugiere aplicar los lineamientos sugeridos en la propuesta para validar su pertinencia en función del desarrollo de la resolución de problemas. Asimismo, se propone un instrumento adicional como entrevistas semiestructuradas o adicionar uno o dos casos para explorar más acerca de los niveles de resolución de problemas.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acher, A. (2012). Como facilitar la modelización científica en el aula. En J.M. Domínguez Castiñeiras. (Ed). XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, pp. 15-20.
- Amado, M. (2018). Experiencia perceptual, vaguedad y realismo. *Ideas y Valores*, 67 (Sup. N.º4), 149-164. <http://www.scielo.org.co/pdf/idval/v67s4/0120-0062-idval-67-s4-149.pdf>
- Buteler, L. y Gangoso, Z. (2001) Diferentes enunciados del mismo problema: ¿problemas diferentes? *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(3), 269-283.
- Caruso, F.; Freitas, N. (2009). Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. *Caderno Brasileiro em Ensino de Física*, 26, 355-366. de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165767.pdf>
- Coronel, M. V. y Coroto, M. M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 7 (2), 463-479.
- Costa, M; García, L. (2014). Inserção de Física Moderna no Ensino Médio por Meios de Práticas Experimentais e Aplicações na Astronomia. <https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/insercao-de-topicos-de-fisica-moderna-no-ensino-medio-usando-a-astronomia-como-mediadora-do-processo-de-ensino-aprendizagem>
- Damasio, A. R. (2001). *La sensación de lo que ocurre. Cuerpo y emoción en la construcción de la conciencia*. Madrid: Debate.
- Díaz, J., y Ortega, J. (2022). La resolución de problemas de Física y el pensamiento matemático en la formación de ingenieros. *SciELO. Referencia Pedagógica*, 10, 308-322.
- Donoso, C.; Paredes, M.; Gallardo, L.; Samaniego, A. (2021). El aprendizaje conceptual de la asignatura de Física a través de una práctica de laboratorio. *Polo del Conocimiento*. 6, 1197-1210. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8016897.pdf>

- Editorial eLearning. (marzo de 2024). *Editorial eLearning*. Obtenido de El Aprendizaje Activo Y Su Importancia En El Contexto Educativo:
<https://editorialelearning.com/blog/aprendizaje-activo/>
- Equipo Local de Coordinación Meta-Guaviare (2020). Descripción del Meta y Guaviare.
<https://response.reliefweb.int/colombia/equipo-local-de-coordinacion-meta-guaviare>
- García, Y. (2011). Dificultades en la Interpretación del concepto de Fuerza en estudiantes de grado décimo. Una propuesta didáctica para abordar la problemática. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Giancoli, F. (2021) Física para Ciencias e Ingeniería. Volumen 1. 4ta edición. México DF. Pearson prentice Hall. <https://gnfisica.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/giancili-fis-ing-vol-1.pdf>
- Gil, D.; Senent, F. y Solbes, J. (1987). La Introducción a La Física Moderna: Un Ejemplo Paradigmático de Cambio Conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, (n. Extra). <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/52103/0>
- Hattie, J. (2009). "Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement". Editorial: Routledge.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. 6ta edición.
- Hewson, P.W. (1990). La enseñanza de “Fuerza y Movimiento; como cambio conceptual”. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 8(2), 157-171, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51315>.
- Hinojosa, J. y Sanmartí, N. (2012). La autoevaluación en la resolución de problemas de física. En J.M. Domínguez Castiñeiras (Ed). XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, pp. 59-66.
- Hinojosa, J. y Sanmartí, N. (2013). Dificultades en la transferencia del modelo de mecánica newtoniana. *Enseñanza de las Ciencias*, X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.

- Koedinger, KR y Nathan, MJ (2004). La verdadera historia detrás de los problemas de historias: efectos de las representaciones en el razonamiento cuantitativo. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (2), 129–164. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1302_1
- Martinez, M.S. y De Longhi, A.L. (2013). Identificación y categorización de dificultades de lectocomprensión en enunciados de problemas de lápiz y papel de estequiometría. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 159-170.
- May, I. (1965). "Reseña Critica George Polya . Cómo plantear y resolver problemas título original: ¿How To Solve It? México: Trillas. 215 pp.". *Entre ciencias Diálogos en la sociedad del Conocimiento*.
<https://www.redalyc.org/journal/4576/457644946012/html/>
- Meyer, R. E. y Hegarty, M. (1996) The process of understanding mathematical problems. En: Sternberg, R. J. & Ben Zeev, T (Eds.) *The nature of mathematical thinking* (pp. 29-54). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Inc Publishers.
- Nathan, M. J. y Kintsch, W. (1992). A theory of algebra word problem comprehension and its implications for unintelligent tutoring systems. *Cognition and Instruction*, 9(4), 329-389.
- Neto, A. J. y Valente, M. O. (2001) Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de física: Una propuesta para su superación de raíz vygotskiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 21-30.
- Olate, Y., Rivas, I., Azmuri, G., Villegas, C., Reyes, A., y Gómez, N. (2022). Metodologías de enseñanza en clases de educación física para enseñanza media en la provincia de Diguillín, región de Ñuble, Chile. *REXE- Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 21, 102-112. <https://www.scielo.cl/pdf/rexe/v21n46/0718-5162-rexe-21-46-102.pdf>
- Orrego, M., López, A., & Tamayo, O. (2013). Evolución de los modelos explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9 (1), 79-106. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129372005>

- Ortega, B. (2020). Pedagogía del pensamiento computacional desde la psicología: un pensamiento para resolver problemas. *Cuestiones Pedagógicas*, 29, 130 - 144.
- Ortiz, D. (2010). Propuesta para el aprendizaje de la primera ley de Newton con estudiantes de grado décimo de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, 8-18.
- Paricio, S. (2014). Análisis de las dificultades en la comprensión de la cinemática en Bachillerato. Evaluación del uso de *Tracker* para facilitar el aprendizaje. Trabajo fin de máster, Universidad Internacional de la Rioja (UNIR).
<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/2719/paricio%20mu%c3%b1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, G.; Niño, J.; Fernandez, F. (2020). Estrategia pedagógica basada en simuladores para potenciar las competencias de solución de problemas de física. *Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*. 8, 17 - 23.
- Pérez, R.; Gallego, R. y Torres, L.N. (2005) Las competencias interpretar, argumentar y proponer 156 en química. Un problema pedagógico y didáctico. *Enseñanza de las ciencias. Número Extra*. VII congreso, 1-5.
- Polya, G. (1965). Como plantear y resolver problemas. Serie de Matemáticas. Edición en Español del 2014.
- Pietrocola, M. y Sabino, A. (2016). Saberes Docentes Desenvolvidos Por Professores Do Ensino Médio: Um Estudo De Caso Com A Inserção Da Física Moderna. *Investigações em Ensino de Ciências*. 21, 200-216.
- Rodriguez, N. (2018). El método Pólya y sus efectos en el desempeño académico en estudiantes de la escuela profesional de educación física de la UNMSM. *Revista Studium Veritatis*, 22, 137 - 149.
<https://studium.ucss.edu.pe/index.php/SV/article/view/285/344>
- Romero, A.; Aguilar, Y.; Mejía, L. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. *CPU-e. Revista de Investigación*

- Educativa*. 23, 76-98.
<https://www.redalyc.org/pdf/2831/283146484005.pdf>
- Ruiz, L.E. (2021). Regulación metacognitiva y sus interacciones con la resolución de problemas multiplicativos con números enteros. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Manizales.
- Sailema, C. y Lamus, T. (2023). Habilidades para la enseñanza del pensamiento crítico dentro de la asignatura de biología. *Polo del Conocimiento*, 8, 1081-1104.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9205981.pdf>
- Sánchez, J. M. (1995) Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique*, 5, 113-119.
- Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a una ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.
- Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a Argumentar Científicamente: Un reto de las Clases de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.
- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Edición 1. New York, Academic press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780126288704/mathematical-problem-solving>
- Silverman, R.J. (1987). How We Know What We Know: A Study of Higher Education Journal Articles. *The Review of Higher Education*, 11 (1), 39-59.
- Stevens, P. (19 de abril de 2018). *Yo Profesor*. 15 Teorías de aprendizaje según autores en Educación. <https://yoprofesor.org/2019/10/22/15-teorias-de-aprendizaje-segun-autores-en-educacion/>
- Tamayo, O.E., Zona, R., y Loaiza, Y.E. (2014). *Pensamiento crítico en el aula de ciencias*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, O.E., Zona, R., y Loaiza, Y.E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111-133. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134146842006.pdf>

- Tamayo, O.E. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Revista Tecné Epistemé y Didaxis* 36, 25-45.
<https://doi.org/10.17227/01203916.4686>
- Tamayo O. E y Sanmartí N. (2005). Características del discurso escrito de los estudiantes en clases de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 3(2), 1-21. <https://revistaumanizales.cinde.org.co/rllcsnj/index.php/Revista-Latinoamericana/article/view/301> .
- Torres, A.L. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7(3), 693-707.
https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/9821/Climent_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, A. y Pantoja, R. (2012). Competencias científicas mediante el uso de estrategias didácticas basadas en la indagación de la Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. *Revista EDUCyT*, 6, 135-153. <http://hdl.handle.net/10893/8657>
- Trujillo, L. (2017). *Teorías pedagógicas contemporáneas*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina.
- Wangchuk, D; Wangdi, D.; Tshomo, S.; Zangmo, J. (2023). Exploring Students' Perceived Difficulties of Learning Physics. *Educational Innovation and Practice: Academic Journal of Samtse College of Education*. 6, 1-11.
<https://eip.sce.edu.bt/index.php/eip/article/view/57/25>
- Vizcaino, D.; Terrazzan, E. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. 38, 95-111. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n38/n38a06.pdf>
- Zona, J., Giraldo, J. (2017). Resolución de problemas: Escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 13, 122-150.
<https://www.redalyc.org/journal/1341/134154501008/html/>

10 ANEXOS

10.1 ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIONES

Yo _____, acudiente de la estudiante:
_____ y de ____ años de edad, acepto de manera voluntaria que ella se incluya como sujeto de estudio en el proyecto de investigación denominado: **Resolución problemas de las leyes de newton en estudiantes de décimo grado: un estudio en la Institución Educativa Alicia Amador Elvira, Puerto Rico, Meta**, luego de haber conocido y comprendido en su totalidad, la información sobre dicho proyecto, riesgos si los hubiera y beneficios directos e indirectos de su participación en el estudio, y en el entendido de que:

- La participación del alumno no repercutirá en sus actividades ni evaluaciones programadas en el curso.
- No habrá ninguna sanción para el estudiante en caso de no aceptar la invitación.
- El estudiante podrá retirarse del proyecto si lo considera conveniente, aun cuando el investigador responsable no lo solicite, informando sus razones para tal decisión. Asimismo, si así lo deseo, puedo recuperar toda la información obtenida de la participación del estudiante.
- No haré ningún gasto, ni recibiré remuneración alguna por la participación en el estudio.
- Se guardará estricta confidencialidad sobre los datos obtenidos producto de la participación, con un número de clave que ocultará la identidad del estudiante.
- Si en los resultados de la participación del alumno se hiciera evidente algún problema relacionado con el proceso de aprendizaje, se le brindará orientación al respecto.
- Puedo solicitar, en el transcurso del estudio información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.

Nombre y firma de quien proporcionó la información para fines de consentimiento.

Nombre:

Firma:

Fecha:

**10.2 ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN PARA ENTENDER
NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS RELACIONADOS CON LAS
LEYES DE NEWTON**

Estimado estudiante, este cuestionario tiene como propósito identificar tus conocimientos acerca de conceptos relacionados con el campo de la física. Por favor responde todas las preguntas en su totalidad con lo que consideres al respecto.

Esta actividad no afectará tu proceso académico.

Nombre: _____

1. Daniela ha llegado a su casa y encuentra dos huevos sobre el mesón de la cocina, así que no sabe si su mamá los cocinó y los dejó allí para ella o si están crudos. Si fueras Daniela ¿Qué harías para saber si el huevo está crudo o cocido, sin romper el cascaron?

a. Escribe el problema con tus propias palabras

b. Representa el problema gráficamente

c. Describe los métodos con los que consideres se puede resolver el problema. Trata de hacerlo detalladamente

d. Escribe los pasos que consideras necesarios para resolver el problema

e. ¿Estás seguro que esos pasos te ayudarán a resolver el problema? Si es así continúa con el diseño de tu plan, si no, escribe un nuevo plan.

f. Resuelve el problema

g. ¿Estás seguro que el resultado es correcto? ¿Por qué?

h. ¿Hubo errores en el proceso? Descríbelos

i. ¿Consideras que existe un solo método para resolver el problema? O ¿Habrá otro método adecuado para resolverlo?

2. Imagina que tienes una hoja de papel y encima una moneda, le indican que realice un movimiento de tal forma que la moneda no se mueva, ¿Que movimiento harías para saber que cumplir con el pedido?

a. Escribe el problema con tus propias palabras

b. Representa el problema gráficamente

c. Describe los métodos con los que consideres se puede resolver el problema. Trata de hacerlo detalladamente

d. Escribe los pasos que consideras necesarios para resolver el problema

e. ¿Estás seguro que esos pasos te ayudarán a resolver el problema? Si es así continúa con el diseño de tu plan, si no, escribe un nuevo plan.

f. Resuelve el problema

g. ¿Estás seguro que el resultado es correcto? ¿Por qué?

h. ¿Hubo errores en el proceso? Descríbelos

i. ¿Consideras que existe un solo método para resolver el problema? O ¿Habrá otro método adecuado para resolverlo?
